卒業論文

農福連携による障がい者の社会参加を支援する
小型ストレスコーピング機器の開発

English title

富山県立大学 工学部 電子・情報工学科
1915026 北田 真悟
指導教員 奥原 浩之 教授
提出年月: 2023年 2月

目 次

図一覧 **ii**

表一覧 **iii**

記号一覧 **iv**

第 1 章　はじめに **1**
§ 1.1 本研究の背景 1
§ 1.2 本研究の目的 2
§ 1.3 本論文の概要 2

第 2 章　ストレスコーピングのための小型 ICT 機器 **3**
§ 2.1 IoT 機器の構成とデザイン 3
§ 2.2 コーピングの内容決定と音声・画像の出力 4
§ 2.3 短期ストレスと中長期ストレスとの関連 6

第 3 章　農業と福祉の連携 **7**
§ 3.1 障がい者の社会進出 7
§ 3.2 障がい者とストレス 8
§ 3.3 マンマシンシステムにおけるストレスコーピング 8

第 4 章　提案手法 **9**
§ 4.1 センサの選別 9
§ 4.2 装着方法の検討 9
§ 4.3 提案手法のアルゴリズム 9

第 5 章　数値実験並びに考察 **10**
§ 5.1 数値実験の概要 10
§ 5.2 実験結果と考察 10

第 6 章　おわりに **11**

謝辞 **12**

参考文献 **13**

図一覧

2.1　先行研究のウェアラブル装置 4
3.1　ぶどうの森 8
4.1　先行研究におけるデンドログラム 10

表一覧

記号一覧

以下に本論文において用いられる用語と記号の対応表を示す.

用語	記号
n 次元上の点	P
n 次元上の点	Q
n 次元上の点をベクトル表記したもの	$\vec{x}$
n 次元上の点をベクトル表記したもの	$\vec{y}$
$\vec{x}$ の k 番目の要素	x_k
$\vec{y}$ の k 番目の要素	y_k
解析対象となる信号	$x(t)$
基本ウェーブレット	ψ
スケールパラメータ	a
シフトパラメータ	b
定数	ω_0
抽出周波数	f
定数値	λ

第1章

はじめに

§ 1.1　本研究の背景

IoT とは，Internet of Things の略称であり，モノのインターネットと呼ばれている．従来では，PC やサーバーが主な通信手段とされ，コンピュータ同士が接続することであるという認識があった．しかし，技術の向上により，スマートフォンやタブレット端末などの，誰もが所有しているものでも接続が可能になった．また，近年ではエアコンのスイッチを切り替えるときや照明機器の制御を行うときにスマートフォンからの接続で機器を操作することができるようになったため，家にいなくても外からの操作で自由に制御を行い，電力の浪費や忘れ物を軽減することが可能である．さらに，部屋の家電や照明の制御に限らず，装置の動作確認や異常検知など，多岐にわたって IoT が利用されている．

現在の無線方式には，Wifi や LTE，4G といった様々な無線方式が存在することに加え，4G の通信速度を上回るとされる 5G の登場により，一度に多くのデータの送受信を行えることが期待されている．

しかし，IoT では大部分が小さなデータを取り扱う点から，これらのようなブロードバンドでの通信は，消費電力の多さから，長期的な使用には適性が低いと考えられている．そこで，モノの通信には少ない消費電力を特徴とする通信方式が重要視されている．

また，IoT の活用という面では，障がい関連団体からの要望が届く事例がある．具体例としては，障がいの状況に応じて意思疎通を図ることのできる機能の実装や，社会参加のための公共交通機関における移動の補助，職員と利用者の行動記録の自動化が挙げられる．身体や心に問題が見られ，社会での活動が難しいと考えられる人々でも，簡単な作業から小さな経験を積み重ねることで社会での活動に慣れていくことを手助けする施設が増えている．実際に，障がい者の雇用問題については，障がい者雇用促進法により，ハローワークの求人開拓や障がい者職業センターからの職業評価，障がい者就業・生活支援センターでの支援といった職業リハビリテーションの推進，差別の禁止や対象障がい者への雇用義務等などに基づいた雇用の促進のような，障がい者が安心して就業できるための法律が整備されてきた．しかし，法律が整備された後にも課題が残っている．それは，障がい者がコミュケーションの場でストレスを感じることが多いとされている点である．先行研究では，障がい者がストレスを感じやすい点からメンタルヘルスケアへの需要が増加し，社会活動を行うために情報面や物理面の障壁を減らす必要があるとされている．

