

卒業論文

農福連携におけるインソール・ネックバンド型機器の
データフュージョンによるコーピングシステム

English Title

富山県立大学 工学部 情報システム工学科

2020042 八十住 捺輝

指導教員 António Oliveira Nzinga René 講師

提出年月: 令和6年（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	3
第2章 農業と福祉の連携	4
§ 2.1 障がい者の社会参画	4
§ 2.2 障がい者のストレスとコーピング内容	7
§ 2.3 障がい者を支える DX	10
第3章 システムの開発	13
§ 3.1 インソール型機器	13
§ 3.2 ネックバンド型機器	13
§ 3.3 機器の有意性	13
第4章 提案手法	14
§ 4.1 装着方法	14
§ 4.2 データ解析	16
§ 4.3 システムのアルゴリズム	18
第5章 数値実験並びに考察	21
§ 5.1 数値実験の概要	21
§ 5.2 実験結果と考察	22
第6章 おわりに	32
謝辞	33
参考文献	34

図一覧

2.1	就労継続支援 B 型事業所の利用推移 [21]	5
2.2	ぶどうの森	6
2.3	ぶどうの森の作業場	6
2.4	CWT によるスペクトログラム [7]	9
2.5	触譜のイメージ [28]	11
2.6	心理的障壁の分類と大きさ [29]	11
2.7	灌水システム [31]	12
2.8	ビニールハウス農業 [31]	12
4.1	上半身への装着方法 [7]	15
4.2	腕への装着方法 [7]	15
4.3	使用する装置	16
4.4	首への装着方法	16
4.5	先行研究のデンドログラム	17
4.6	9 軸センサを外した場合	17
4.7	収集データ	19
4.8	データの送信	20
5.1	使用する足裏センサ	22
5.2	足裏センサのケース	22
5.3	心拍センサ	23
5.4	LF と HF	23
5.5	障がい者のストレス変化	24
5.6	障がい者のデンドログラム	24
5.7	健常者のコーピング HTML	24
5.8	健常者の状態	24
5.9	変化したコーピング HTML	24
5.10	変化した状態	24
5.11	健常者のストレス変化	24
5.12	健常者のデンドログラム	24

表一覧

5.1 アンケート結果	23
-----------------------	----

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
低周波	LF
高周波	HF
n 次元上の点	P
n 次元上の点	Q
n 次元上の点におけるベクトル表記	\vec{x}
n 次元上の点におけるベクトル表記	\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
ガボール関数における定数	ω_0
抽出周波数	f
定数値	λ

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 [1]. 従来では、PC やサーバ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 [2]. 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 [3].

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 [4]. 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 [5].

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、障がい者がストレスを感じることが多く、コミュニケーションが苦手であるとされている点である [6]. 障がい者がストレスを感じやすい点から否定的な考え方になることを防ぐために、障がい者と支援者との共同作業において意味を持たせ、地域社会から引き離されることを防ぐべきであるとされている。

§ 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生体情報を記録するため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に加え、健常者との計測結果と比較し、双方のストレス値の変化における関係性の有無を把握することを目的とする。

研究において使用する装置は、ウェアラブル装置によるセンサ、カメラ、マイクからデータの収集を行うものとする [7]。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は、行動識別を行うために用いられる。

作成した装置は、屋外での使用が想定され、身体を動かすことを考慮するため、首に装着することが可能な小型ウェアラブル装置でストレス測定を行う。装置を使用することで、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るといった流れが確認でき、装着中にこの流れが正常に動作していることを確認できた場合に、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。

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といった利点が挙げられる。また、発令させるコーピング指示には、ストレスの元となるストレッサーに直接はたらきかける役割を持っている。これにより、日常生活において、仕事中や勉強中のような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導出に必要な LF と HF の 2 つの変動波から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 値をもとに、コーピング指示が発令され、この指示が装着中に何度発令されたかを考慮して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、装着者を対象とした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の 2 つを用いて発令される。

HTML 表示では言葉と図を用いてストレス状態を公開する。HTML を用いることで図から情報を得ることが可能となり、誰でも簡単に情報取得を行える利点が挙げられる。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いつでも指示を聞くことができる利点が挙げられ、発令されたコーピング指示をすぐに実行してストレス軽減につなげることが可能である。

提案手法に基づく実験では、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、農具の操作や、作物の収穫等の農作業をはじめとした業務を行ってもらう。これにより、どのような場面でストレスが発生し、ストレス値がしきい値を超えたときに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について検証を行う。また、対象となる障がい者には、精神疾患を持っている被験者が装置を装着した状態で施設の従業員からの手助けが必要となる回数を減らし、従業員の負担を軽減することが可能かも調査する。

§ 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。また、障がい者を対象に取り組みが行われている事例やIoTに関わる取り組みについて解説する。
- 第4章** 先行研究におけるウェアラブル装置とその装着方法について特徴や課題点を挙げた上で、本研究における小型ウェアラブル装置とその装着方法について説明する。そして、使用する装置の提案手法について述べる。
- 第5章** 障がい者と健常者を対象としたストレス計測における数値実験の概要と結果について述べる。また、数値実験の結果から考察について述べる。
- 第6章** 数値実験において得られた結果や考察をもとに、本研究のまとめと課題について述べる。

農業と福祉の連携

§ 2.1 障がい者の社会参画

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、自信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 [16]。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。特に、取り組みの促進では、人材の育成において、実習に限らず、作業を支援するための器具の充実や、工賃および賃金の向上を推進させる動きがある。これらの推進から、林業や、水産業で障がい者の持つ個性を考慮した障がい者就労のモデル事業の設立を行い、農業を支援することに加え、働くことや生きることによる不安や悩みを抱える者への就労支援および、社会参画の機会をつくり、福祉への支援を行うことができる利点を持つ。

また、令和2年の3月には、農福連携の支援を目的としたコンソーシアムの設立 [17] も行われた。このコンソーシアムでは、ノウフク・アワードという表彰式が行われる。これは、農福連携に対する取り組みを表彰することで、取り組んだことに価値があるということを周知してもらうといった目的を持つ行事である。ノウフク・アワードの他にも、農福連携の普及や啓発を目的としたノウフクマルシェの実施や、連携運動や、交流、情報提供等が行われる。

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 [18]。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型に分けられる。

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を行うことができる点が挙げられる。一方で、B型には年齢が50歳以上といった制限が存在することに加えて、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。

農村地域の過疎化や高齢化の進展から放棄された農地の出現や、農村地域における雇用

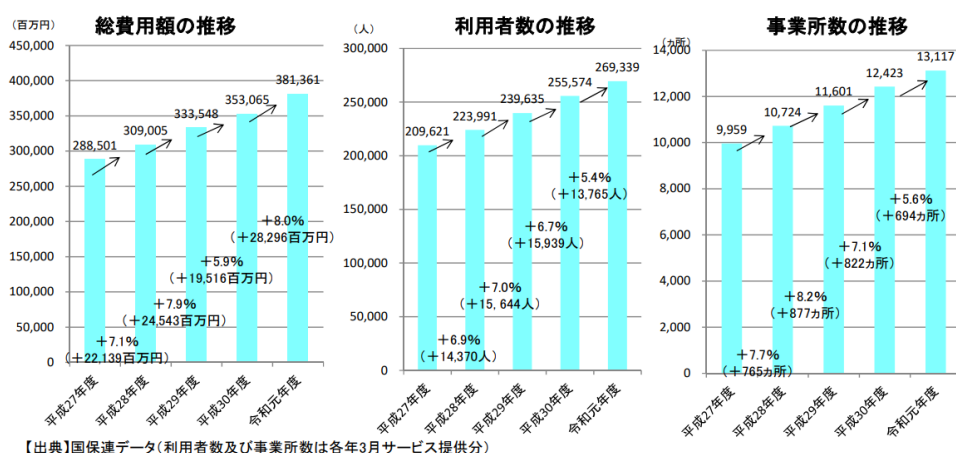


図 2.1: 就労継続支援 B 型事業所の利用推移 [21]

問題を背景に、障がい者を雇用の対象にとる動きがある [19]。株式会社九神ファームめむろでは、企業によって出資が行われ、2012 年に就労継続支援 A 型事業所として成立した事例がある。これまでは、会社のある北海道芽室町では、障がい者が 231 人いたことにも関わらず、障がい者に向けた施設が就労継続支援 B 型事業所が 1 件しか存在しなかった。しかし、芽室町が企業に関わりを持ち、出資といった形で農福連携の活性化につながった。また、2015 年には国からの援助により、作物の加工施設の建設が行われた。

一方で、大阪府の大阪いずみ市民生活協同組合では、2012 年に株式会社いずみエコロジーファームに就労継続支援 A 型事業所ハートランド事業部の設立に成功したという事例がある。この施設では、就労拡大に向けた取り組みが推進されており、その結果、2014 年に 93 人の障がい者の雇用を行った実績を持つこととなった。さらに、就労継続支援 A 型の障がい者に対して、一般企業への就労に向けた指導も行っている点が挙げられる。

