

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

# 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

Development of a Small Wearable ICT Device to Support Workplace Environment Improvement: Coping with Short-Term Stress and its Relationship with Medium and Long-Term Stress from Multiple Evaluation Criteria

瀧田孔明 (Koumei Takida)  
[t815044@st.pu-toyama.ac.jp](mailto:t815044@st.pu-toyama.ac.jp)

富山県立大学 工学部 電子・情報工学科 情報基盤工学講座

Teams, 15:15-15:30 Wednesday, February 16, 2022.

## 1.1 本研究の背景

2/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

アンビエントコンピューティングとは人の手に関わらず、機械が自動的に人間の行動を予測、認知を行い自動的にシステムを動かす仕組みである。現代では、情報通信技術が発達し遠隔操作が増える中、長時間のデスクワークによる精神的・身体的疲労が問題視されている。また、デスクワークのみだけでなく同じ行動を長時間行うこと（運転など）は精神的・身体的に負担がかかることが研究されている。



図1 アンビエントコンピューティング

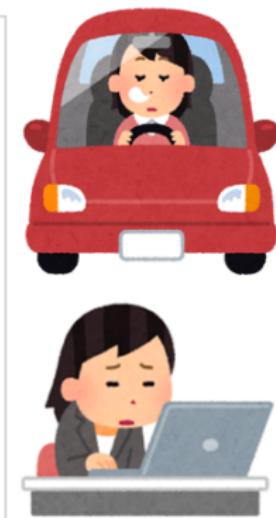


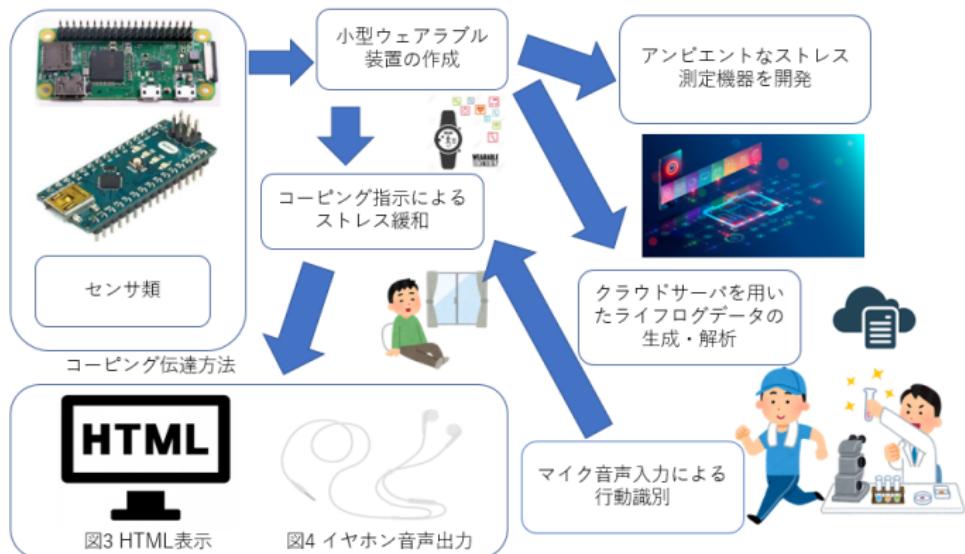
図2 長時間行動

## 1.2 本研究の目的

3/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

マイコンボードと多種多様なセンサを使用した小型化のウェアラブル装置を装着しコーピング指示を視覚と聴覚の2点から伝達することによりコーピング指示の正確性の向上、コーピング指示の見逃しを防止する。また、ウェアラブル装置のストレス測定とは別にストレスチェックシートに回答を行ってもらい中長期的にストレスがかかっている人は小型ウェアラブル装置で測定した際もストレスが上昇しやすいことを示すことを目的とする。



## 2.1 センサを用いたログ収集

4/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

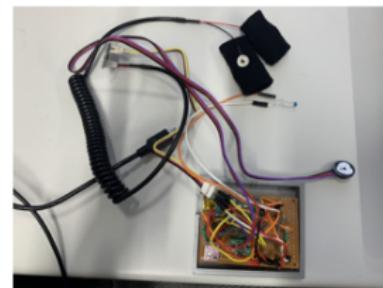


図5 小型センサ収集機器

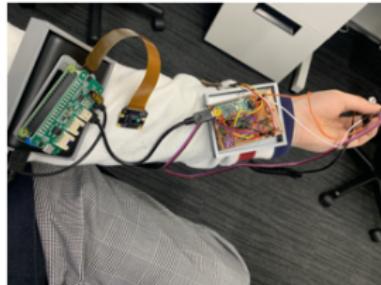


図6 装着時の様子

小型のウェアラブル装置には、様々なセンサを用いる。環境センサと生体センサにそれぞれのセンサを分類し、それぞれのセンサの値をウェアラブル装置上で収集してクラウドサーバ上でログデータを作成する。