§ 1.2　本研究の目的

本研究では，就労支援施設で働く障がい者に複数のセンサが搭載された小型ウェアラブル装置を装着してもらうことで，ストレスの測定を行い，そのストレス値に応じてコーピング指示を発令させることで，ストレスが正しく変動することを目的とする．小型ウェアラブル装置でストレス測定を行い，ストレスがしきい値を超えたときに発令されるコーピング指示で，装着者のストレスが下がったとき，本研究で使用したウェアラブル装置によるストレスの測定およびストレスの軽減が正しく行われていると考えられる．

本研究では，ウェアラブル装置を用いてセンサ，カメラ，マイクからデータを収集する．また，カメラとマイクからは，取得した画像や音声をそれぞれテキストデータに変換し，それらのテキストデータをライフログに蓄積させる．蓄積されたライフログから行動識別を行う．行動識別には，自分の行動が記録されているため，ストレスの元であるストレッサーを発見しやすくなる利点がある．また，発令させるコーピング指示には，装着者が溜め込んでいるストレスを軽減するはたらきがあるため，日常生活において，普段はストレスが溜まってしまう場面でも，ストレスの増加を軽減できる機会が多くなる．

ストレスの測定方法は，ウェアラブル装置に搭載された心拍センサを使用する．このセンサを用いてストレス値の基準となる LF/HF 値を導出する．導出された LF/HF 値からコーピング指示の発令回数を検査し，ストレス評価を行う．LF/HF 値およびマイクによる行動識別の記録を行った後に，コーピング指示が発令される．コーピング指示は，HTML を用いた視覚による表示とイヤホンからの音声出力で行う．

HTML 表示では言葉と図を用いてストレス状態を公開する．一方で，イヤホンからの音声出力では，小型ウェアラブル装置に搭載されたイヤホンから，ストレスの変化に応じてコーピング指示が発令される．これにより，装着者は作業を行いながら指示を聞くことができる利点が挙げられる．また，イヤホンは bluetooth イヤホンを使用し，有線イヤホンを使用したことで生じる行動の制限や装着可能箇所が限定される問題を解決した．

実際に，就労支援施設で働く障がい者に取り付けた状態で通常の業務を行ってもらうことで，どのような場面でストレスが発生し，どのようなコーピング指示が発令されているかを調査することで，作成したウェアラブル端末が正しく動作し，本研究における正しいストレス分析が行われている点を立証させる．

§ 1.3　本論文の概要

本論文の構成は，以下の通りである．

第 1 章　本研究の概要と目的について説明した．まず，概要では IoT とその通信方式について解説したうえで，障がい者におけるこれらの技術に関する課題点について述べた．次に，目的ではウェアラブル装置における研究の概要と，装置を使うことで得られる利点について述べた．

第 2 章　先行研究におけるストレスコーピングに使用する小型ウェアラブル装置の構成や，装置を使用したうえで発生するコーピング指示の概要について述べる．さらに，ウェアラブル装置を用いて測定した短期ストレスと，ストレスチェックシートによる中長