本研究では、前述した就労継続支援 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

就労継続支援 B 型の該当者となることで受けられる主なサービス内容としては、事業所の経験から一般就労に必要な知識や能力の習得、十分な知識および能力を習得した該当者への一般就労に向けた支援を受けることができる。

就労継続支援 B 型事業所の存在意義について、利用者と事業所の職員との間には、共通の組織文化が存在し、それを継続させるためには支えるための条件が必要とされることで、利用者が能力を得ることが可能であり、生活課題の解決につながるとされている [20]。以下の図 2.1 に、就労継続支援 B 型事業所の利用推移を示す。



図 2.2: ぶどうの森



図 2.3: ぶどうの森の作業場

この図からわかるように、就労継続支援 B 型における費用、利用者数、事業所は増加傾向にあり、就労継続支援 B 型の該当者にとって、施設の需要が増していると考えられる。また、就労継続支援 B 型事業所は、障がい者が社会で活躍するための補助を行う場として成り立っていると考えられる。実際に、就労継続支援 B 型事業所の数は、増加傾向にあり、その中でも営利法人による事業所数が増加し続けている。

実際に、就労継続支援 B 型にあたる障がい者の実績として、授産品の販売 [22] が挙げられる。例えば、京都府では、嵐山の福祉関連の売店で販売するお土産品の開発に取り組んだ事例がある。売店に出品される授産品は、雑貨店の店長や、アパレルデザイナーのブランドマネージャーによって審査や補助を受けることになっている。現在では、42 の事業所が売店と契約し、販売された授産品は約 350 品に至る。

また、愛媛県では、“授産製品ブラッシュアップ事業”が設立された。具体的な活動内容としては、“国民体育大会愛顔つながえひめ大会”と呼ばれるイベントでの授産製品の販売を行っていた。参加した事業所数は 19 であり、マーケティングにおける基礎をはじめとする勉強会が行われた。イベントにおける販売の結果、2017 年度には計 949 万円の売り上げを記録したことに加え、イベントを通じて生じた商品単価の低さなどの課題を解決するために、手間をかけて付加価値を高めた商品開発を行うといった取り組みが検討されている。

このように、就労継続支援 B 型の障がい者の授産品の販売は、各地で取り組みが行われている。また、授産品を売るといったことに限らず、マーケティングへの理解を深めるための学習が行われている地域や、Web ショップが運営されている地域も存在する。

本研究において対象となる就労継続支援 B 型事業所は、図 2.2 と図 2.3 に示すぶどうの森 [23] である。この施設では、主にぶどうやさつまいもの生産や加工といった農作業を軸とした業務内容の特徴としている。ぶどうの森では、農業についての経験がなくても指導が受けられる利点が挙げられる。また、季節に合わせて栽培している作物の収穫に向けて苗植えや袋掛け、土地の開墾、畑作業の手入れといった幅広い作業を経験することが可能である。さらに、収穫した作物は、加工し、法人内の事業所や関連会社に加え、県内の福祉に関連した事業所や一般企業に販売している。作物を収穫するまでの過程を含む農作業に限らず、収穫後の加工や外部に向けた販売の経験を通じて社会参画について理解を深めることが可能である。

§ 2.2 障がい者のストレスとコーピング内容

障がい者にとって、適切な補助が必要になることがある。例えば、施設を利用している就労継続支援 B 型の障がい者にとって、何らかの悩みを抱えていることがあり、その悩みを誰かに打ち明けたいと考えていることがある。具体的には、人付き合いや病気、薬、仕事、就職に関係のある悩みを抱えていることに加えていることが挙げられる [24]。そこで、悩みを抱えた施設の利用者である障がい者は、悩み事を聞いてくれるために身近な人間を探すことになる。特に、施設の従業員や、主治医、家族に相談を求める割合が多いといえる。最も多いのは、人付き合いや仕事および就職の悩みは施設の従業員に、病気や薬における悩みは主治医に打ち明けるといった結果になっている。

一方で、前述した相談相手に限らず、看護師と関わりを持ちたいと考える利用者も存在する。そして、相談内容には、仕事や薬について相談を希望する人もいるが、話し相手や金銭の管理を希望する人も挙げられる。また、看護師における相談の頻度は、50 名における回答者の中から、月に一度の希望者が 16 名、週に一度の希望者が 13 名、週に二度または三度の希望者が 9 名、月に二度または三度の希望者が 6 名を記録した。この結果から、全体の 8 割以上が看護師と一度でも相談の機会を設けたいといった結果となった。

看護ケアにおける研究では、“看護ケアの必要性に関する質問では 70 % 以上の者が仕事に関して看護師の関わりが必要と回答していることから、看護師として利用者の病状やその他の状況を踏まえた就労支援において果たす役割は大きいだろう”と述べている。障がい者の中には、ストレスに関係のある障がいを引き起こす場合もある [25]。その障がいの具体例として、自閉スペクトラム症、注意欠如・多動症が挙げられる。

自閉スペクトラム症

Austim Spectrum Disorder(ASD)とも呼ばれる。他者の気持ちや、場の状況や流れを読むことを苦手とした社会的コミュニケーション障がいを中心とし、こだわり、感覚過敏症といった自閉症が持つ特徴をいくつかの程度で示す障がいである。また、ASD はストレスに関連のある障がいを引き起こしやすくなるといった特徴を持っている。

さらに、成長過程において、思春期に達するまでに客観的な視点から物事を考えることが苦手であることが原因で、人と上手く関わっていくことが難しいといった特徴を持つ。そして、ASD は空気を読むことや、社会における常識への理解が乏しく、叱責を受けることや自己肯定感の低下を繰り返し、いじめやひきこもりにつながってしまうリスクがある。

注意欠如・多動症

AttentionDeficit/Hyperactivity Disorder(AD/HD)とも呼ばれる。多動性、衝動性、不注意を軸とした障がいである。同じ AD/HD でも多動性と衝動性が優勢となる障がいや、不注意が優勢となる障がいが存在し、前者は落ち着きがない、話が多い、我慢できないといった特徴を持ち、後者は集中力の欠如、優柔不断といった特徴を持っている。

また、多動性、衝動性、不注意の 3 つを持つ障がいも存在する。成人を迎えることで、多動性および衝動性は少しずつ落ち着くが、不注意はこれらの症状よりも長続きする。これにより、失敗を繰り返すことも少なくない。そして、失敗を繰り返す症状は、他

社から意図的なものとみなされることがあり、症状について詳しく理解してもらえずにいじめや虐待に発展してしまう点が挙げられる。さらに、ASD のようにいじめや叱責といった行為が積み重なると、トラウマ関連障がいを引き起こすリスクもある。

これらの障がいは、発達障がいに区分され、就労継続支援 B 型への対象となっている [26]。これら以外にも難聴、盲が含まれる身体障がいや、日常生活において不自由となる特徴を持つ知的障がいに加えて、統合失調症、うつ病、双極性障がい、気分障がいが含まれる精神障がいの 4 つの障がいに分けられる。

これらの代表例として、うつ病 [27] は気分の落ち込みや物事への興味を失うといった精神症状から、不眠、食欲不振、疲労のような身体症状が見られる場合に発症する可能性のある病気であり、結婚、進学、就職といったことを経験することでも発症するリスクのある病気である。うつ病が発症することで、否定的な考え方になってしまう点が挙げられる。具体例としては、自分に劣等感を抱えたり、普段は難なく取り組んだり、乗り越えることができたことが、うつ病の発症によって苦痛だと思うようになってしまうことや、苛立ち、焦りのような感情が現れるといった症状が見られる。以下の要素はうつ病であることへの可能性を示す症状の例である。

- 食欲および性欲の欠如
- 寝不足や過眠
- 動悸やめまい
- 胃の消化不良

また、これらの内容から、障がい者は、健常者と同様に悩みや不安を抱え、ストレスに向き合っていく必要があると考えられる。そこで、ストレスを数値として算出して取り扱うことができないか検討する。ここで重要とされるストレス値の算出について解説する。ストレス値の算出では、High Frequency(HF) と Low Frequency(LF) と呼ばれる変動波を用いる。HF で高周波、LF で低周波を表すことができる。これらの変動波の現れる大きさの変化により、心拍変動および自律神経の推定を行う。また、ストレス値の判別にあたって、交感神経と副交感神経を比較したときに、交感神経が優位である負荷がかかった状態をストレスがかかった状態とし、副交感神経が優位である落ち着いた状態をリラックス状態としている。

