

作品紹介

グループワークで、「音楽を手で感じる、そして自由自在に操作する」ということをテーマにして、下記のようなものを作成した。WAV ファイルを入力し、それに合わせ力覚を回転運動としてマウスに与えるというものである。

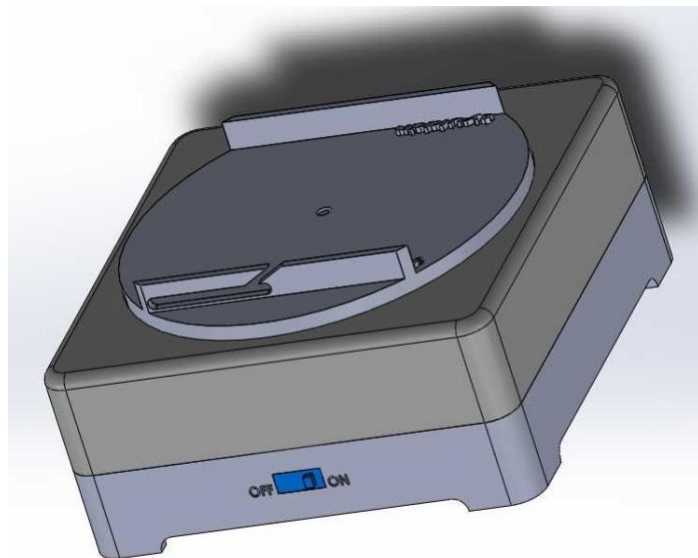


図 1：CAD データによる作品紹介



図 2：実際に作成したもの

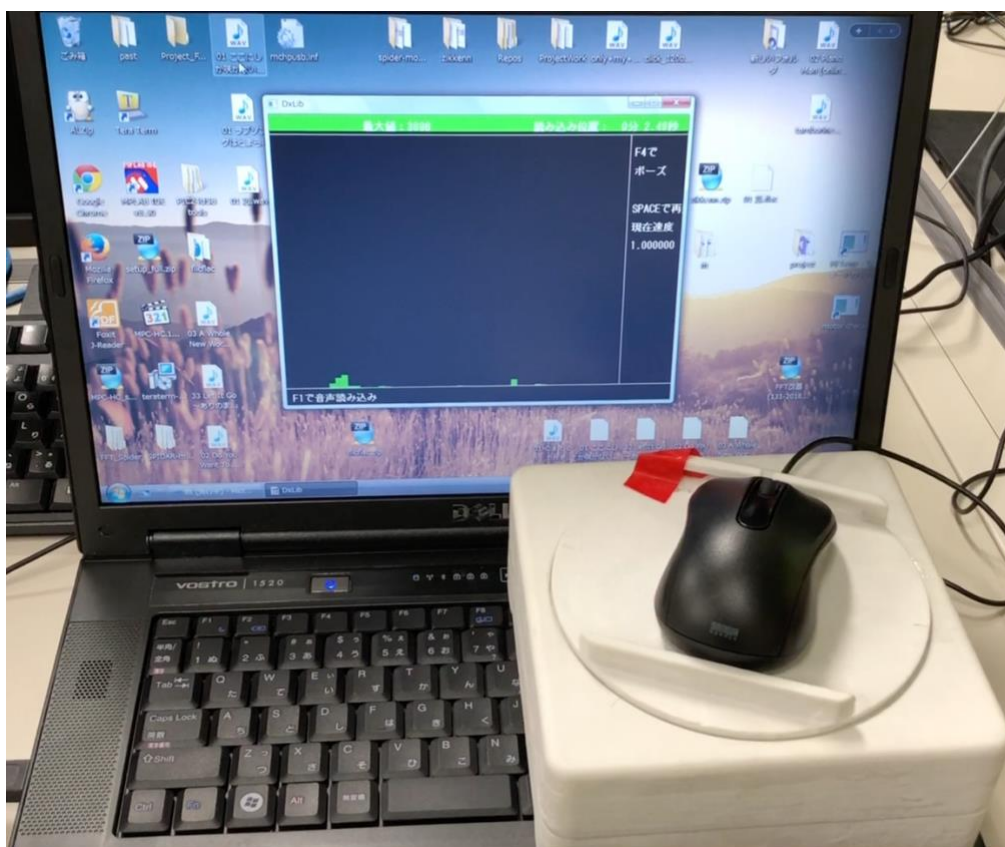


図 3：動作画面

画面にはスペクトルモニタが表示されている。また、マウスの下にある機械にモータがついており、丸型のパーツが紐に引っ張られて回転することによって間接的にマウスに力が与えられる。

