

# Arduino を用いたテルミンの実装と評価

2013SE195 杉浦卓弥

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

現在、マイコンの登場により、オリジナルの楽器を製作することが容易になってきた。私はそこに着目し、Arduino を用いて容易に演奏できるテルミンを製作することにした。

## 2 関連技術と本研究の目的

Arduino を用いて製作されているものとしては、文献 [2] の光センサとレーザーモジュールを使用したレーザーハープと呼ばれる楽器や文献 [4] の測距センサを使用したオリジナルテルミンなどがある。これらの技術と本研究との相違点としては、楽器を扱う上で重要になってくる音の高さ、長さ、大きさをすべてセンサで制御するところである。また Mozzi というライブラリも使用し、より扱いやすく実際のテルミンに近づけていくことを目標とする。

## 3 回路構成

自作したテルミンの回路構成を説明する。音の高さを測距センサ、音の長さを光センサ、音の大きさを加速度センサで制御するため、3 つのセンサを組み合わせた回路を製作した。回路図を図 1 に示す。

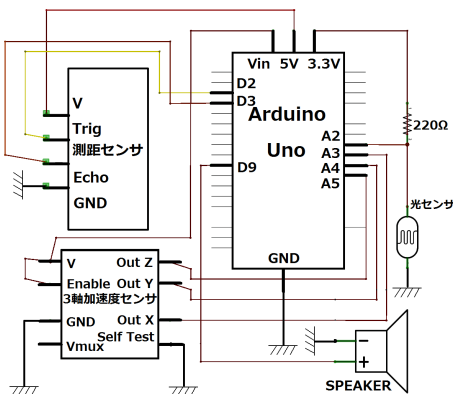


図 1 Arduino を用いた回路構成

## 4 楽器としての条件

先ほども記したように、楽器を扱う上で重要になってくるのが音の高さ、長さ、大きさである。これらを Arduino とセンサを使用して制御する。

### 4.1 音の高さ

音の高さを制御するセンサは、HC-SR04 という超音波距離センサである。これはセンサから検知した対象物までの距離を求めることができるため、指定した距離の範囲に指定した周波数を出力させるプログラムを作製することにした。音の高さを変えるにはコーンの押し引きの間の時

間を変更することで実現できる。考え方としては、スピーカーが押し出たときを High, 引くときを Low とし、これらの一連の動作を 1 周期と数える。周波数を調整するには (1) 式が必要になり、これをプログラムで表す。  $f[\text{Hz}]$  は周波数で、  $T[\text{秒}]$  が周期である。なお  $t[\mu\text{秒}]$  は High から Low, Low から High までの時間とする。

$$t = \frac{T \times 10^{-6}}{2} = \frac{10^{-6}}{f \times 2} \quad (1)$$

### 4.2 音の長さ

音の長さを制御するセンサには、CdS (硫化カドミウム) セルという光センサを使用する。この光センサは光の明暗によって抵抗値が変化するため、その変化を利用する。具体的に記すと、レーザーモジュールから出力される光をセンサに常に照射させておき、そこで検出された値とレーザーの光を遮ったときに検出された値を比較し、光を遮ったときに音が鳴らなくなるプログラムを作製する。音が鳴った状態でも光センサが反応すれば音が消える。よって音の長さを調節することができる。

### 4.3 音の大きさ

音の大きさを制御するセンサは、KXR94-2050 という 3 軸加速度センサである。このセンサの y 軸のみに着目して y 軸の数値の変化を音量、つまり電圧の出力値と連動させていく。電圧の出力値を変更するためには analogWrite を使用し、PWM (Pulse Width Modulation) 出力というものを行う。High というのが Arduino でいうと 255 の値になり、電圧で表すと約 5V になる。255 を最大値として analogWrite で数値を変更していくと電圧の出力値が変更できる [5]。

## 5 Mozzi

Mozzi は Arduino のみで豊かな音響を実現することができるライブラリである。Mozzi を使用することで正弦波やノコギリ波を Arduino のみで出力することができる [3], [6]。Mozzi とセンサは組み合わせることが可能だが、センサを複数個組み合わせると Arduino がフリーズを起こしてしまっているので、測距センサのみを組み合わせた。回路構成は、図 1 の回路の加速度センサを可変抵抗に変更し、光センサを使用しないものである。またプログラムの都合上、測距センサを HC-SR04 から GP2Y0A02YK に変更した。

## 6 評価

ここではセンサと Arduino が正確に動作をしているのかを評価する。具体的には Arduino に書き込んだプログラムの値と実際に出力されている値が一致しているのかを測

定しグラフで表す.