期ストレスの関連性について解説する．

第 3 章　就労支援施設で働く障がい者の現状と，働くことで発生するストレスや，その課題および解決策について述べる．

第 4 章　本研究における提案手法について述べる．

第 5 章　数値実験の概要と結果について述べる．

第 6 章

第2章

ストレスコーピングのための小型ICT機器

§ 2.1 IoT機器の構成とデザイン

人間の日常生活からデータを取得することが可能である．取得することのできるデータは，ライフログと呼ばれ，睡眠や労働といった日常生活における普段の行動が記録される．ライフログの測定方法には，心拍数の記録や，血圧の測定などが挙げられる．ライフログの研究は，近年では，IoTデバイスやプラットフォームによるサービスにより，ライフログを取得するための手段が増えている．Arduino nanoとRaspberry Pi Zeroに生体情報を取得するためのセンサを搭載したウェアラブル機器を使用する．また，Raspberry Pi Zeroには，使用する環境の静止画を取得するためのカメラモジュールと，音声入力を行うためのRespeaker hatを取り付ける．

Raspberry Pi Zero WH

Raspberry Piとは，小型の電子基板にCPUやGPUなどのコンピュータに必要な機能が搭載されたシングルボードコンピュータである．複数のモデルが存在する中でも小型で省電力であり，カメラやbluetoothが使用できる．さらに，無線LANやGPIOピンを使用することでデータの送受信やデータの測定が可能となる．

Arduino nano

Arduino nanoとは，基本的なモデルであるArduino Unoをさらに小さくしたモデルであり，ブレッドボードに差し込むことでセンサの配線が可能になっている．また，ArduinoにPCで作成したプログラムを書き込むことや，PCからの制御も可能である．本研究では，使用する機器の小型化を目的としているため，Arduino nanoを使用する．

搭載するセンサ

先行研究において取り付けるセンサは，生体情報と環境情報の２つの区分に分けられる．実際に用いられたセンサの一覧を以下に示す．温湿度センサ，9軸センサ(加速度，角速度，地磁気)，照度センサ，体温センサ，心拍センサ，GSRセンサ

上記のセンサとArduino nano， Raspberry Pi Zero WHを用いる．また，カメラとマイクはRaspberry Pi Zero WHに取り付けることが可能なカメラモジュールとRespeaker 2-Mics Pi HATを使用する．先行研究ではこれらの装置を用いて小型IoT機器を作成した．機器の小型化を行ったことにより，装置を装着したことによる違和感や，行動が制限されると

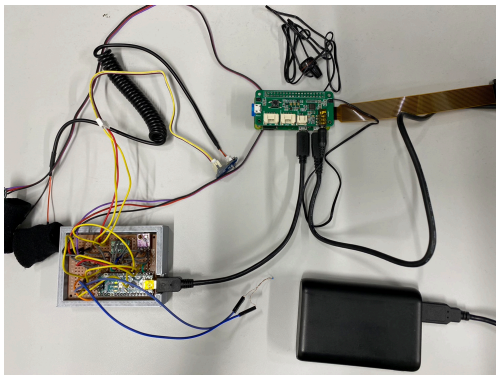

図 2.1: 先行研究のウェアラブル装置

いった点から発生するストレスを軽減させることが可能となった．先行研究におけるウェアラブル装置を以下の図〇〇に示す．

さらに，各生体情報を収集するために必要なセンサはユニバーサル基盤にはんだ付けを行った．はんだ付けを行うことでセンサを固定し，装着した状態で行動してもセンサが外れるといった問題を解決することに成功した．また，センサを取り付けたユニバーサル基盤について，Raspberry Pi Zero WH などの別の装置との有線接続が不安定であったため，3D プリンターでケースを作成し，安定して装置を接続させることが可能になった．

§ 2.2　コーピングの内容決定と音声・画像の出力

コーピングとは，ストレスを対処することや負担を減らすことを目的とした手段である．コーピングには，大きく分けて 3 種類の区分が存在する．

問題焦点型コーピング

ストレスの元であるストレッサー自体を取り除くことで，ストレスが溜まった状態から抜け出すことができるように行動することを指す．主な例としては，職場環境や人間関係を変化させることでストレッサーから離れることや，家族や友人への相談などのカウンセリングを受けるといったことが挙げられる．