パワースペクトルの算出では、心拍センサを使用して心拍間隔変動時系列データの作成を行う。心拍センサで心拍の値を計測し、この値から RRI を導出する。次に、作成した心拍間隔変動時系列データからパワースペクトル密度の算出を行う。図 2.4 は CWT によるスペクトルグラムである。このパワースペクトル密度の推定では、連続ウェーブレット変換 (CWT) を用いる。まず、一般的な CWT を式 3.1 とする。

$$W(a, b) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad (2.1)$$

この式では、 $x(t)$ が、解析の対象となっている信号であり、 ψ が基本ウェーブレットを表している。また、 a はスケールパラメータを表し、抽出対象周波数に対応した値であり、 b

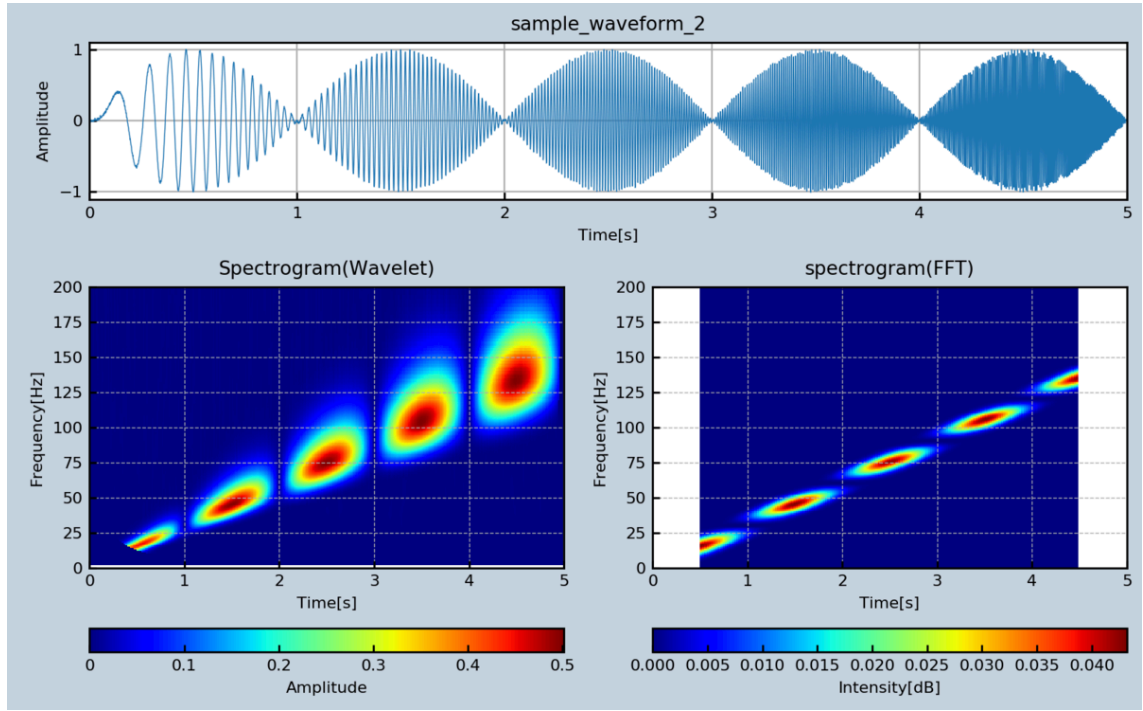


図 2.4: CWT によるスペクトログラム [7]

はシフトパラメータを表し、解析対象時刻に対応している。CWT には、基本ウェーブレットを用いることが条件とされているため、ガボール関数を用いることとする。ガボール関数を式 3.2 に示す。

$$g(t) = \exp \left(- \left(\frac{t-b}{a} \right)^2 \right) \exp \left(-j\omega_0 \frac{t-b}{a} \right) \quad (2.2)$$

この式において、 ω_0 は定数を表す。ここで、CWT の式を生体信号で使用される周波数解析において使用できるようにするために、周波数 f とシフトパラメータの関数とする。さらに、 ω_0 を 2π に置き換えた式を以下の式 3.3 とする。

$$W(f, b) = \left| \frac{1}{f} \right|^{\frac{-1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp \left(- \left(\frac{t-b}{1/f} \right)^2 \right) \exp \left(-j2\pi \frac{t-b}{1/f} \right) dt \quad (2.3)$$

以上の式からのパワースペクトルの導出において必要となる解析データ長とパワースペクトルの関連性を考慮し、ガウスの領域に関する $1/f$ に対して λ を用いた式を以下の式 3.4 とする。

$$W(f, b) = \left| \frac{1}{f} \right|^{\frac{-1}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \exp \left(- \left(\frac{t-b}{\lambda/f} \right)^2 \right) \exp \left(-j2\pi \frac{t-b}{1/f} \right) dt \quad (2.4)$$

以上の式から、HF 成分および LF 成分を導出する。ただし、HF の領域は 0.15Hz から 0.40Hz、LF の領域は 0.05Hz から 0.15Hz とした一般的な領域とする。

§ 2.3 障がい者を支える DX

障がい者を対象とした IoT の技術が使用される動きがある。IoT を用いた事例としては、一つ目に、触譜で人間の感性を情報として流す手法が挙げられる [28]。まず、この技術について研究を行った鈴木によると、“触譜は、力や強さの大きさと長さの記述法である。触譜により、音声、触覚、身体の動きなどから感性情報を抽出し、情報化することが可能となった。”と記載されている。図 2.5 は触譜の表現方法である。この手法を用いれば、明るい言葉遣いであれば、音量が大きくなるといった特徴を持っているので、譜面も言葉の最後に近づくほど音が強いと判定される。一方で、暗い言葉遣いであれば、明るい言葉遣いとは逆に、音量が小さくなるといった特徴を持っているので、譜面は言葉の最後に近づくほど音が弱くなるといった判定になる。これにより、触譜を使うことで、言葉遣いにおける抑揚の違いを目に見える形で表示することができるようになる。

この触譜において重要となる触覚における要素は、硬さや粗さ、そして温度などが挙げられ、これらの中でも特に硬さと粗さが重要視されている。硬さが重要視されている理由は、力の変化の大きさにある。硬い表現は、力があまり変化することはないが、柔らかい表現は、力が変化しやすい。すなわち、柔らかい表現ほど、力の変化が大きくなる触譜ということになり、言葉を読むときの表現を判定するための重要な役割を果たすということになる。そして、粗さは、似ている要素や、同じ型さの表現の組み合わせの複雑さを表す役割を持つ。一つの要素しか持たない場合は、滑らかであると判定し、複数の要素を持っている場合には、粗いと判定する。この研究が、障がい者工学に用いられようとしている。

二つ目に、モニタリングシステムを障がい者施設に導入する動きが挙げられる [29]。この研究は、障がい者施設に IoT 技術であるモニタリングを取り入れることを想定した場合、どのように施設の役に立つのかを調査することに加えて、IoT を使いこなすことへの技術的な障壁や、障がい者施設を対象にしたときに生じる人権や人の命に関する問題が飛び交うなかで IoT に依存することへの心理的な障壁について検証することを目的としている。

この調査において、施設の従業員に IoT の基礎知識を学習することができる機会と研修を設け、IoT に対する従業員の印象の変化を調査した結果、従業員が IoT においてそれぞれの意見を出し合うことができるようになったが、出し合った意見をシステムに反映させる作業が難しいといった結果になった。さらに、発作や発症が発見しやすくなるという利点も挙げられた。

また、モニタリングシステムにおいて、お手洗いや寝室をはじめとする個人空間での使用についてどのようにモニタリングを行うのかといった課題が見られた。図 2.6 は、心理的な障壁における程度とそれぞれの業務や人権の関連性の有無を示す。この研究結果に対して、研究を行った小林らは、“福祉施設における IoT の活用を考えると、「Improvement」「Self-Use」の領域から取り組むことで、導入への抵抗を減らし、実際の利用につながると考えられる。”と述べている。

IoT の技術を活用して作られた物が障がい者を対象とするイベントで評価された事例もある [30]。それがペア用の衣服である。この衣服は、着用した人同士が抱き合うように接触すると音楽を共有することや、肩に触れることで会話をすることができるようになっている。

また、音楽の信号をやり取りするにあたって、配線を必要としないことや、コミュニケーションにおいて手振りを用いることで内部のセンサが反応し、衣服に備わっている機能が



図 2.5: 触譜のイメージ [28]

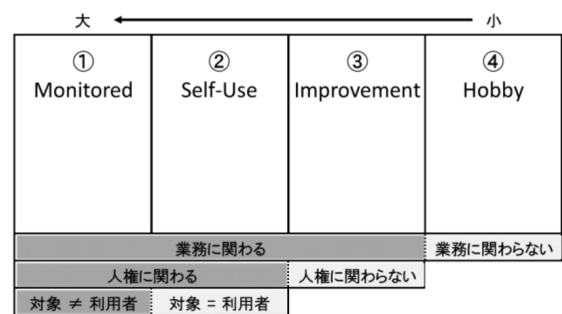


図 2.6: 心理的障壁の分類と大きさ [29]