また、マウスの初期位置として「円の中心」を想定している。このときには、音楽の倍率は 1.0 倍になり、通常のスピードの音楽が再生される。

一方で、マウスが円の中心より左に行った場合には、曲が遅く、またマウスが円の中心より右に行った場合には曲が早くなるように、プログラムをした。

これによって、曲を操作するということを可能にした。

なお、実際に動いている様子は以下の URL に記す。

<https://youtu.be/oFk4WLa7cAs>

次のページ以降に、この作品の詳細を記した報告書を添付する。

なお、報告書に記載されている通り、私はプログラム部分を主に担当し、記載されているプログラムを作成した。

1. 作成の背景と目標

私の出身した小山工業高等専門学校電気電子創造工学科 4 年次の科目として、「エレクトロニクス・デザイン」という科目がある。この科目において求められたことは、「グループに分かれ、SpiderMouse^[1]を使ってなにかをテーマにした力覚デバイスを作成せよ」ということであった。なお、パーツの作成手段として、「3D プリンタ」を使用することは許可されていた。

そこで私達の班は、「音楽を手で感じる、そして自由自在に操作する」をテーマにして作成を行った。

2. システムの概要

目的を達成するために、下記のようなシステムを考える。



図4：本研究の構成

入力として Wave ファイルを与える。それに対して短時間離散フーリエ変換を行い、そこから演算した結果を加工し、スパイダーマウスで出力を行う。

3. 班員の役割

フレーム設計・作成：〇〇、〇〇

回路作成：〇〇

プログラム作成・実装：麦倉柊太、〇〇

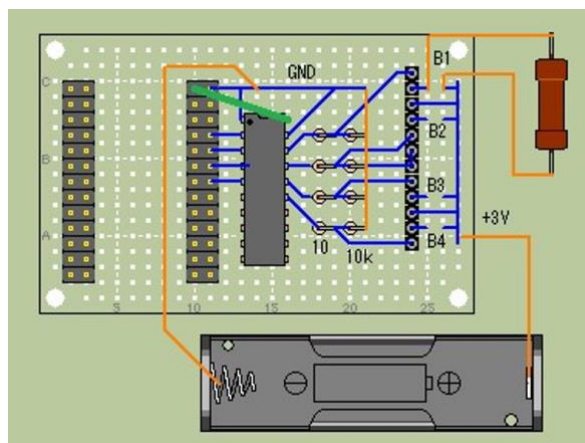
なお、回路の設計は全員で行った後に、最も良いと思われるアーキテクチャのものを採用した。

4. 回路の作成

班員全員が回路をそれぞれ作成し、班員同士で評価を行った。そして、最も評

価が高かったものを採用した。

最終的に採用した回路は下記のようなものである。



B1,B2,B3,B4 はモータが接続される

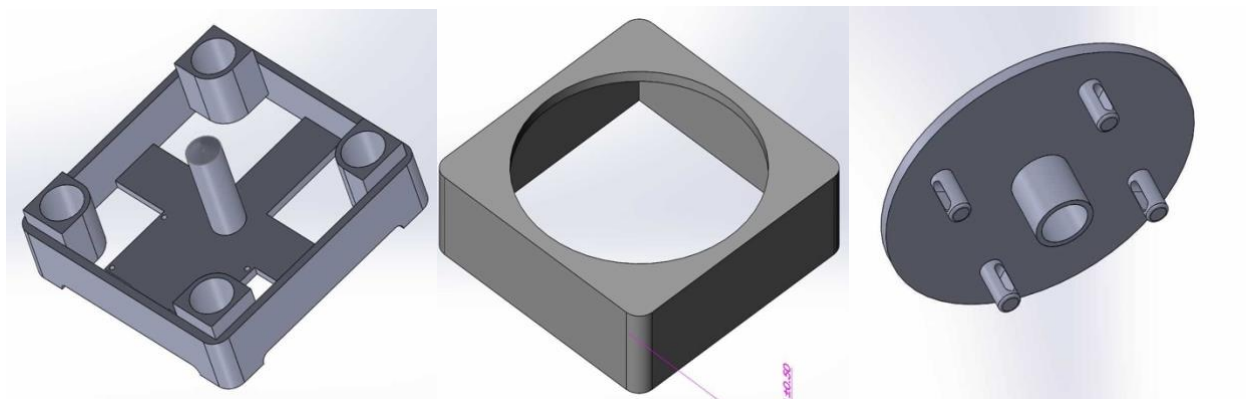
図 5 : SpiderMouse の回路

この回路の作成の際には、「配線距離を短くすることによってノイズ対策を行う」ということと、「視認性を高くすることで検査をしやすくする」ということに着眼をおいた。

5. 作成したフレームと組立方法

5.1 作成した部品

筐体の部品として、CAD を用いて図 6 に示すような部品を作成した。これ



は、音楽という観点から、「DJ」のディスクプレートをイメージしている。なお、実物の作成には 3D プリンターを用いた。

(a) パーツ(土台)