情動焦点型コーピング

この手法では，ストレスに対する考え方や感じ方を変えることを重視する．具体的な行動例として，気持ちが沈んだ時に友人と会話をして楽観的になろうとすることや，上手くいかないことに対して「誰にでもこのようなことはある」と言い聞かせるといったことが挙げられる．

ストレス解消型コーピング

ストレスが溜まった時に気晴らしを行うことでストレスを発散する手法である．ストレスの発散における行動例としては，趣味に打ち込むことや，運動をして体を動かすなど，考え込む必要がなく没頭しやすい行動をとることが挙げられる．

短期ストレスへの対処方法として，コーピングを用いることでストレスが軽減されることは先行研究において立証されている．また，本研究では問題焦点型コーピングを用いて，セ

ンサやマイク，カメラによる行動識別からコーピング指示の内容を決定し，ストレッサーに直接はたらきかけることでストレスを断ち切るシステムの開発を行う．コーピングが発動されるまでの過程として，Arduino nano からセンサデータを取得し，Raspberry Pi Zero WH にセンサデータを送信する．一方で，Raspberry Pi Zero WH 上では，カメラモジュールによって撮影された静止画像をサーバに送信する．これらのデータは，サーバ上の csv ファイルに日付と時刻と同時に記録される．また，コーピング指示は，HTML 表示とイヤホンによる音声出力を通じて行われる．コーピングの HTML 出力とイヤホンからのコーピング指示のパターンの例を表〇〇に示す．マイクによる現在の状況の音声入力において，表〇〇の言葉が含まれているとき，その状況に応じたコーピング指示が発令される．このマイク入力において場所や行動の入力が行われていないとき，行動識別が不明になるが，装着者の行動による負担は行動経過時間で把握することが可能であり,「他の行動をしてください」といった指示が作成される．

コーピングでは，マイクの音声入力とカメラから撮影した画像を用いて行動識別を行う．ここでは，画像認識については Computer Vision API が使用され，音声認識では Google Speech API を使用する．Computer Vision API を用いることで，リアルタイムでの画像分析が可能になることに加え，Google Speech API を用いることで音声入力データをテキストデータに変換することができる．

また，行動識別における手法は階層的クラスター分析を用いる．階層的クラスター分析とは，対象となるデータ群から最も似たデータをまとめ，クラスター数を減らす手法である．先行研究では，似たデータをまとめるためにデンドログラムと呼ばれる樹形図を作成することでまとめたデータを視覚的に確認することが可能である．階層的クラスター分析では，分類するデータ間の類似度について，ユークリッド距離を用いる．ユークリッド距離とは，２点間の直線距離を表すものであり．この距離の導出については，式〇〇から求めることが可能である．

式

クラスターの結合方法として，ウォード法が挙げられる．ウォード法とは，全てのクラスターにおいて距離が最も近い２つのクラスターを結合させることで，まとまった１つのクラスターにさせる手法である．デンドログラムでは．ウェアラブル装置に搭載されたカメラによる画像から得られる情報をテキストに置き換える．置き換えられたカメラのテキストデータは，word2vec により数値ベクトルに置き換えることができる．また，デンドログラムの各クラスターのラベルについて，マイクから得た音声データをテキストデータに置き換えてラベル付けを行う．ただし，最新のクラスターでは，ラベル名が「最新」と表記される．使用するマイクの音声データの入力は一定ではないため，センサデータを収集するプログラムとは別の扱いとしてサーバへの送信は可能なプログラムを作成する．マイクの入力では，マイクに向かって単語を発する．ここで入力に成功すると装着者の状態と場所の入力を行う．状態と場所の入力に成功した後に，始めに発した単語をもう一度入力し，場所と情報を繰り返すことによって音声入力を行う．このように，マイクのラベリングによって装着者の行動に対するクラスターの識別が分かりやすくなる点が挙げられる．