自動で変化するという工夫がされている。本来は、男女の間でコミュニケーションを楽しむために開発されたものであるが、前述した機能の自動的な入れ替わりを備えている点から、障がい者でも簡単に使用することのできるインターフェースに切り替えることも可能である。コミュニケーションの場でストレスを抱えやすいとされている障がい者にとって、この衣服を使いながらコミュニケーションを行うことは、衣服の装着者同士で円滑に会話が進められることに加え、会話が滞りにくいことからコミュニケーションにおけるストレスの発現を軽減することができると考えられる。

そして、就労継続支援施設では、農作業にトレファーム [31] を取り入れる動きがある。トレファームとは、栽培地の高さを上げることで、作業を行う間は腰をかがめる動作をする必要がなくなり、身体的な負担の軽減が可能となる施設のことを指す。

これにより、直立した状態で作業を行うことができることに加え、高床式の導入により畑の高さが通常のものよりも高くなっていることから、車椅子に乗った従業員でも作業をすることが可能になっている。図 2.7 は、灌水システムを導入した農場であり、自動図 2.8 は、実際のトレファームを示している。通常の農業の違いとして、肥料や水は自動で作業が行われるため、誰でも簡単に農業を実施することができる。トレファームは、障がい者施設において様々な地域で使用される動きを見せている。

農福連携に関係する取り組みとしては、スマート農業の推進が挙げられる [32]。スマート農業とは、ロボットや AI, IoT を使用する農業を指す。スマート農業がもたらす影響として、無人で耕運や整地を行うトラクターや、遠隔で水田の水を制御する水管理システムを用いた作業の自動化や、位置情報を活用した作業内容の自動記録に加えて、ドローンや衛星を用いたセンシングデータおよび気象データの自動解析に基づく農作物の管理および農業の経営が挙げられる。

スマート農業は、作業におけるシステムの充実に限らず、農地で作業を行う作業員の支援も行っている。その例となるものが、農業用アシストスーツである。東京理科大学ではイノフィスと呼ばれる農業用スーツの開発が行われた。このスーツは、空気を用いて腰にかかる負担を減らすことや、農作業において多くなる中腰の状態における作業や作物の運搬を行うときに荷物を持つことへの支援が可能となっている。スーツの標準性能は、簡単に装着することができる点や、防水が施されていること、そしてスーツを用いるときにバッテリーを必要としないといった特徴を持っている。そして、安価であることから、導入が簡単に行える利点を持っている。



図 2.7: 灌水システム [31]



図 2.8: ビニールハウス農業 [31]

一方で、和歌山大学では、パワーアシストインターナショナルと呼ばれるスーツの開発が行われた。このスーツは運搬作業に優れており、10kg から 30kg までの運搬において装着者にかかる負担を半減させることができる特徴を持っている。また、これによりスーツを装着することで力仕事を行うことが難しい高齢者や女性でも作業を行えるようになっている。

就労継続支援 B 型事業所であるメープル関西 [33] では、農作業に IoT が導入され、スマート農業を主体とする特徴を持っている。行われている農作業は、種まき、苗植え、栽培、収穫、袋詰めであるが、IoT の導入によって、栽培管理システムによる水やりや害虫対策に加えて、農地 IoT 管理アプリの開発・プログラミングが行われている。実際に、就労継続支援 B 型の障がい者が施設で行う作業一覧の中には、コンピュータを取り扱う作業が含まれている。そして、自立するための訓練として、プログラミングやアプリ開発が訓練メニューの中に含まれていることも特徴の一つといえる。

システムの開発

§ 3.1 インソール型機器

§ 3.2 ネットバンド型機器

§ 3.3 機器の有意性

提案手法

§ 4.1 装着方法

使用するウェアラブル装置において、装着者にどのようにして装着させるかを検討する。まず、先行研究では、身体の上半身に作成した装置を巻き付けるような形で取り付けるといった手法があった。図 4.1 は、装置を上半身に装着した状態を示す。

この装着方法には、主体となる装置を上半身に取り付けているため、装置を身に着けた状態で装着者も動くことができるが、普段通りに動くことが制限されることや、動いたことによって障害物に衝突し、装置の部品が故障してしまう可能性が挙げられる。さらに、この装置は、ブレッドボードを用いて作成されているため、ブレッドボードに配線したワイヤが、装着者が動いたことによって外れてしまうといった課題があった。

そこで、この研究からさらに改善された装着方法が腕に装置を装着するといった方法である。図 4.2 は、装置を腕に装着した状態を示す。課題点として残されたワイヤが外れる問題は、はんだ付けによって固定させる方法を採用した。さらに、装着方法において、上半身全体に装着したことによる行動範囲が制限される問題を軽減するために、腕に巻き付ける形で装置を装着した。

これにより、装着者が動いたことによる装置の破損リスクの軽減にもつながった。そして、装置の破損リスクを軽減させる要因として、ケースを作成する手法が取り入れられた。この装着方法では、上半身に装着する手法と比較して、装着が簡単になったという利点も兼ね備えているが、装着箇所を腕に集中させたことで腕にかかる負担が増えてしまった点が挙げられる。

本研究では、2つの先行研究の装着手法から得られた課題点をまとめ、農作業を想定した装着方法を考える。今回最も注目すべき点は、装着者が農作業を行うことである。農作業には、屋外で作物の収穫や、農具を使用するといった身体を動かす仕事は作業内容に含まれる。この条件において、先行研究で実際に採用された2つの装着方法には、それぞれ本研究で使用することが難しいと考えられる要因がある。

まず、上半身に装着を行う方法では、作業を行うときに行動が制限されることが挙げられる。確かに、身体に取り付けた状態を維持しながら測定ができるといった利点は、本研究における作業中の装着者のストレスを計測するという点から重視すべき内容といえる。

しかし、上半身に装着した状態では、作業を行う間に、泥や水の付着や、地面が平地とは異なる不安定な状態で作業を行うときに考えられる転倒や装置の破損のようなリスクが考えられる。特に、農地では、畑のような足場が不安定な場所が多い。さらに、雨による降水で水を吸収した地面で作業を行うときは、地面に足を踏み入れたときに滑り、転倒し

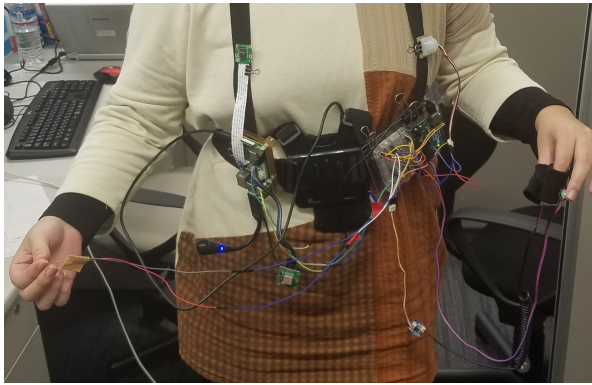


図 4.1: 上半身への装着方法 [7]

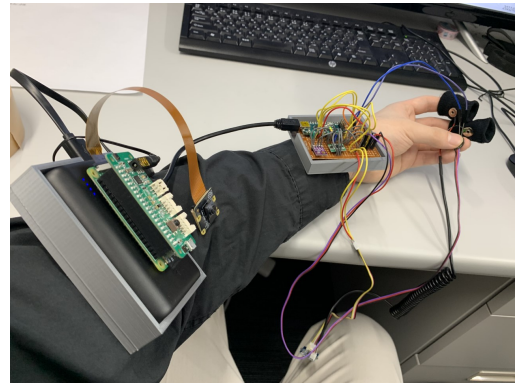


図 4.2: 腕への装着方法 [7]

てしまうことが想定される．さらに，装着範囲の広さから，行動が制限され，普段通りに作業を行うことができない装着者にとってストレスになってしまう点からこの装着方法は農作業での運用に不向きであると考えた．

次に，腕に装着を行う方法では，腕に取り付けたことによる負担の大きさが作業の妨げになる短所を持つ．図 4.1 の装着方法と比較すると，装置の小型化やケースによる保護により，前述した破損リスクの軽減になる．また，上半身に装着したときよりも装着範囲が狭くなったため，装着による違和感も少なくなった．しかし，この手法では，装着箇所を腕に絞っているため，装置とケースの重さが装着した腕に伝わる．

この装着方法は，デスクワークでの作業を想定し，採用されたものであるが，デスクワークと農作業の決定的な違いは，身体を動かすことにある．特に，農具を持つことや，作物を収穫することにおいて，手を使うことが必要不可欠となる．これにより，装置の重さで疲れやすくなり，腕を動かすことがストレスとなってしまう．