### 使用するセンサ (18種類)

#### 環境センサ (15種類)

温度、湿度、気圧、照度、加速度(3軸)、角速度(3軸)、地磁気(3軸)、カメラ、Respeaker 2-Mics Pi HAT(音声入力用マイク)

#### 生体センサ (3種類)

体温、心拍、ガルバニック皮膚反応

表1 ライフログデータ作成

|                 |       |       |         |     |   |       |          |          |          |          |          |          |          |        |        |
|-----------------|-------|-------|---------|-----|---|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|--------|
| 2020/1/27 11:20 | 26.1  | 30.26 | 1019.12 | 673 | 1 | -0.24 | 3.737163 | 0.291588 | 0.112746 | 0.074083 | 0.0977   | 0.082328 | 0.125932 | 研究室    | rising |
| 2020/1/27 11:20 | 26.15 | 30.15 | 1019.09 | 672 | 1 | -0.24 | 2.653282 | 0.278585 | 0.115661 | 0.112319 | 0.343747 | 0.118182 | 0.153485 | game   |        |
| 2020/1/27 11:21 | 26.2  | 30.17 | 1019.05 | 664 | 1 | -0.25 | 1.309688 | 0.275254 | 0.127470 | 0.115343 | 0.321062 | 0.129888 | 0.148662 | game   |        |
| 2020/1/27 11:22 | 26.22 | 30.33 | 1019.05 | 668 | 1 | -0.25 | 1.097599 | 0.2290   | 0.113182 | 0.113315 | 0.129873 | 0.117799 | 0.145844 | 研究室    | game   |
| 2020/1/27 11:23 | 26.25 | 29.41 | 1019.02 | 665 | 1 | -0.25 | 3.611827 | 0.261717 | 0.165749 | 0.129734 | 0.324956 | 0.148611 | 0.178381 |        |        |
| 2020/1/27 11:23 | 26.23 | 29.24 | 1019.02 | 669 | 1 | -0.25 | 8.789317 | 0.261717 | 0.165749 | 0.129734 | 0.324956 | 0.148611 | 0.178381 | 研究室    | game   |
| 2020/1/27 11:24 | 26.27 | 30.36 | 1019.09 | 663 | 1 | -0.25 | 9.293944 | 0.261717 | 0.165749 | 0.129734 | 0.324956 | 0.148611 | 0.178381 | game   |        |
| 2020/1/27 11:25 | 26.29 | 29.9  | 1019.01 | 664 | 1 | -0.25 | 1.899337 | 0.262607 | 0.161051 | 0.11953  | 0.348881 | 0.219931 | 0.199519 | mirror |        |
| 2020/1/27 11:26 | 26.34 | 30.8  | 1019.05 | 663 | 1 | -0.25 | 1.736526 | 0.222524 | 0.117884 | 0.178951 | 0.177009 | 0.080301 | 0.130725 | table  |        |
| 2020/1/27 11:26 | 26.25 | 30.25 | 1018.96 | 664 | 1 | -0.25 | 1.684955 | 0.254244 | 0.157811 | 0.118312 | 0.342798 | 0.164059 | 0.182482 | light  |        |
| 2020/1/27 11:27 | 26.38 | 30.94 | 1018.94 | 665 | 1 | -0.25 | 3.682973 | 0.259447 | 0.141126 | 0.082392 | 0.132905 | 0.122897 | 0.169331 | 研究室    | table  |

## 2.2 ストレスコーピング理論

5/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

コーピングの種類は大きく分けて 3 つ存在し、問題焦点型コーピング、情動焦点型コーピング、ストレス解消型コーピングの 3 種類である。本研究で使用するコーピング手法は、問題焦点型コーピングである。この手法は、ストレスの原因となっているものを根本的に取り除き、自身の努力や周囲の協力によって解決や対策に取り組む。