(b) パーツ(接合部)

(c) パーツ(円盤)

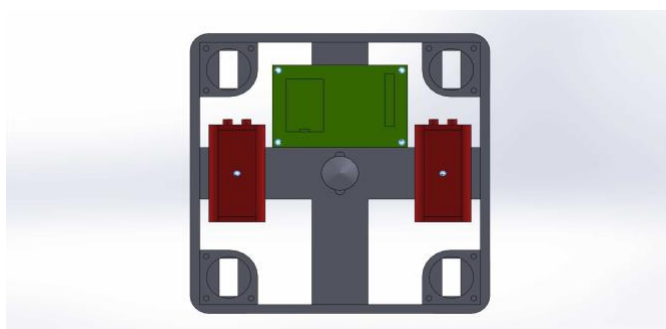
図 6：作成したフレーム

5.2 組立方法

5.1 で作成した部品に加え、市販の「電池ボックス」「モータ」、また、4 で設計を行った「回路」を加えることで、下記の手順に沿って組み立てを行う。

- ① 電池ボックス、回路基板をボックスパーツへ図 7 のように配置

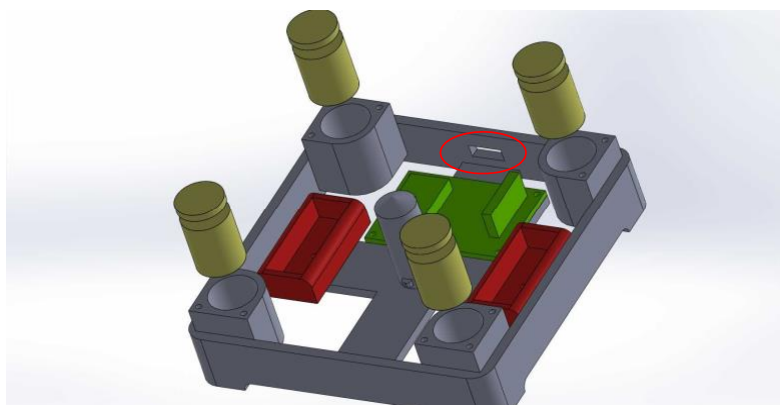
し、水色の丸部分を 3mm のネジ・ナットで留める。



赤：電池ボックス 緑：回路

図 7：組み立て①

② モーターをボックスパーツの各穴に差し込む。この際、モーターの下部から出ている導線を長方形の穴から通し、回路から出ている導線とはんだ付けする。さらに、スイッチを図 8 の長方形の穴（赤い丸で囲んだ場所）にはめ込む



黄色：モータ

図 8：組み立て②

③ ディスクパーツと蓋パーツを図9の順番で積む。ディスクパーツの穴にボックスパーツの突起をはめるように乗せる。しかし、その前に、図10の水色の線のように糸を結んでおく。

