

## 14 心拍信号を利用したアート作品の制作

橋本佳太，福田陸斗

指導教員 菅野研一

### 1. 研究の背景と目的

情報技術に詳しくない人に興味を持ってもらうために何か作品を作りたいと思った。そのためには見てわかりやすく、感覚に訴えるものを作りたい。そこで、自分自身の心拍を利用したアートを産技短展などで体験してもらうことによって、興味を持ってもらえるのではないかと考えた。

### 2. 研究概要

#### 2.1 作品概要

今回私たちが制作した作品は、心拍センサを用いて読み取った心拍値を使用して、テープ LED から光を出力するというものである。また心拍センサを 2 台用意し、2 人同時に心拍を計測してもらうことで 2 人の心拍の類似度を求め、類似度によって光の演出を変化させる。

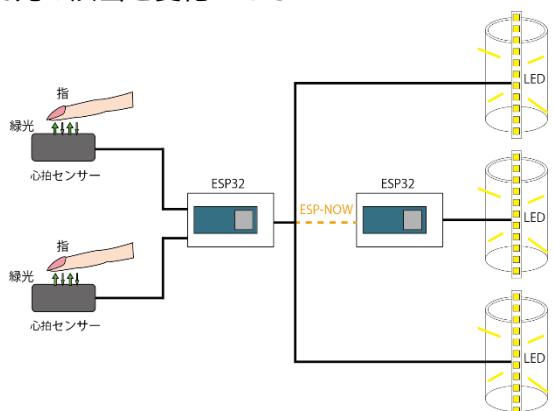


図 1 システム構成図

#### 2.2 開発環境

##### 2.2.1 ソフトウェア

Arduino-IDE

Arduino の統合開発環境の代表格。エディター(編集画面)、コンパイラ、sketch の転送(ハードウェアへのファームウェア転送)機

能などを含む。[1]

#### 2.2.2 ハードウェア

ESPr Developer 32

今回は無線通信を使用するので、Espressif Systems の無線通信モジュール(Wi-Fi + Bluetooth) ESP-WROOM-32 を搭載している ESPr Developer32 を使用した。[2]

#### 2.3 使用部品

##### 心拍センサ

指先を光センサ部に置いて、心拍をアナログ出力するセンサデバイスである。心拍は血管内のヘモグロビンが緑光を吸収する変化をとらえることで計測している。[3]

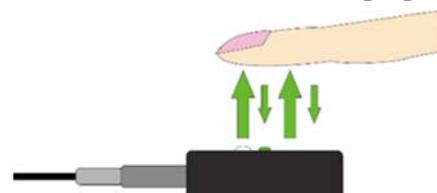


図 2 心拍センサの仕組み

##### 心拍センサ用ケース

心拍センサは外光を遮ることできれいに心拍を測定できるので、3D プリンターでケースを作成した。



図 3 心拍センサ用ケース

##### テープ LED

テープ LED は NeoPixel 対応のものを使用した。

これはシリアル伝送により個々の LED の色・明るさを制御できる .[4]

### アクリル円筒

大きさは直径 250mm , 高さ 1m . テープ LED を貼り , 心拍を表現するオブジェクトとして使用した . また , 光をきれいに見せるために外側に布とビニールを巻いた .

### ケーブル類

心拍センサ用ステレオミニジャックケーブル , テープ LED 用プラグを自作した .

### 3. 制作物

入力側は心拍センサがケースに入っており , 指を入れれば計測できるようになっている . 出力側は心拍に合わせた光が使用しているセンサ正面の円筒に出力されるようになっている . また , 中央の円筒には 2 人の心拍が一致した際の演出 , 2 人の相性度に合わせた演出が出力されるようになっている .



図 4 制作物

## 4. データの流れ

### 4.1 両端の円筒

センサから受け取ったデータを esp32 で

LED 用の値に変換して , LED を制御する .

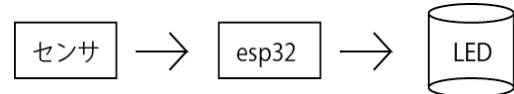


図 5 データの流れ図

### 4.2 中央の円筒

2 台のセンサから受け取ったデータを esp32 で一致処理を行い , それに応じたデータをもう 1 台の esp32 に無線で送信する .

受信側は送られてきたデータに応じた LED の制御を行う .



図 6 データの流れ図

## 5. 心拍について

### 5.1 心拍の取得

サンプリング周期 7ms で心拍の取得を行う .

心拍センサから取得した値ではノイズが含まれていたため , MovingAverage ライブライ ( 移動平均 ) を使用し , 値を整形した .

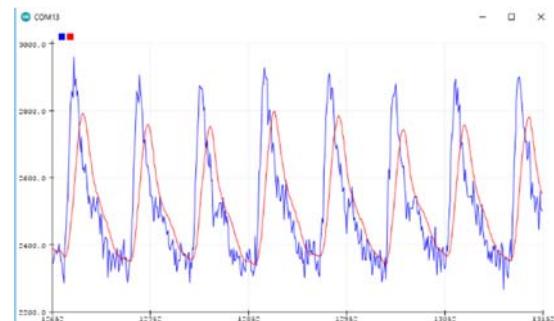


図 7 心拍信号を波形表示したもの

青 : 整形前 赤 : 整形後

### 5.2 波の識別

心拍の波を検出するために閾値を設定した。閾値より小さい値から閾値を超えたら波とする . 個人によって波の大きさに違いがあるので閾値を個人別に設定した。閾値の設定方法はデータ 50 個ごとの最小値と最大値を