### 問題焦点型コーピング

・・・ストレスの原因そのものを取り除く方法

- ・問題焦点型・・・直面している問題解決にむけて、情報収集、計画立案、行動
- ・社会的支援探索型・・・上司・同僚・家族・友人などに相談したり、アドバイスを求める

### 情動焦点型コーピング

・・・ストレスの原因に対する考え方を変える方法

- ・直面している問題に対して、見方や発想を変え、新しい適応の方法を探す

### ストレス解消型コーピング

・・・ストレスによって引き起こされた怒りや不安などを取り除く方法

- ・気晴らし型・・・運動、カラオケ、趣味、旅行など
- ・情動表出型・・・感情を表に出したり、誰かに聞いてもらうなど
- ・リラクゼーション型・・・呼吸法、自律訓練法、ヨガ、アロマなど

## 2.3 ウェーブレット変換によるストレス値算出

6/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

心拍変動時系列データからパワースペクトルを算出する手法として、連続ウェーブレット変換 (CWT) を適用する。連続ウェーブレット変換と高速フーリエ変換 (FFT) を比較すると連続ウェーブレット変換の方が時間領域を考慮しているため、ストレス値のばらつきをより大きく表現できた。

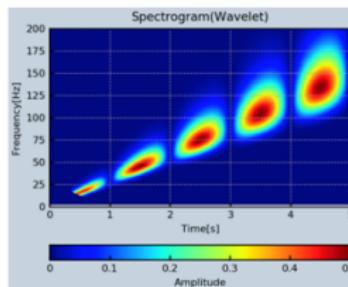


図7 ウェーブレット変換

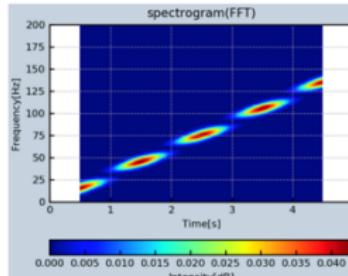


図8 高速フーリエ変換 (FFT)

ウェーブレット変換一般式は、  
以下のような式となる。

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

基本ウェーブレットとしては  
ガボールウェーブレット式を  
使用する。

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

説明変数

$x(t)$  は解析対象となる信号  
 $\psi$  は基本ウェーブレット  
 $a$  はスケールパラメータ、  
 $b$  はシフトパラメータ  
 $\omega_0$  は定数

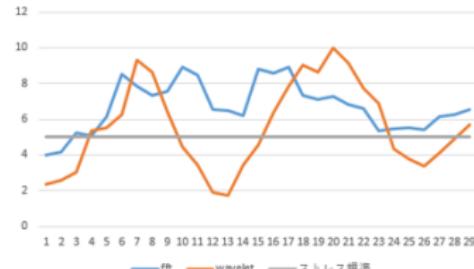


図9 FFTとCWTのストレス値比較

## 3.1 健康・衛生管理のためのストレスチェック

7/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

ストレスチェックは、2015年12月1日より「労働安全衛生法」が改正され、労働者が50人以上いる事業場では毎年最低1回「ストレスチェック」を全ての働く人に対して実施することが義務づけられた。ストレスチェックをしたうえで結果により高ストレス者と判断された場合には、医師からの面接指導を受けたりすることが可能である。