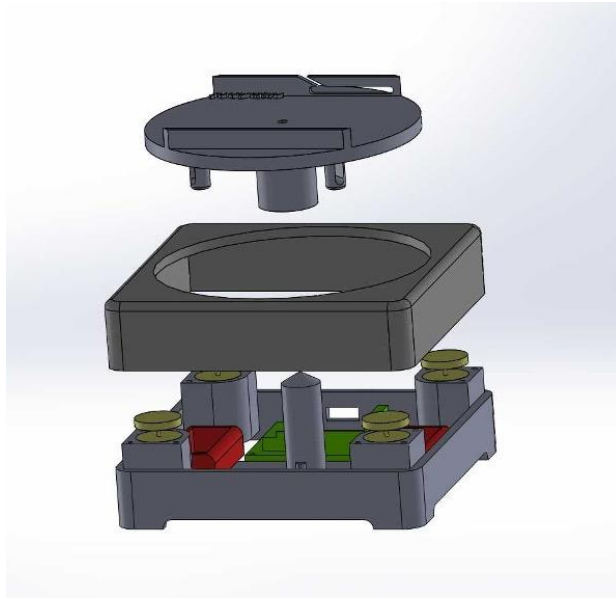


図9：組み立て③

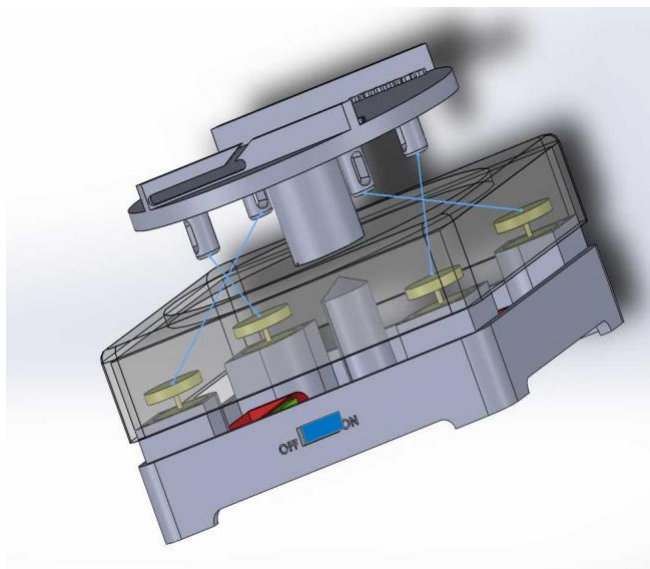


図10：組み立て③の時の紐の結び方

- ④ 上記の手順を踏んで組み立てれば、図 11 のようになる。

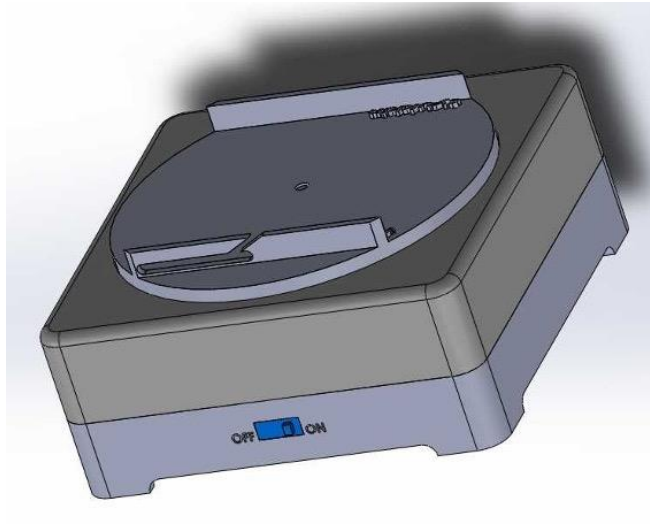


図 11：完成図

6. プログラムの作成

今回は、使用環境として Visual Studio を想定した。また、C++を使用して作成を行った。なお、モータへの出力は配布されたヘッダーファイルである、「Spidermouse.h」と「Spidermouse.dll」^[1]を使用した。また、画面への表示はDxLib^[2]を用いた。

このヘッダーファイルでは、

SetDutyOnCh(Motor1 の力, Motor2 の力, Motor3 の力, Motor4 の力, 力を出す継続時間); という関数が定義されている。これを用いることで、それぞれの

モータに値を与えることができる。それぞれのモータの力の大きさは 0 から 1 の大きさで与える必要がある。

音楽から力覚を作成する際に必要なことが、「音楽からリズムを抽出する」ことである。そこで今回は「低音にリズム成分が多く現れている」という仮定を行った。このような仮定を行ったのは、下記の理由による。

実際に曲に合わせスペクトルモニタを表示させた結果、私達がリズムと感じたタイミングで、低音成分のスペクトルが良く振動したため、低音にリズム成分が現れると考えたためである。

この理由として、リズム成分は曲において「ドラム」が、そしてその中でも低音である「バスドラム」がリズムの 1 要素である「テンポ」を司っている場合が多いためだと考えられる。