使い、波の中間値を閾値に設定している。

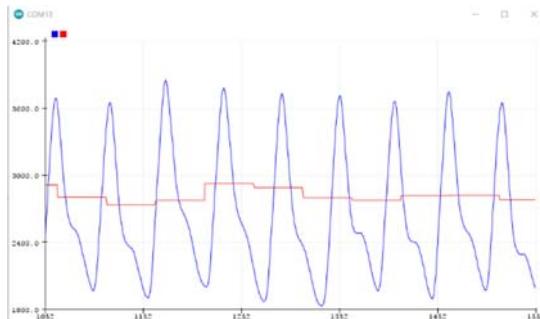


図8 心拍の波と閾値

赤：閾値 青：心拍値

また、ノイズを波と判定しないように波の間隔についても閾値を設定した。波と波の間隔が 500ms 以上 1200ms 以下のとき波とみなす。

## 6. 2人の心拍データの処理

### 6.1 心拍一致時の処理

以下の 3 つの条件に当てはまる時、心拍が一致したとみなすこととした。

- I. センサが 2 台とも波を検知しているとき
- II. センサの電圧値が一致したとき
- III. データ送信後 3 秒以上時間経過しているとき

この条件がそろったとき、一致したことを LED 制御側の esp32 に送信する。

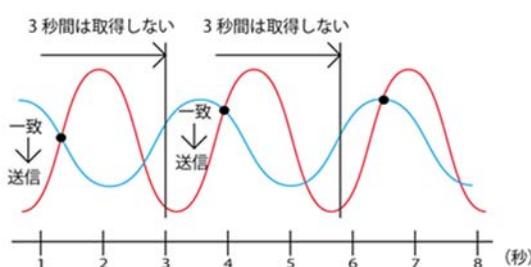


図9 心拍一致時イメージ

### 6.2 一致度判定処理

センサ 2 台とも波を検知していたとき、心拍データの収集を開始する。心拍データが 1000 個になったら、一致度判定を行う。一致度の算出はユークリッド距離の式(1)を使用した。

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2} \quad (1)$$

値を求め次第、データを送信する。

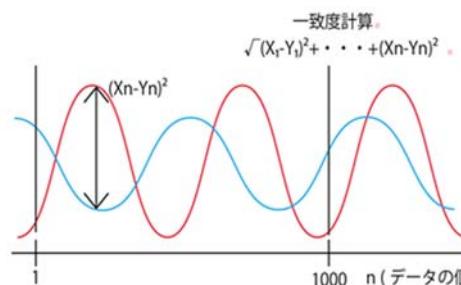


図10 一致度算出イメージ

## 7. ハードウェアの製作

### 7.1 使用ライブラリ

LED の制御には送信機側では Adafruit\_NeoPixel、受信機側では FastLED を使用した。両ライブラリとも NeoPixel というフルカラーLED の制御を行う。基本的には Adafruit\_NeoPixel ライブラリを使用しているが、グラデーションの作成のために FastLED ライブラリを使用した。

### 7.2 両端の円筒

心拍の波の間隔によって色を変更するようにした。色の変化は以下のとおりである。

- |                    |   |
|--------------------|---|
| I. BPM90 以上        | 赤 |
| II. BPM60 以上、90 以下 | 緑 |
| III. BPM60 以下      | 青 |

### 7.3 中央の円筒

#### 7.3.1 心拍一致時

ランダムで値を生成し、その値を使用して、位置・色を変化させ 500ms 間点滅させる。

#### 7.3.2 一致度判定時

6.2 で求めた値を使用する。一致度が高い順に以下のように色が変化する。

- I. 虹
- II. 赤
- III. 黄色
- IV. 緑
- V. 青
- VI. 紫

これらの色はすべてグラデーションになっている。グラデーションの作成には

FastLED ライブライアリの Gradient color palettes[5]を使用している。これにより好きな色のグラデーションの作成ができる。

## 8. 通信

### 8.1 ESP-NOW

一致処理時に中央の円筒にデータを送信する無線通信には ESP-NOW というプロトコルを採用した。特徴として MAC アドレスのみで ESP32 同士を通信できること、通信時間がとても高速で遅延が少ないとことなどがある。今回は簡単でなおかつ高速なことから ESP-NOW を使用することにした。[6]

### 8.2 データ送信

データの中身は判定によって 1~7 のいずれかの値になる。受信側がその値に対応した LED 制御を行う。

## 9. 終わりに

本研究では心拍を用いたアート作品の制作を行った。本研究を通して生体データを扱うことの難しさを痛感した。

温度・光量・人・指の置き方など様々な要因が関係して、心拍の波を検出することが難しかった。しかし、平均化・ケースの作成・閾値を設定することにより、心拍の波を検出することができた。

心拍を LED を用いて表すことで、目で見てわかりやすい作品を制作することができた。産技短展などで展示した際は体験してほしい。

## 10. 参考文献

### [ 1 ] Arduino IDE

[https://ja.wikipedia.org/wiki/Arduino#Arduino\\_IDE](https://ja.wikipedia.org/wiki/Arduino#Arduino_IDE)

### [ 2 ] ESP32 Developer

<https://www.switch-science.com/catalog/3210/>

### [ 3 ] 脈波センサ JACK デバイス - PULSE02-JACK

<https://www.switch-science.com/catalog/3957/>

### [ 4 ] SK6812 使用マイコン内蔵フルカラー テープ LED 1m 30LED IP65

<https://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-13254/>

### [ 5 ] Gradient color palettes

<https://github.com/FastLED/FastLED/wiki/Gradient-color-palettes>

### [ 6 ] ESP-NOW

[https://docs.espressif.com/projects/espidf/en/latest/esp32/api-reference/network/esp\\_now.html](https://docs.espressif.com/projects/espidf/en/latest/esp32/api-reference/network/esp_now.html)