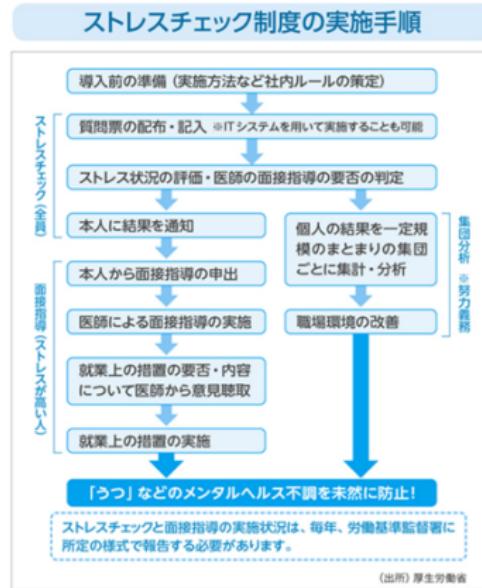


図10 ストレスチェック制度

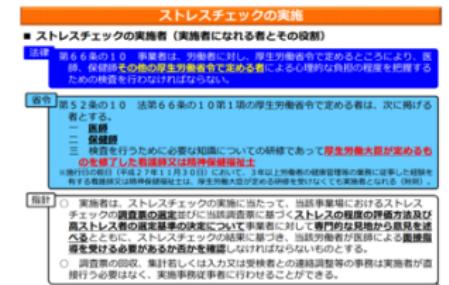


図11 ストレスチェック義務

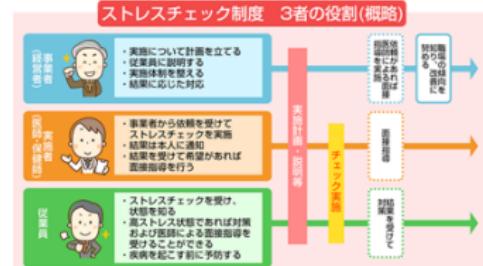


図12 3者の役割

## 3.2 中長期ストレスの認知のためのストレスチェックシート

8/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

ストレスチェックシートは、2021年富山県立大学の教職員に対して行われた公立学校共済組合-心のセルフチェックシステムの質問内容を参考にさせていただき、全57問あるストレスチェックシートをGoogle Formを用いて作成し、大きく7つの項目に分類して項目ごとの質問が分かりやすいように作成した。

| 職業性ストレスチェック調査票                              |                               |     |    |      |     |
|---|-------------------------------|-----|----|------|-----|
| A あなたの仕事についてうかがいます。<br>最もあてはまるものに○を付けてください。 |                               |     |    |      |     |
|   | そうだ                           | そうだ | まあ | ちやがや | ちがう |
| 1.  | 非常にたくさんの仕事をしなければならない          | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 2.  | 時間内に仕事が処理しきれない                | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 3.  | 一生懸命働かなければならぬ                 | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 4.  | かなり注意を集中する必要がある               | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 5.  | 高度の知識や技術が必要なむずかしい仕事だ          | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 6.  | 勤務時間中はいつも仕事をのことを考えていなければならない  | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 7.  | からだを大変よく使う仕事だ                 | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 8.  | 自分のペースで仕事ができる                 | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 9.  | 自分で仕事の順番・やり方を決めることができる        | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 10.   | 職場の仕事の方針に自分の意見を反映できる          | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 11.   | 自分の技能や知識を仕事で使うことが少ない          | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 12.   | 私の部署内で意見のくい違いがある              | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 13.   | 私の部署と他の部署とはうまくが合わない           | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 14.   | 私の職場の雰囲気は友好的である               | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 15.   | 私の職場の作業環境(騒音、照明、温度、換気など)はよくない | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 16.   | 仕事の内容は自分にあってる                 | 1   | 2  | 3    | 4   |
| 17.   | 働きがいのある仕事だ                    | 1   | 2  | 3    | 4   |

図13 職業性ストレスチェックシート



図14 合計点表

項目ごとの点数を割合で表示



図15 レーダーチャート

### 3.3 マンマシンシステムにおけるストレスコーピング

9/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

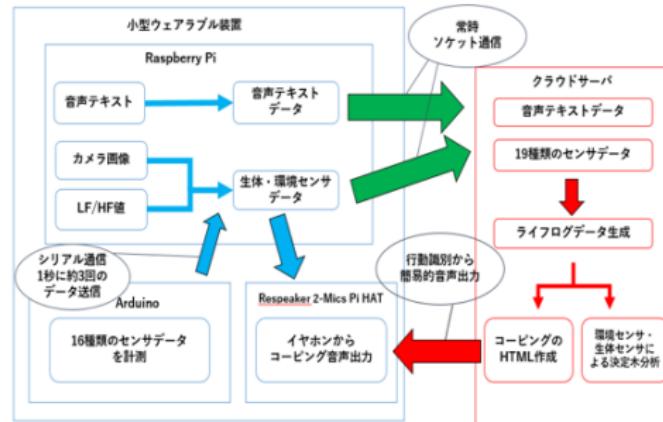


図16 提案手法流れ

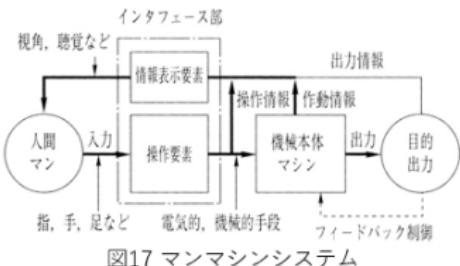


図17 マンマシンシステム



図18 マンマシンシステム関係性

マンマシンシステムとは、機械システムとそれを操作する人間とが有機的につなげられた1つのシステムのことを指す。マンマシンシステムは、航空機、自動車など身近なものが多くの挙げられる。このような人間の操作により制御されるシステムは、いかに効率的かつ安全なマンマシン系を設計するかが重要となる。