§ 2.3　短期ストレスと中長期ストレスとの関連

短期ストレスの測定方法は，前述で解説したウェアラブル装置を用いた手法が挙げられる．一方で，中長期ストレスの測定方法には，ストレスチェックシートを用いる手法を取り入れる．前提として，日本ではストレスチェック制度が導入されている．ストレスチェック制度とは，2015 年 12 月から義務づけられ，労働者のメンタルヘルス不調を未然に防止することを目的とした制度である．ストレスチェック制度の全体的な流れは，図〇〇の通りである．

ストレスチェックシートとは，ストレスに関係のある複数の質問に回答することで自分が溜めているストレスの程度について知ることができる質問票である．日本では，メンタルヘルスの不調を防止するために「国が推奨する 57 項目の質問票」と呼ばれる調査票が存在する．この調査票には，自身の仕事や体調，周囲の人間関係などの項目が含まれ，これらの質問に回答することで自身のストレス量や，最もストレスを感じている要因について知ることができる．また，回答結果は，調査表における合計点が高いほど，ストレスが高いといえる．このストレスチェックの結果次第では，医師に依頼して面接指導を受けることが可能になっている．この面接指導の結果から，労働時間を短縮するなど，自分にとって必要な措置を実施する必要がある．先行研究では，57 項目の質問票を 7 つの項目に分けることで，回答者のストレスの原因がどのようにして生じるのか発見することを容易にした．これにより，ウェアラブル装置を装着した短期ストレスとの比較が行いやすくなった．

ストレスチェックシートを利用する利点には，ストレスチェックに必要とされる「仕事のストレス原因」,「心身のストレス反応」,「周囲のサポート」の３種類の内容をすべて含み，実際の回答時間も短時間で回答ができるため，手短に調査を行う点がある．

先行研究では，研究室に所属する４年生１名，３年生２名の計３名の学生にストレスチェックシートに回答してもらうことで，質問内容の種類ごとのストレスの分析および総合的なストレスの分析を行った．それぞれの被験者ごとの中長期ストレスの分析結果は，以下のようになった．ストレスは，A，B，C の順に高く，小型ウェアラブル装置を用いた短期ストレスの測定のストレス負荷順位と一致した．

第3章

農業と福祉の連携

§ 3.1　障がい者の社会進出

農福連携とは，障がい者等が農業分野における活動を経験することで，自身や生きがいを持って社会参画を実現する取り組みである．農福連携において，農業とは，農林水産業や6次産業を指すことに加え，福祉は障がい者に限らず，高齢者や生活困窮者，触法障がい者を指すことがあることから，幅広い産業や人材を対象にとることがある．近年では，客観的な利点の提示や取り組み内容を公開することで認知度を向上させることや，相談窓口の整備，マニュアルの充実，特別支援学校での農業実習等を通じて取り組みを促進させることで，農福連携の推進が行われている．

就労支援とは，就職に必要な技能の向上を目的とすることに限らず，働くために必要最低限な能力を身につけるための支援を行うことである．また，就労支援は就労移行支援と就労継続支援と呼ばれるサービスに分けられる．就労移行支援とは，65歳未満の就労希望者に適用される制度である．一方で，就労継続支援とは，一般企業での就労や継続的に就労することが難しいとされる障がい者に向けた制度である．この就労継続支援は，A型とB型に分けられ，A型には，65歳未満が対象者にあたり，雇用契約による就労が可能であれば，その契約のもとで就労訓練が行うことができる点が挙げられる．一方で，B型には年齢制限が存在しないが，雇用契約を結ばない点が挙げられるが，就労継続支援B型事業所で就労を行うことで，支援を受けられることに加え，自分の症状を考慮して比較的簡単な作業から始められる利点を持つ．

本研究では，就労継続支援B型事業所の利用対象者に焦点を置くこととする．まず，就労継続支援B型事業所の利用対象者は，前提として身体障害，知的障害，精神障害を持っていることに加え，以下の条件を満たしている必要がある．