これらの理由から，先行研究の装着方法は，農作業を行う装着者にとって不向きであるということになる．そこで新しい装着方法を考える．

まず，装置の大きさや重さについて考える．先行研究でも，前述したように装置が大きいことや，重さが装着者のストレスとなってしまう点が挙げられる．そこで，装置は小型であり，軽い必要がある．本研究では，図 4.2 で使用した装置で使った基盤よりもさらに小さい基盤を使用することにした．そして，2つの先行研究において，どちらの研究でもモバイルバッテリーを使用しているという点に着目した．どちらもスマートフォンなどで使用できるモバイルバッテリーを使用しているが，上半身と腕のどちらも，重量があり，負担がかかるという問題がある．そこで，Raspberry Pi Zero WH に直接装着させることが可能な PiSuger を使用することにした．

PiSuger は，Raspberry Pi Zero WH に取り付けることが可能なモジュールである．先行研究で使っていたモバイルバッテリーとの違いは，重さがモバイルバッテリーよりも軽く，小さいバッテリーであるため，モバイルバッテリーにかかる重さを軽減することが可能になる．これにより，装着に必要なスペースをこれまでよりも小さくすることができることに加え，装着時の負担をさらに軽減することができるようにした．

次に，装着する箇所について考える．装着方法について，装着者にかかる負担に加えて，装置にカメラやマイクが搭載されている点に着目し，首に装着する方法を考えた．装着位

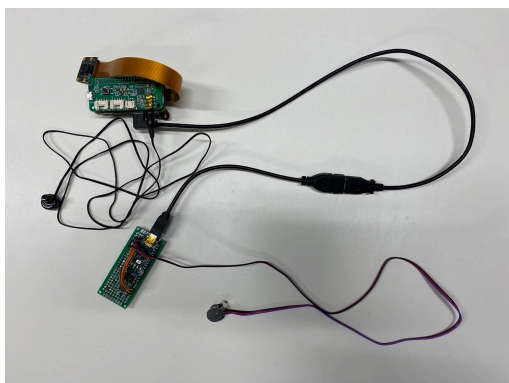


図 4.3: 使用する装置



図 4.4: 首への装着方法

置を首にすることで、カメラからの画像が取得しやすくなることに加え、マイクの音声入力において、顔に近い位置に配置しているため、音声を簡単に入力できるようにした。さらに、作業中に装置が農具や作物に当たることが少なくなるため、破損リスクも軽減することができる考えた。

さらに、装置を保護する方法について考える。前述した装置の小型化および装着位置の変更を行ったことで、負担の軽減やデータの収集が行いやすくなったが、装置を保護していないため、汚れや転倒による破損が考えられる。そこで、装置を保護する必要がある。本研究では、装置に合ったケースを使用することにした。

形状としては、ワイヤレスイヤホンを模したケースになっている。ワイヤレスイヤホンをケースの形状として採用する以外にも、同じ首に装着することが可能な首輪型を採用する手段も考えられるが、ワイヤレスイヤホンとの形状の違いは、装着したときの圧迫感にある。

まず、使用する装置を、図 4.3 に示す。この装置を首に巻き付けると、首を曲げるときに装置が妨げとなり、首が曲げにくくなることや、曲げたことで装置が顎に当たり、怪我を負ってしまうことや、首が自由に動かせないことへのストレスが溜まってしまふことが考えられる。しかし、ワイヤレスイヤホンの形状であれば、首輪のような首につけたときに生じる圧迫感は少ない。また、装置をケースの先端に取り付けることでその圧迫感を軽減することが可能である。そこで、ケースはネックバンド型のワイヤレスイヤホンのような形状をもとに作成する。

上半身における実際の装着イメージを、図 4.4 に示す。

§ 4.2 データ解析

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った。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 4.5 のようになった。ここからセンサを絞り、最低限行動識別が行えるように選別を行う。行動識別によるデンドログラムが変化した結果を図 4.6 に示す。ここで、注目すべき部分は、9 軸センサのデンドログラムが、先行研究におけるデンド

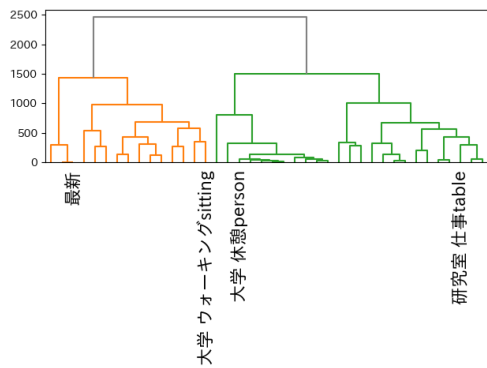


図 4.5: 先行研究のデンドログラム

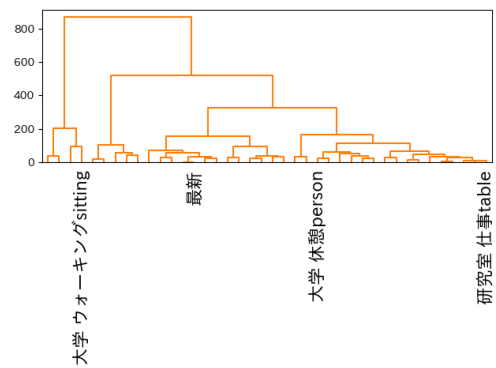


図 4.6: 9 軸センサを外した場合

ログラムと比較すると著しく変化している点である。

デンドログラムは、2.2 で前述したように、クラスター分析の結果が図として表すことになっているものである。9 軸センサは、図の形や色が大きく変化している点から、行動におけるデータの類似度が図 4.5 とは異なっていると考える。そこで、9 軸センサを行動識別において最低限必要なセンサとして、本研究で採用した。また、心拍センサは、装着者のストレスを検出するための要素であるため、心拍センサも装置に搭載するセンサとして採用した。

本研究では、9 軸センサ、心拍センサに加えて、足裏センサを使用する。足裏センサとは、足に装着して、足の運動を解析することができるセンサである。既に製品として、タッチエンス株式会社 [34] のショッカクシューズが開発されている。このショッカクシューズは、以下の特徴を持ち、スマートフォンに専用のアプリを導入することで、簡単に計測を行うことが可能になっている。

- 6 軸センサを搭載
- 母指球、小指球、踵から内力データの収集
- 地面の反力、推進力・静止力、左右揺動力から外力データの収集

今回は、足の運動データを作成した小型ウェアラブル装置で収集したデータと合わせて使用するが、タッチエンスのショッカクシューズは、専用のアプリでデータ収集を行っていることから、ショッカクシューズのデータをウェアラブル装置と合わせる事が難しくなってしまう。そこで、別のセンサを用意した。

ここで使用する足裏センサは、以下のデータを収集することが可能である。

- 12 箇所の圧力データ
- 3 軸の加速度
- 3 軸の角速度

そして、これらのセンサは、片足につき圧力センサが6つ、3軸分の加速度センサに加えて、3軸分の角速度センサが搭載され、両足で計24個分のデータを収集することが可能になっている。このセンサを使用することで、足の運動における情報を収集することができるに加え、行動識別の精度を上げることが可能であると考えたため、このセンサを採用した。

§ 4.3 システムのアルゴリズム

ウェアラブル装置を用いたストレス測定によるアルゴリズムについて解説する。収集するセンサの一部を示したものを図4.7に、センサデータの取得からストレス値計測およびコーピング指示の発令までの一連の流れを示したものを図4.8に示す。また、ウェアラブル装置に加えて、足裏センサにを用いて収集したデータも考慮するものとする。

提案手法は、ウェアラブル装置からのセンサデータ、ストレス値の収集、サーバへセンサデータへの送信・蓄積、クラスター分析と行動識別、コーピング指示の発令、アンケートの回答、障がい者と健常者のストレスデータの比較といった流れになっている。以下より詳細を解説する。

i. ウェアラブル装置からのセンサデータ、ストレス値の収集

まずは、作成したウェアラブル装置から装着者のデータを取得する。このデータにおいて、まずArduino nanoから取得するデータは、加速度、角速度、地磁気、心拍である。これらのデータは1秒間にデータを3回取得し、シリアル通信を用いてArduino nanoからRaspberry Pi Zero WHへ送信する。

Raspberry Pi Zero WHでは、カメラモジュールから撮影した静止画像からのテキストデータとRespeaker2-Mics Pi HATのマイクで音声入力をもとにしたテキストデータを収集する。また、足裏センサは、足に装着した状態で装着者の圧力、加速度、角速度のデータを収集する。

次に、心拍センサから、装着者の心拍数のデータを1024個分収集する。このデータは、Arduino nanoからシリアル通信によってRaspberry Pi Zero WHに送信されている間はすべて配列に格納される。データが1024個収集された後に、連続ウェーブレット変換に基づいてパワースペクトル密度を導出する。心拍のデータは、5分間収集が行われる。