## 4.1 生体センサの小型化

10/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

ウェアラブル装置を装着した際にストレス負荷がかかってしまうことを軽減するためには Arduino nano とセンサを配線する時にブレッドボードを用いずユニバーサル基板を使用してウェアラブル装置のサイズをコンパクトなものにした。また、Raspberry Pi とユニバーサル基板にはんだ付けした Arduino とセンサでは装着することは難しいので、3D プリンタによるケース作成を行い身体に装着しやすい形にした。

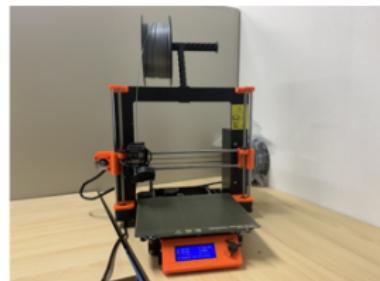


図19 3Dプリンタ

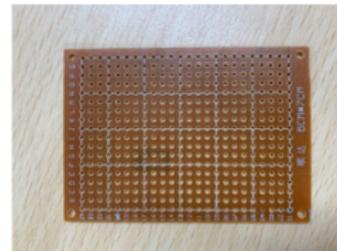


図20 ユニバーサル基板

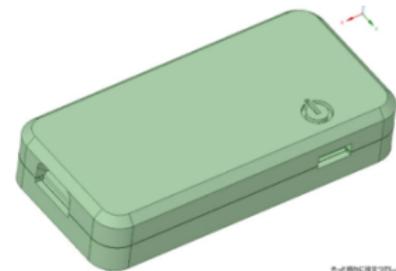


図21 Raspberry Pi Zero WHのケース



図22 自作のケース

## 4.2 コーピングの内容決定と音声・画像の出力

11/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

コーピング指示は、コーピング HTML とイヤホン出力の 2 つから行う。コーピング HTML は、クラウドサーバに送られてきたログデータ、音声テキストデータを参照し作成するものとする。また、ユーザが更新するのではなく自動的に更新されるようにした。そして、イヤホンからの音声出力はコーピング指示を簡易的に伝わりやすいものを作成した。

表2 コーピング指示の作成

| 行動識別 | Cope2         | Cope3        |
|------|---------------|--------------|
| パソコン | ‘コンピュータ操作により’ | ‘目を休めてください’  |
| 会議中  | ‘会議中なので’      | ‘深呼吸してください’  |
| 運動   | ‘疲れているので’     | ‘少し休憩しましょう’  |
| 休憩   | ‘休憩だけど’       | ‘負荷がかかってます’  |
| …    | …             | …            |
| 不明、他 | ‘その他の行動により’   | ‘行動変化をしましょう’ |

Today :2022-01-27 11:36:33

場所 :廊下

状況 :ウォーキング

経過時間 :0 days 00:20:33

ストレス予測値 :2.51 / 状態 :注意

指令 :警告 :危機が迫っている  
しないでください



図23 コーピングHTMLの作成

表3 行動時間によるコーピング

| 行動経過時間 | ストレス状態 | Cope    | Cope1      |
|--------|--------|---------|------------|
| 45 分以上 | 要注意    | コーピング指令 | ‘長時間行動なので’ |
|        | 注意     | コーピング指令 | ‘長時間行動なので’ |
|        | 良好     | 警告文     | なし         |
| 45 分以下 | 要注意    | コーピング指令 | ‘短時間行動だから’ |
|        | 注意     | 警告文     | なし         |
|        | 良好     | コーピングなし | なし         |



図24 ストレス状態イラスト

## 4.3 提案手法のアルゴリズム

12/15

### 動画

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

## 5.1 数値実験の概要

13/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

数値実験では、被験者を3人としてストレス測定を行う。短期ストレス測定は小型ウェアラブル装置での行動識別を含んだストレス測定、中長期ストレス測定ではストレスチェックシートを用いたストレス測定を行う。そして、短期ストレスはコーピング指示の出た回数、中長期ストレスはストレスチェックシートの合計点数でストレス負荷の評価を行う。それぞれをストレスの高い順に順位付けをし比較する。

