

難聴の人も楽しめるピアノ Spot の開発

2年C組 森田 湊

指導教員 田中 海

1. 要約

本研究では、難聴の人でもピアノの音色を楽しめる電子ピアノ（以下「Spot」 ※sound piano of transcends の略）の開発に取り組んだ。難聴を患っている人は音が聞こえない、または聞こえにくいいため、振動によって音を伝えようと考えた。そこで、Arduino を用いて振動モーターから出る振動で音を伝えようと考えた。また、聴者でも聾者でもピアノを楽しめるように、音と振動のどちらも出力しようと考えた。さらに、いつでもどこでも Spot を楽しんでもらいたいため、鍵盤の数を減らし、持ち運びができるようにした。

キーワード：電子ピアノ、振動モーター、Spot、Arduino

2. 研究の背景と目的

僕は自分が通っている中学校（奈良女子大学附属中等教育学校）での学園祭で聾学校の人たちが訪れた際、耳が聞こえないことの大変さを知り、このような方たちにもピアノの面白さ、楽しさを伝えたいと思った。僕は、幼いころからピアノを習っていたため、ある程度ピアノの知識があり、また、ピアノを演奏する面白さや楽しさを十分わかっているため、Spotの開発に取り組んだ。しかし、ピアノの構造や難聴についての知識があまり無かったため、その知識を得ようと考えた。

調べていくと、ピアノのアクション機構（鍵盤を押すとハンマーが動く機構）の中の一つに、「ダブルエスケープメント機構」というものが存在することが分かった。これは、レペティションレバー（ハンマーが再び完全に戻る前に再び発射できるようにする部品）によって、鍵盤を少し戻しただけで再度ハンマーが動くため、素早い連打が可能になる機能だ。しかし、この機能はグラン

ドピアノのみにしか搭載されていないため、Spotにもこの機能を実装しようと考えた。また、Spotはよりピアノに近い楽器にしたいため3Dプリンターを用いてハンマーの部分を作成しタクトスイッチをたたくような仕組みにしようと考えた。

難聴について調べてみると、難聴には、外耳や中耳、内耳、脳などの異常がある部位の違いによって、伝音難聴、感音難聴、混合性難聴の3種類あることが分かった。伝音難聴は、外耳や中耳に異常があり、音が聞こえにくい状態のこと。感音難聴は、内耳、蝸牛神経、脳に異常があり、音だけでなく言葉も聞こえづらくなる状態のこと。混合性難聴は伝音難聴と感音難聴が混在した状態のこと。また、難聴の程度は4段階で分けられ、軽度、中等度、高度、重度があることが分かった。

このような様々な種類、程度の難聴の方たちを救うために振動によって音のメロディを伝える、音の壁を越えたピアノ、

Spot の開発に取り組んだ。

騒音の程度	聴力レベル (HL)	日常生活での聞こえ方の状態
正常		● 特に不便を感じない
軽度	25dB	● しばしば聞き返すことがある ● 小さな声やささやき声が聞き取りにくい
中等度	40dB	● テレビの音が大きすぎると注意される ● しっかり聞こえていないのにわかったふりをする
高度	70dB	● 大きな声でないと聞き取りにくい ● 電話の音が聞き取りにくい
重度	90dB	● 大きな声で話しかけられてもしっかり聞こえない ● 電話の着信音や車のクラクションが聞こえにくい

3. 研究方法

2 で述べた通り, Spot は電子ピアノだが, グランドピアノのような押し心地にしようと考えている。そのため, 電子ピアノを土台にして, そこに「ダブルエスケープメント機構」と振動モーターを実装することにした。

3. 1 ボタンを押すと振動モーターが動く機能の再現

3. 1. 1 プログラム

PWM 出力で振動の大きさを変え, タクトスイッチを押すと振動が動くプログラムを作成した。

```
const int motor_pin = 9;

int piano_pin = 10;
int val;
void setup() {
  pinMode(piano_pin, INPUT);
  pinMode(motor_pin, OUTPUT);
}
void loop() {
  val = digitalRead(piano_pin);
  if (val == LOW) {
    analogWrite(motor_pin, 255);
  } else {
    analogWrite(motor_pin, 0); }
}
```

プログラムの中に「255」と書いてあるが, これにより音の強さを変えることができ, 255 は最大の値である。この値によって, 様々な大きさの振動を出せるようにした。

3. 1. 2 構造

Arduino を用いて, 作成した。

準備物一覧↓

- Arduino UNO
- タクトスイッチ (1 個)
- ジャンパー線 (5 本)
- 振動モーター (1 個)
- typeB ケーブル (1 個)
- ブレッドボード (1 個)