そして、ストレス値であるLF/HFの導出を行う。LFおよびHFは1分間で計算が行われ、同様にストレス値も算出される。また、ストレス値の導出を行っている間、ウェアラブル装置に搭載されている9軸センサで加速度、角速度、地磁気のデータの収集およびRaspberry Pi Zero WHに搭載されたカメラモジュールで撮影された画像からテキストデータの収集が行われる。ストレス値の計算後、新しい心拍センサの収集データが100件配列に格納される。このデータは、既に収集したデータから古いデータ100件が上書きされるようになっている。

ii. サーバへセンサデータの送信・蓄積

前述したセンサデータおよびストレス値はサーバへ送信される。送信は、Raspberry

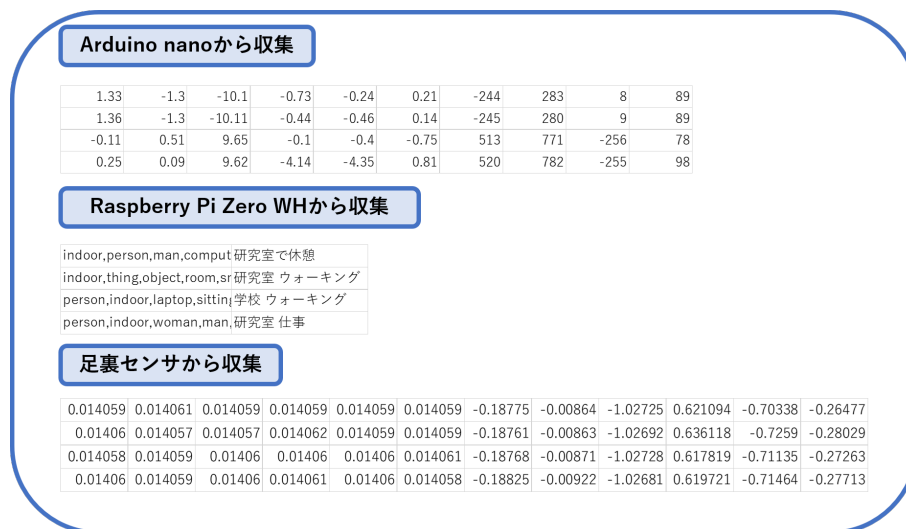


図 4.7: 収集データ

Pi Zero WH からテザリングを用いて行われる。Raspberry Pi Zero WH には、収集したセンサデータが json 形式で保存されており、この json の中身がサーバへ送信される。

ただし、Respeaker2-Mics Pi HAT を経由して収集された音声データは同じ json ファイルに保存されず、音声入力が行われると別の json ファイルに保存され、ファイルの中身がテキストデータとしてサーバへ送信される。

足裏センサのデータは、同じ Raspberry Pi Zero WH や Arduino nano で蓄積を行っておらず、足裏センサ専用の装置で計測を行っているため、足裏センサのデータは直接サーバへ送信される。

サーバに送信されたデータは、Arduino nano を経由して収集された 9 軸センサと心拍センサのデータと Raspberry Pi Zero WH のカメラモジュールから得た画像のテキストデータが同じファイルに xlsx 形式として保存され、音声データは、音声専用のファイルに xlsx 形式で保存され、足裏センサのデータは、足裏センサ専用のファイルに csv 形式で保存される。

iii. クラスター分析と行動識別

送信された 9 軸センサ、心拍センサ、カメラ、マイクのデータは csv ファイルにまとめられて保存される。また、足裏センサのデータも同じ csv ファイルに結合されるようになっている。この csv ファイルは、後に行うデンドログラムの作成、行動識別、コーピング指示の発令に関係している。まず、デンドログラムの作成について、csv ファイルにまとめられたセンサデータからユークリッド距離を算出する。ここで算出する方法は、ウォード法と呼ばれる手法になる。

そして、クラスター分析を行い、デンドログラムが作成される。ここで、デンドログラムには行動におけるラベルが記載されるようになっている。このラベルは、装置に搭載されたマイクによる音声入力によって得られたテキストデータとなっている。

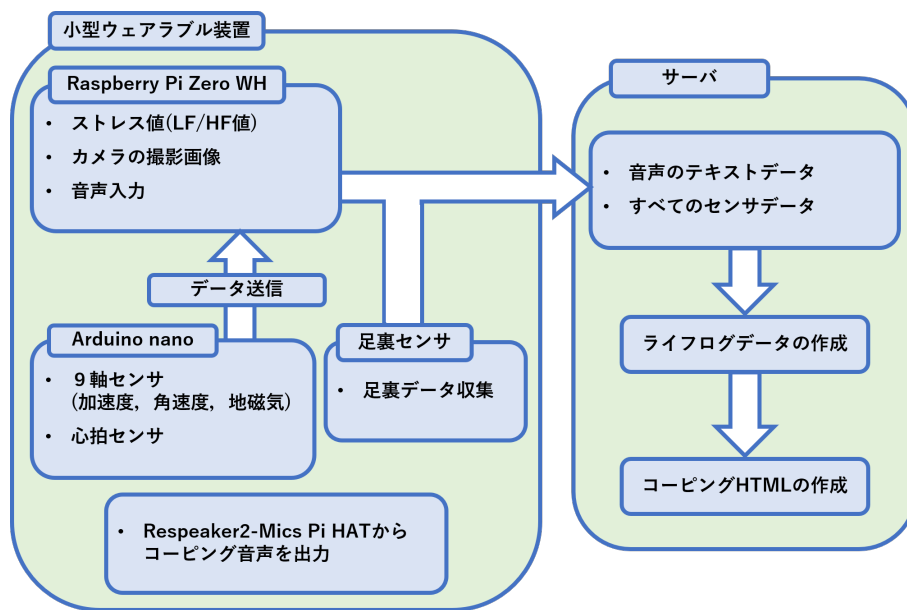


図 4.8: データの送信

iv. コーピング指示の発令

クラスター分析の結果とすべてのセンサデータをもとにコーピング HTML が作成される。コーピング HTML には、場所や装着者の状態、ストレス値、経過時間が記載されているが、これらは行動内容や時間が経過するにつれて更新されるようになっている。

そして、作業中にコーピング HTML を閲覧することが難しい場合のために、装置からは Respeaker2-Mics Pi HAT に搭載されているイヤホンからコーピング音声が行われるようになっている。コーピング音声の内容は、休息を促すための指示や、気分転換として他の行動を提案するような指示が行われるようになっている。

視覚的な情報を提供することが可能な HTML 表示と聴覚的な情報を提供することが可能な音声指示の 2 つがコーピング用として存在するため、場所に応じて適したコーピングを受けることが可能になっている。

v. アンケートへの回答

実験の後に簡単なアンケートを行う。このアンケート内容は装置を装着したことで生じる違和感などを問うアンケートであり、回答内容はそれぞれのストレス計測において発生するストレスの変化について判断材料の 1 つとして用いる。

vi. 障がい者と健常者のストレスデータの比較

ネックバンド型ウェアラブル装置と足裏センサによる計測を障がい者と健常者を対象に実施する。互いに前述した 4 つの手順を通じて計測を行い、それぞれが装置を装着中に生じるストレスの変化について調査する。また、この調査により、どちらがストレスを感じやすいのか確認する。

数値実験並びに考察

§ 5.1 数値実験の概要

本研究では、就労継続支援事業所で働く就労継続支援 B 型の障がい者を対象とするストレスコーピングおよび行動識別における実験を行う。今回の就労継続支援 B 型障がい者の実験で協力してもらう就労継続支援 B 型事業所は、石川県鳳珠郡にある日本海俱樂部である。[35] 日本海俱樂部では、弁当の製造や、能登町からの委託業務である高齢者向けの配食事業や農産物の加工品の製造および販売を行っている。また、就労継続支援 B 型に該当する障がい者の勤務人数は 20 人となっている。また、羊の管理を行っている点も業務内容の 1 つである。本研究の数値実験では、日本海俱樂部の就労継続支援 B 型の障がい者に、開発したネックバンド型装置を装着してもらい、羊の餌の管理作業を行ってもらい、ストレス計測を行う。

そして、健常者にも同様に実験を行い、それぞれの実験結果を比較する。使用する装置は、4.1 でも述べた小型ウェアラブル装置に加えて 4.2 で解説した足裏センサを使用する。ここで、使用する足裏センサを図 5.1、足裏センサのケースを図 5.2 に示す。この足裏センサは、被検者の靴の中に入れてデータを計測することができるようになっている。

まず、実験の被験者となる障がい者には、開発したウェアラブル装置と足裏センサを搭載した装置の 2 つの装置を装着してもらう。そして、装置を装着した状態で普段通りの作業を行ってもらう。今回計測する作業は、屋内での作業になっている。被験者に必要としている作業は、Respeaker2-Mics Pi HAT のマイクに音声入力をしてもらうといった内容になっている。音声入力をしてもらう機会は、作業をする直前や休憩する直前など、被験者が行う仕事や休憩などの行動の直前になっている。そして、健常者の作業は、研究室室内におけるパソコン作業を行ってもらう。