就労経験があり，年齢，体力面において一般企業での就労が難しいこと

年齢が50歳以上であること

障がい基礎年金1級を受給していること

就労移行支援事業者等のアセスメントを通じて就労面における課題の把握と就労継続支援B型事業所への利用適性があること

今回の研究において対象となるぶどうの森は，図3.1のように，畑の管理や，作物の収穫といた農作業を軸とした業務内容が多い．

図 3.1: ぶどうの森

§ 3.2　障がい者とストレス

働いているときに，仕事が上手くいかないことや，人間関係などからストレスが溜まることがある．

§ 3.3　マンマシンシステムにおけるストレスコーピング

第4章

提案手法

§ 4.1　センサの選別

本研究では，センサの小型化のために，先行研究で使用されたウェアラブル装置のセンサについて改めて選別を行う．まず，先行研究におけるウェアラブル装置を用いた行動識別のデンドログラムは図〇〇のようになった．

§ 4.2　装着方法の検討

§ 4.3　提案手法のアルゴリズム

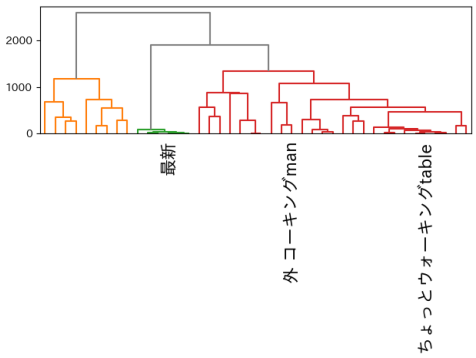

図 4.1: 先行研究におけるデンドログラム

第5章

数値実験並びに考察

§ 5.1　数値実験の概要

§ 5.2　実験結果と考察

第6章

おわりに

謝辞

本研究を遂行するにあたり，多大なご指導と終始懇切丁寧なご鞭撻を賜った富山県立大学工学部電子・情報工学科情報基盤工学講座の António Oliveira Nzinga René 講師，奥原浩之教授に深甚な謝意を表します．また，システム開発および数値実験にあたり，ご助力いただいた富山県立大学電子・情報工学科 3 年生の北田真悟氏に感謝の意を表します．最後になりましたが，多大な協力をして頂いた，研究室の同輩諸氏に感謝致します．

2022 年 2 月

瀧田 孔明

参考文献

[1] “アンビエント社会とは”, https://k-tai.watch.impress.co.jp/docs/column/keyword/303757.html, 閲覧日 2021.12.1.

[2] 生活習慣病予防協会,“座ったままの生活の死亡リスク”, http://www.seikatsusyukanbyo.com/calendar/2019/009893.php, 閲覧日 2021.12.2.

[3] 岩倉成志, 西脇正倫, 安藤章, “長距離トリップに伴う運転ストレスの測定-AHS の便益計測を念頭に-”, 土木計画学研究・論文集 Vol. 18, No. 3, pp. 439-444, 2010.

[4] 佐久間大輝, 神田尚子, 吉見真聡, 吉永努, 入江英嗣, “座位状態での心拍測定を用いたリアルタイムなストレス緩和システム”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, Vol. 2013, No. 2, pp. 1188-1195, 2013.

[5] 櫻井 美咲, 矢島邦昭, “生体情報によるストレス計測・分析システムの検討-コンピューターベース学習環境において-”, 情報処理学会東北支部研究報告, Vol. 2016, No. 7, 2017.

[6] 新谷隆彦, “ライフログを支える技術”, 知能と情報 (日本知能情報ファジィ学会誌), Vol. 26, No. 2, pp. 51-56, 2014.

[7] 江崎菜々, “アンビエントコンピューティングによる行動とストレス検知に基づくコーピング支援”, 富山県立大学学位論文, 2021.

[8] “コーピングとは?意味や導入法を理解しストレスと上手に向き合おう”, https://survey.lafool.jp/mindfulness/column/0104.html, 閲覧日 2021.12.10.

[9] 高屋正敏, 長谷川泰隆, “ストレスコーピング特性と職業性ストレス”, 産業衛生額雑誌, Vol. 52, No. 5, pp. 807-813, 2016.