手順 1: ブレッドボードにタクトスイッチを埋める。

手順 2: タクトスイッチの右端上と GND をジャンパー線で繋ぐ。

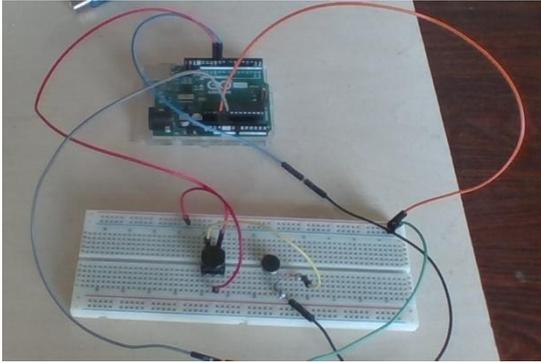
手順 3: タクトスイッチの左端下と振動モーターの-極側をつなぐ。

手順 4: 振動モーターの+極側と Arduino の 9 番ピンを繋ぐ。

手順 5: タクトスイッチの右端下と Arduino の GND をジャンパー線で繋ぐ。

3. 1. 3 結果

タクトスイッチを押すと振動モーターが動き振動を感じる事ができた。



(図 2 : タクトスイッチで振動を鳴らす模型)



(図 5 : 鍵盤を支える心棒)

3. 2 鍵盤の作成

ピアノのように木で製作するのは難しいため、3Dプリンターを用いて製作した。白鍵と黒鍵と鍵盤のハンマー部分を作るための心棒をモデリングし、それぞれ色のフィラメント (PLA) で作成した。



(図 3 : 白鍵部分)



(図 4 : 黒鍵部分)

3. 3 ハンマー部分の作成

3. 2 で作成した鍵盤におもりを取り付け鍵盤を押したときにグランドピアノのような押し心地を再現した。鍵盤の先の真上に図 2 の部分を 1 オクターブ分並べたものを設置し、鍵盤を置くとタクトスイッチに当たり、振動がなるような仕組みにした。ピアノの土台には木の板を置き、その上に鍵盤を置いて、タクトスイッチを押せるようにした。さらに、木の板と鍵盤の間に緩衝材を置くことで鍵盤を押したときの衝撃を吸収できるようにした。

4. 結果

- ・振動モーターを用いて、振動の大きさを変えたり、小さくしたりして、難聴の人にも聞こえることのできる装置を作ることができた。
- ・3D プリンターを用いて、鍵盤を作成し、感触がピアノに近いものを作成することができた。
- ・ハンマー部分の作成を行ったことで、より本物のピアノに近い押し心地を再現することができた。

5. 今後の展望

① 鍵盤の増量

今のままでは白鍵と黒鍵が 1 オクターブ分しかなく十分な演奏ができないため、3 オクターブに増量しようと思っている。

② 点字の導入

難聴の人にもピアノの楽しさを感じてもらうためだけではなく、様々な障がいを持っている方にも楽しんでもらいたいため、鍵盤の押す部分に音の文字を表す点字を付け、視覚障がい者の方たちにもピアノ楽しんでもらいたいと考えている。

③ 取り外し可能なペダルの作成

ピアノには音のニュアンスが微妙に変わる 3 つのペダルがある。これを取りつけることによってより高度な演奏ができるため実装したいと考えている。しかし、Spot は持ち運びができるピアノのため、ペダルをどこでも使えるように、取り外しができるようにしようと考えている。

④ メトロノームの内臓

この機能は市販の電子ピアノには実装されているが、Spot には実装されていないため取り付けようと考えた。メトロノームはピアノの練習ではテンポをとるときには必須なため、Spot には必要だと考えた。

⑤ 鍵盤の素材を木に変える

今回は 3D プリンターで鍵盤を作成した

が、それでは素材が軽く、また「ダブルエスケープメント機構」が作りにくかったため、次は木で鍵盤を作り、機構を完成しようと考えている。

6. 参考文献

[1] 「電子ピアノで便利な機能 7 選！」電子ピアノで便利な機能 7 選 PhonimMusic

[2] 「アップライトピアノとグランドピアノの違い② 鍵盤タッチの違い」アップライトピアノとグランドピアノの違い② 鍵盤タッチの違い | 世界最大級のピアノ販売モール グランドギャラリー | 中古ピアノ販売, 中古グランドピアノを購入するならグランドギャラリー愛知 東京

謝辞

顧問の田中先生、また、同研究会の諸先輩方にも様々なアドバイスをいただきました。深くお礼申し上げます。