よって、図 12 のような流れでモータへの出力を行う。

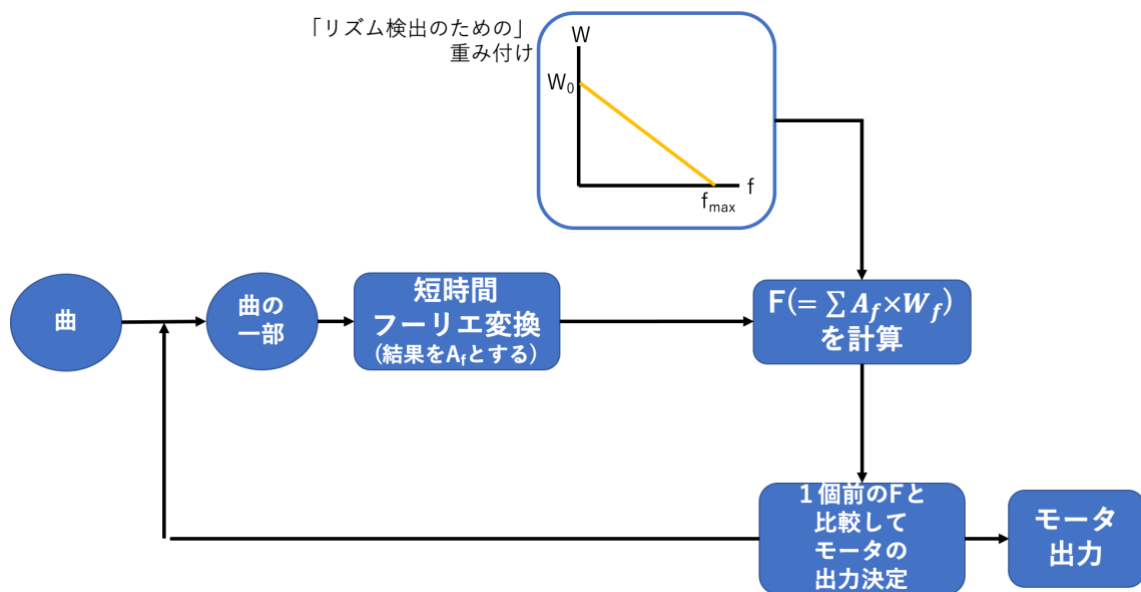


図 12：曲から出力情報の抽出

以上のことに基づいて、今回作成したプログラムは下記のとおりである。

- ① Top.cpp トップ画面
- ② fftmain.cpp 曲を読み取り、モータへの出力信号を作成する
- ③ getwavdata.cpp 曲の情報を取得する
- ④ rft.cpp 短時間離散フーリエ変換を行う
- ⑤ changespeed.cpp 曲の速度を制御するプログラム
- ⑥ main.h 使用するライブラリなどをまとめて宣言する
- ⑦ draw.cpp 画面への出力を行うプログラム

7. 結果

以下の URL に示すようなものを作成することができた(作品紹介の URL と同一のものである)。

<https://youtu.be/oFk4WLa7cAs>

https://youtu.be/kn_JPeXoLXc

任意の曲に対して、力覚を感じさせるようなデバイスを作成することができた。

「低音にリズム成分が多く含まれている」という仮定を行うことによって、特にバスドラムが含まれている曲に関しては適切にリズムを示すことができた。

8. 今後の課題

結果に記した通り、任意の曲に対してリズムを伝えるデバイスを作成することができた。

しかしその一方で課題も多く見つかった。主な課題は下記の 3 つである。

1 つ目が、手をおいた時にモータのトルクが足りず、回りきらない場合があったり、手の力を相当弱くしないと回らない場合があったりするということだ。今回の実験の要求仕様がかなり厳しかったため今回のような結果になったが、ト

ルクなどが強いモータなどを用いるなど、要求が緩かった場合には改良の余地は数多くあるだろう。

2つめが、モータの設置箇所を考えたときに、円盤を最大でも 90 度しか回せなく、比較的微小な運動になってしまったことも課題であろう。モータの数を増やし、回転方向だけでなく上下などもうまく利用することができるようにするなど、要求が緩ければ工夫をする余地もあったであろう。今回の実験では、モータを 4 つまでしか使用できなかったためこのような結果になったが、モータの数を増やすことができる場合、更に工夫をすることができる。

3つ目が、音声と動きにややラグが生じてしまうということだ。今回用いている手法が「糸を引っ張る」であるため、動作が音声よりも比較的遅くなってしまう。ここに関しても改良手段を考える必要があるだろう。例えば、モータの動作信号を、音声の出力よりやや早く出力するなどの手法が考えられる。

参考文献

- [1] 一色正晴 林理平, 赤羽克仁, 佐藤誠(2010) 「User Generated Haptic Device, SPIDAR-mouse の開発」『情報処理学会 インタラクシヨン 2010』 pp.55-

- [2] “D Xライブラリ置き場 HOME” <https://dxlib.xsrv.jp/> (最終閲覧：2020年7月10日)