[10] M. Fares, Murhaf A. Kutuzov, Andrei S. Oepen and E. Velldal, Erik (2017). “Word vectors, reuse, and replicability: Towards a community repository of large-text resources”, *Proceedings of the 21st Nordic Conference on Computational Linguistics*, pp. 271-276, 2017.

[11] 伊藤克人, “産業現場でのストレスチェックの実際”, 心身医学, Vol. 56, No. 8, pp. 807-813, 2016.

[12] 山口昌樹, “唾液を用いたストレスの計測と回復支援”, 精密工学会誌 Vol. 82, No. 8, pp. 731-734, 2016.

[13] 野澤昭雄, 三澤裕樹, 水野 統太, 田中久弥, 井出英人 “顔面熱画像解析による会話形態に関する運転者のメンタルワークロードの評価”, 情報処理学会, Vol. 126, No. 8, pp. 412-418, 2006.

[14] “ストレスと自律神経の科学”, http://hclab.sakura.ne.jp, 閲覧日 2021.12.16.

[15] 横山清子, 森本陽子, 水野康文, 高田和之, “ウェーブレット変換によるパワースペクトル推定法”, 医用電子と生体工学, Vol. 37, No. 3, pp. 269-276, 1999.

[16] “連続ウェーブレット変換”, https://friedrice-mushroom.hatenablog.com/entry/2019/08/31/113915, 閲覧日 2022.2.7.

[17] “ストレスチェック制度について”, https://kokoro.mhlw.go.jp/etc/kaiseianeihou/, 閲覧日 2021.12.19.

[18] “自分だけではなく身近な人のストレスチェックのポイント”, https://doctorsfile.jp/h/178060/mt/1/, 閲覧日 2022.1.16.

[19] 西山 高史, 仲島 了治, 中原 智治, 一見市 伸裕, 椹木 哲夫, “アンビエントテクノロジーの住宅分野への応用の試み”, システム制御情報, Vol. 56, No. 1, pp. 21–26, 2012.

[20] “タスク・アンビエント照明”, https://www2.panasonic.biz/ls/lighting/plam/knowledge/document/0203.html, 閲覧日 2022.1.19.

[21] “amor HP+”, https://www.ask-corp.jp/products/leadtek/health-care/amor-hp-plus.html, 閲覧日 2022.12.20.

[22] “ストレスチェック制度簡単！導入マニュアル”, https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/pdf/150709-1.pdf, 閲覧日 2022.1.2.

[23] “職業性ストレス簡易調査票について”, https://aneiho.com/stress-check/?p=1237, 閲覧日 2022.1.2.

[24] 島津明人, “ストレスチェックの集団分析と職場環境の改善：ストレスチェックの戦略的活用に向けて”, 行動医学研究, Vol. 23, No. 2, pp. 98-102, 2017.

[25] 吉津紀久子, 東井申雄, 白神美知恵, 植園法子, 前川佳敬, 樂木宏実, 永田勝太郎 “患者のストレス早期発見チェックシートの開発”, 心身医学, Vol. 56, No. 12, pp. 1216-1223, 2016.

[26] 稲垣敏之, “ヒューマンシステム：高信頼性が損なう安全性”, システムの信頼性工学と安全性特集号, Vol. 41, No. 10, pp. 403-409, 1997.

[27] “マンマシンシステム”, https://www.jsme.or.jp/jsme-medwiki/19:1012527, 閲覧日 2022.1.10.

[28] 笹田栄四郎, “最近の航空機におけるマン・マシンシステム”, 精密工学会誌, Vol. 55, No. 3, pp. 453-457, 1989.

[29] 松村雄一, 栗田裕, 西小路拓也, “心拍の呼吸性変動を用いた機械操作時の一過性ストレスのオンライン推定法”, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 70, No. 689, pp. 200-206, 2004.

[30] “スマホでストレス推定　ドコモ、慶大・東大と開発”, https://www.nikkan.co.jp/articles/view/467293, 閲覧日 2022.1.23.