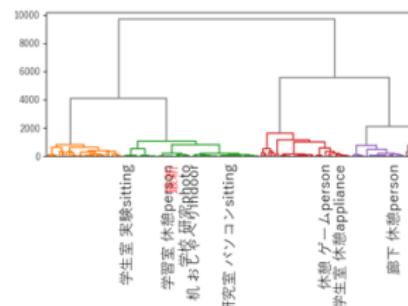


図25 デンドログラム

表4 マイクラベル

|                     |     |        |
|---------------------|-----|--------|
| 2022/01/20_11:42:13 | 研究室 | パソコン作業 |
| 2022/01/20_11:54:37 | 研究室 | 休憩     |
| 2022/01/20_12:03:05 | 研究室 | 話し合い   |
| 2022/01/20_13:49:53 | 廊下  | ウォーキング |
| 2022/01/20_14:26:12 | 研究室 | パソコン作業 |
| 2022/01/20_14:43:30 | 研究室 | 課題     |

表5 ストレスチェックシート合計点数

| 項目   | 研究1 | 研究2 | 気分1 | 気分2 | 体調 | 支援 | 満足度 | 総計  |
|------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|
| 被験者A | 35  | 15  | 24  | 26  | 19 | 19 | 3   | 141 |
| 被験者B | 28  | 14  | 26  | 20  | 22 | 13 | 3   | 126 |
| 被験者C | 27  | 14  | 20  | 19  | 14 | 16 | 4   | 114 |

## 5.2 実験結果の考察

14/15

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

数値実験での被験者 3 人をそれぞれ A, B, C として短期ストレスと中長期ストレスの結果をそれぞれ比較したところ、以下のような結果が得られた。ストレス負荷の順位としては、短期ストレス、中長期ストレスのどちらとも A, B, C の順番でストレス負荷が高いという結果になった。

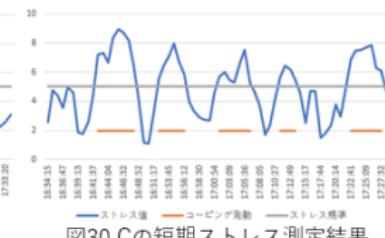
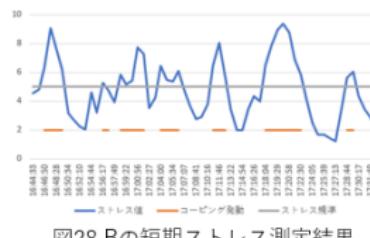
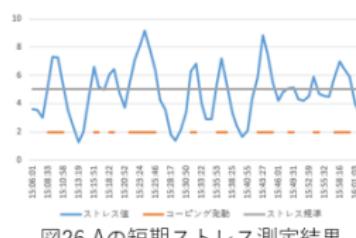


図27 Aの中長期ストレス測定結果

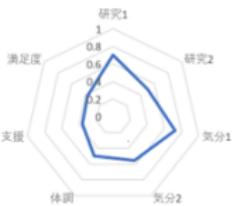


図29 Bの中長期ストレス測定結果



図31 Cの中長期ストレス測定結果

1. はじめに
2. 行動識別を用いたストレスコーピング
3. アンビエントインテリジェンスとストレスコーピング
4. 提案手法
5. 数値実験並びに考察
6. おわりに

## おわりに

**小型ウェアラブル装置を作成してストレス測定を行い、コーピング指示を行うことによりストレス値を減少させるシステムを開発した**

- コーピング指示を視覚と聴覚の2点から行い、コーピング伝達の正確性、コーピング指示の見逃し防止をすることができた。
- 高速フーリエ変換と連続ウェーブレット変換でのストレス値の比較を行い、高速フーリエ変換よりも連続ウェーブレット変換の方がストレス値に高低差を出すことができた。

## 今後の課題

- 数値実験の被験者が今回は3人だったためもう少し人数を増やしたうえでの短期ストレスと中長期ストレスを比較すること
- 3Dプリンタなどを用いればよりコンパクトなサイズにすることは可能だと思うので小型ウェアラブルセンサの装着の仕方の追求
- 今回は自身の音声でコーピング音声出力を行ったため音声出力コーピングの複数人の声での検証が必要