装置からのデータを収集する方法について、心拍センサから収集する心拍数のデータは、装着者の耳から収集することにした。心拍数を計測する方法には、他に首や手からの計測が考えられたが、首からの計測は、作物の収穫にあたって、上を向くことや、収穫した作物を回収するときに地面に置かれた収納道具を探すため、首を下に傾けることがある。ここで、心拍センサが首に当たり、違和感を感じるという可能性が考えられる。

さらに、手からの計測は、農作業をするときに道具を使用することや、前述した作物の収穫など、手を使う場面が多い。これでは、センサが泥や水で故障することや、首と同様に装着による違和感を感じるといった問題が考えられる。特に、今回対象となるのは、さつまいもの選別作業であるため、手を使うことや、作物に付着した泥が装置につくことで装置が故障してしまうリスクが考えられる。そこで、作業の妨げになりにくい耳への装着

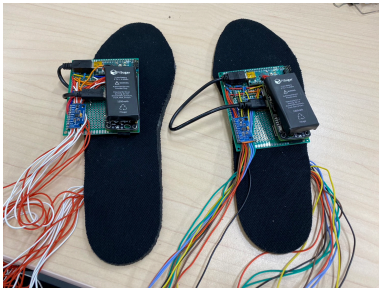


図 5.1: 使用する足裏センサ

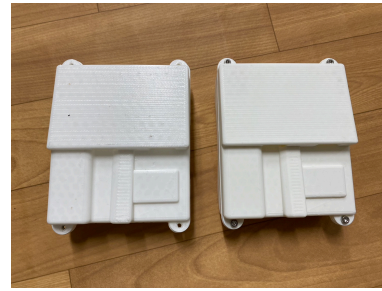


図 5.2: 足裏センサのケース

を考えた。耳に装着することで、作業場に設置されている荷物に衝突してセンサが破損するといった恐れがなくなり、リスクの軽減につながる利点が生じると考えた。

次に、被験者からの収集したデータをもとに、コーピングおよび行動識別を行う。これを 30 分続けて計測を行う。この実験後に被検者にアンケートに回答してもらう。回答してもらうアンケートの内容は以下のようになっている。

- 装置の使いやすさ
- イヤホンの違和感
- 心拍センサの違和感
- 音声の内容
- 今後の使用希望

各項目の評価は、装置の使いやすさが、使いやすい、やや使いやすい、普通、やや使いにくい、使いにくいの 5 段階、イヤホンおよび心拍センサの違和感が快適、やや快適、普通、やや不快、不快の 5 段階、音声の内容が良い、やや良い、普通、やや悪い、悪いの 5 段階、今後の使用希望調査が毎日使いたい、時々使いたい、使いたくないの 3 段階評価になっている。また、この実験の一連の流れは、健常者に対しても実験を行うものとする。

実験で調査する箇所は以下 3 点になっている。

- ストレス値の計測
- コーピング指示の発令
- 行動識別

これらの内容を調査し、その調査結果を踏まえて考察する。

§ 5.2 実験結果と考察

就労継続支援 B 型の 20 代男性の障がい者と 20 代男性の健常者のストレス計測を行った。就労継続支援 B 型の障がい者のストレス計測結果を図に示す。ストレス計測は行われてい

表 5.1: アンケート結果

項目	使いやすさ	イヤホン	心拍センサ	音声の内容	使用頻度
障がい者	やや使いやすい	普通	普通	入力なし	時々使いたい
健常者	やや使いやすい	やや快適	普通	やや良い	時々使いたい

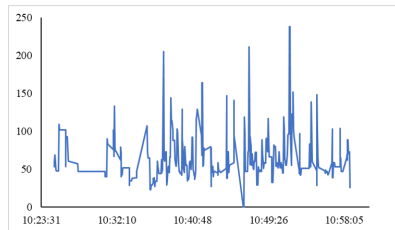


図 5.3: 心拍センサ

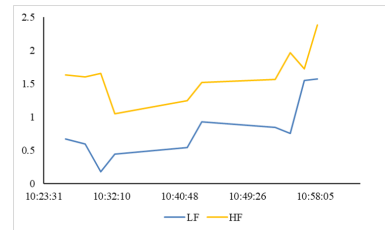


図 5.4: LF と HF

ることがわかったが、音声におけるコーピングが発生しなかった。この原因として、音声入力の手法に手間がかかったことや、間違った音声が入力されてしまうといったことに加えて、音声内容の入力を忘れたことがあったことが挙げられる。

次に、健常者のストレス計測において、障がい者と同様にストレス計測は行われていた。音声入力について、正しく入力されていた箇所と実験の終盤に正しく入力が行われなかった箇所があった。また、コーピングは終盤を除いて発令された。この原因として、障がい者に行った実験と同様に音声入力で間違った音声が入力されてしまったことが考えられる。

そして、障がい者のストレス計測後に装置に関するアンケートを実施した。まず、障がい者からは、やや使いやすく、違和感において問題はないといった結果になった。実験に参加してもらうことで得られた意見としては、“イヤホンの装着について、終盤に多少の痛みがあった”ということになった。同様に健常者からのアンケートでは、“心拍センサの装着において、時間経過で少し痛みを感じた”という意見を受け取った。

イヤホンの痛みについて、今回使用したイヤホンの素材は硬いものであったため、耳に装着して違和感を感じたと考えられる。このイヤホンでは、長時間使用することで耳に違和感が生じ、負担になってしまうリスクも考えられるため、イヤホンのイヤピースが柔らかいカナル型のイヤホンを使用して負担を軽減する必要があると考える。

一方で、心拍センサにおける痛みでは、心拍センサを耳に固定させるためのイヤークリップが金属の素材であり、使用方法によっては、けがによる負傷も考えられる。そこで、耳を保護するための対策を施していなかった点に注目し、布でイヤークリップを覆い、耳を保護する必要があると考える。また、障がい者と健常者の両方に共通してストレス値に極端に高い値が算出された。これについて、ストレス値が高いときに判別が可能な音声を追加する必要があると考える。そして、実験途中に通信が不安定になったことがあったため、通信方法を見直す必要があると考える。

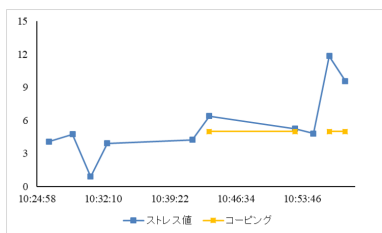


図 5.5: 障がい者のストレス変化

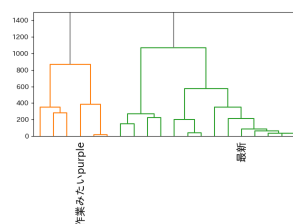


図 5.6: 障がい者のデンドログラム

Today : 2023-02-05 00:36:51
 場所 : 研究室
 状況 : 作業
 経過時間 : 0 days 00:04:14
 ストレス予測値 : 1.74 / 状態 : 良好
 指令 : No
 しないでください
 音声出力番号: 0

図 5.7: 健常者のコーピング HTML

識別結果: 研究室 作業
 継続中 11
 START 2023-02-05 00:32:37
 NOW 2023-02-05 00:36:51
 TOTAL 0 days 00:04:14
 stress: 1.74 良好
 作業 webページを作成します

図 5.8: 健常者の状態

Today : 2023-02-05 00:44:58
 場所 : 研究室
 状況 : 作業
 経過時間 : 0 days 00:12:21
 ストレス予測値 : 5.12 / 状態 : 要注意、コーピングを実行
 指令 : 行動は短い仕事なので心を落ち着かせ、深呼吸してください
 しないでください
 音声出力番号: 2

図 5.9: 変化したコーピング HTML

識別結果: 研究室 作業
 継続中 11
 START 2023-02-05 00:32:37
 NOW 2023-02-05 00:44:58
 TOTAL 0 days 00:12:21
 短時間労働
 stress: 5.12 要注意、コーピングを実行
 作業 webページを作成します

図 5.10: 変化した状態

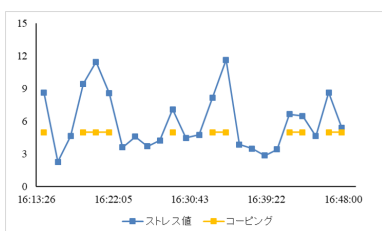


図 5.11: 健常者のストレス変化

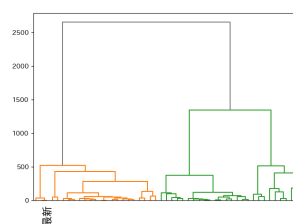


図 5.12: 健常者のデンドログラム

おわりに

本研究では、ネックバンド型のウェアラブル装置と足裏センサを就労継続支援 B 型事業所の障がい者に装着してもらい、装着者のストレス計測およびストレスコーピング、行動識別の有用性について検証した。

ウェアラブル装置の開発にあたって、農地での作業を想定していたため、泥や水で装置が故障してしまうことや装置を装着していたことによってストレスによる負荷がかかってしまうといった問題が考えられた。そこで、装着する箇所について首に注目し、首にかけることでストレスを計測することができるようにした。そして、行動識別において、足裏センサを採用したことで、足の運動におけるデータを収集することができるため、行動識別の精度向上を図った。

今回は、就労継続支援 B 型事業所で働く障がい者と、健常者を対象として実験を実施した。実験結果は、障がい者のストレス計測ではストレス値は計測できていたが、音声によるコーピングが発令されなかった。この原因として、音声入力を行ったときに、入力された音声为正しく入力されなかったことや、入力を忘れていたことが挙げられる。

一方で、健常者のストレス計測では、障がい者の実験と同様にストレス値は計測できていた。さらに音声も入力が行われ、行動識別やコーピング指示も行われた。しかし、健常者の実験でも音声の一部入力できなかった場面があり、この原因は、健常者が入力した音声为正しく入力されなかったことが考えられる。

アンケート結果では、障がい者と健常者のどちらも使用方法は難しくないといった結果になった。心拍センサやイヤホンの装着では、実験の終盤に痛みを感じるといった意見を受け取った。確かに、イヤホンは素材が硬い物を使用していたことに加え、心拍センサは、金属のクリップでセンサと同時に耳を挟みこむことで装着する手法であったため、イヤホンの先端部分であるイヤピースを柔らかいカナル型にすることや、心拍センサのクリップを布で覆うといった配慮が必要であると考えた。

それぞれの実験結果から、マイクの精度を改善する必要があると考えられる。また、ストレス値において非常に高い値を記録していたことから、ストレス値を識別するための音声を追加する必要があると考える。

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奥原浩之教授，António Oliveira Nzinga René 講師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工学部電子・情報工学科4年生の大森一輝氏，情報システム工学科3年生の八十住捺輝氏とぶどうの森職業指導員の澤田雄平様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．

2023年2月

北田 真悟

参考文献

- [1] モノワイヤレス, “IoT とは? |IoT: Internet of Things (モノのインターネット) の意味、読み方、事例”,
https://mono-wireless.com/jp/tech/Internet_of_Things.html,
閲覧日 2022.12.14.
- [2] 株式会社日立社会情報サービス, “ライフログデータ提供サービス”,
<https://www.hitachi-sis.co.jp/sp/lifelog/index.html>,
閲覧日 2022.12.14.
- [3] NTT ドコモ, “5G | 通信・エリア”, <https://www.docomo.ne.jp/area/5g/>, 閲覧日 2022.12.14.
- [4] “障害関連団体からのIoT 要望”, https://www.soumu.go.jp/main_content/000542078.pdf,
閲覧日 2022.12.15.
- [5] “障害者雇用促進法”, <https://www.mhlw.go.jp/content/000363388.pdf>,
閲覧日 2022.12.15.
- [6] 山口 智, “ふるさと納税制度の活用に向けたサポート体制の構築 ～障がい者支援の観点から～”, 新潟医療福祉学会誌, 2015.
- [7] 瀧田 孔明, “職場環境改善を支援する小型ウェアラブル ICT 機器の開発による短期ストレスへのコーピングと中長期ストレスとの関連”, 富山県立大学学位論文, 2022
- [8] 大塚商会, “ライフログ”, <https://mypage.otsuka-shokai.co.jp/contents/business-oyakudachi/words/lifelog.html>, 閲覧日 2022.12.10.
- [9] “ReSpeaker 2-Mics Pi HAT - スイッチサイエンス”, <https://www.switch-science.com/products/3931>, 閲覧日 2022.12.4.
- [10] 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.
- [11] “コーピングとは? 種類や導入方法を徹底解説 | ソリューションサイト”, <https://solution.lmi.ne.jp/column/c181>, 閲覧日 2022.11.29.
- [12] 加藤 司, “対人ストレス過程の検証”, 教育心理学研究 49 巻 3 号, pp. 295-304, 2001 .
- [13] 久保 智英, 佐々木 司, 松本 俊, “長時間過密作業下での情動的負担と行動的疲労の関係”, 労働安全衛生研究 Vol3, No.1, pp. 47-54, 2010.
- [14] 厚生労働省, “ストレスチェック等の職場におけるメンタルヘルス対策・過重労働対策等”,
<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei12/>, 閲覧日 2022.12.3.

- [15] 厚生労働省, “ストレスチェック制度簡単導入マニュアル”, <https://www.mhlw.go.jp/content/000533965.pdf>, 閲覧日 2022.12.3.
- [16] 農林水産省, “農福連携とは”, https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/noufuku/noufuku_toha.html, 閲覧日 2022.12.10.
- [17] ノウフク WEB, “農福連携応援コンソーシアム”, <https://noufuku.jp/consortium/>, 閲覧日 2023.1.15.
- [18] 障がい者就労移行支援の Cocorport, “就労継続支援 B 型ってなに? 対象者や作業内容、工賃について解説!”, <https://www.cocorport.co.jp/jobs/column/work-continuation-supportb/>, 閲覧日 2022.12.18.
- [19] 吉田 行郷, 小柴 有理江, 石橋 紀也, “企業出資の障害者福祉施設の農業分野への進出の意義と課題-農業分野に進出している社会福祉法人, 特例子会社との比較から-”, 農業経済研究第 89 巻第 4 号, pp. 357-362, 2018
- [20] 水谷 なおみ, “障害者自立支援法移行期における就労支援事業所の機能選択”, 日本福祉大学社会福祉論集第 125 号, pp. 83-102, 2011
- [21] 厚生労働省, “障害者の就労支援について”, <https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000797543.pdf>, 閲覧日 2022.12.24.
- [22] 池田 千登勢, “障害者就労継続支援 B 型事業所の授産品開発・販売に関する研究-質問紙調査と訪問調査による事例分析より-”, 日本感性工学会論文誌 Vol18, No.1, pp. 1-11, 2019.
- [23] 社会福祉法人 海望福祉会, “就労継続支援 B 型 | ぶどうの森”, <https://www.kaiboufukushi.com/budounomori/work/>, 閲覧日 2023.1.10.
- [24] 庄司 寛子, 児玉 豊彦, “就労継続支援 B 型施設を利用する精神障がい者が希望する看護ケア”, 日本精神保健看護学会誌 Vol.27, No. 2, pp.29-37, 2018.
- [25] 林 剛丞, 江川 純, 染矢 俊幸, “ストレス関連障害を示す発達障害”, ストレス科学研究 30 巻, pp. 10-15, 2015.
- [26] 株式会社みんなの絆, “就労継続支援 B 型”, <https://minnano-k.jp/support2/>, 閲覧日 2023.1.20.
- [27] 厚生労働省, “うつ病 | こころの病気を知る | メンタルヘルス”, https://www.mhlw.go.jp/kokoro/know/disease_depressive.html, 閲覧日 2023.1.26.
- [28] 鈴木 泰博, “触譜を用いた感性の IoT 化と感性インフォメーションへの応用”, 日本 AEM 学会誌 Vol.27, No. 4, 2019

- [29] 小林 大祐, 塩瀬 隆之, 矢入 郁子, 棚木 将, 岡部 太郎, 森下 静香, 藤井 克英, “ 障害者福祉施設における IoT セルフモニタリングシステム導入への心理的障壁の分析 ”, 情報処理学会第 80 回全国大会, pp. 469-470, 2018.
- [30] 才脇 直樹, 梅谷 智弘, “ 柔軟素材を用いた IoT システムの基礎と応用-I-柔軟素材を用いた IoT システムの現在と展望 ”, システム/制御/情報 66 巻 2 号, pp. 70-77, 2022
- [31] 東レ建設株式会社, “ トレファーム ® | 建設事業 ” , <https://www.toray-tcc.co.jp/construction/torefarm/index.html>, 閲覧日 2023.1.17.
- [32] 農林水産省, “ スマート農業 ” , <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/>, 閲覧日 2023.1.25.
- [33] メープル関西, “ 作業とカリキュラム ” , <https://maple-osaka.jp/work-and-curriculum/#work-introduction>, 閲覧日 2023.1.25.
- [34] “ タッチエンス株式会社 Touchence Inc. | 触覚センサの新たな可能性を創り今までにない新しい価値を届けます ”, <http://touchence.jp/>, 閲覧日 2023.1.26.
- [35] “日本海倶楽部 佛子園”, http://www.bussien.com/nihonkai_club/, 閲覧日 2023, 3, 3.