### 6.1 音の高さの測定

図1のスピーカ部分をフリーソフトのWaveSpectraを用いて測定した. 通常時は analogWrite に周波数を入力したものを入力値とし, その値と実際に出力している値と比較したものを図2(a)に示す. また Mozzi は, センサから検出される値を周波数に変更したものを入力値としている. 結果は図2(b)に示す.

### 6.2 音の大きさの測定

図1のArduinoとスピーカの間をオシロスコープを用いて測定した. 通常時は, 加速度センサ検出した値を角度で表し, その値に2をかけたものを入力値として, 実際に出力している値と比較したものを図3(a)に示す. また Mozzi は, 可変抵抗から検出される値をそのまま音が出力する関数に加えている. 結果は図3(b)に示す.

## 7 おわりに

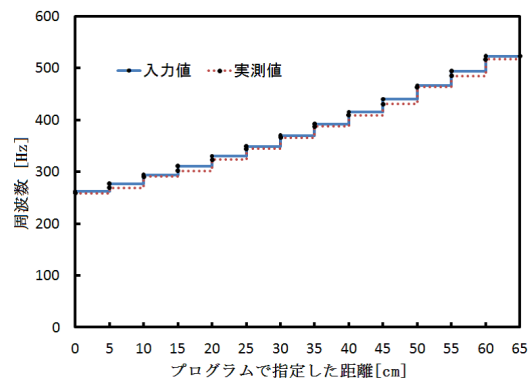
評価の結果を見てみると, Mozzi の方が音の高さが正しく出力されていたが通常時もほぼ問題はなかった. Mozzi に関してはセンサの特性によってはまだまだ改良ができるかもしれない. 本研究はプログラムを試行錯誤的に作製したため, 動作処理が遅かったり, 思うように簡単には扱えなかったりしたため, 今後の課題となる. なお作製したオリジナルテルミンを撮影したものを図4に示す.



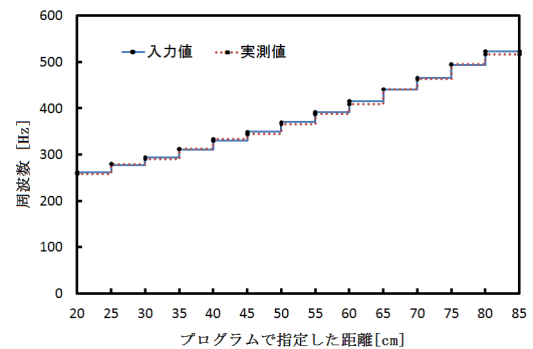
図4 オリジナル  
テルミン

## 8 参考文献

- [1] 米本実, “楽しい電子楽器 自作のススメ,” pp.95-99, 株式会社オーム社, 東京, Nov 2008.
- [2] オライリー・ジャパン, “Make:Technology on Your Time Volume 06,” pp.58-64, 株式会社オライリー・ジャパン, 東京, March 2009.
- [3] 中西宣人, “Instrument Design/Sound Design,” <http://yoshihito-nakanishi.com/>, Sep 2016.
- [4] 赤川シホロ, “はじめての電子工作超入門,” <http://deviceplus.jp/hobby/entry020/>, Sep 2015.
- [5] 久世祥三, “Cultivation 04: Arduino + サウンド,” <https://sites.google.com/site/mathrax2011sound/home>, July 2016.
- [6] 中西宣人, “Arduino ではじめる手作り電子楽器,” pp.40-54, 株式会社工学社, 東京, Sep 2015.

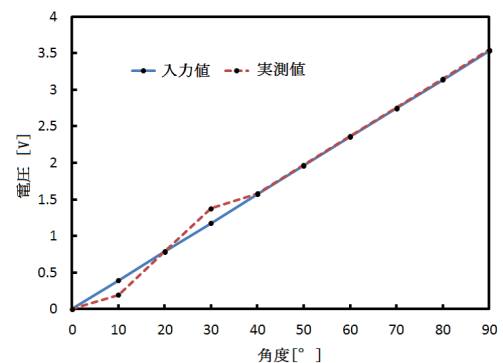


(a) 通常時

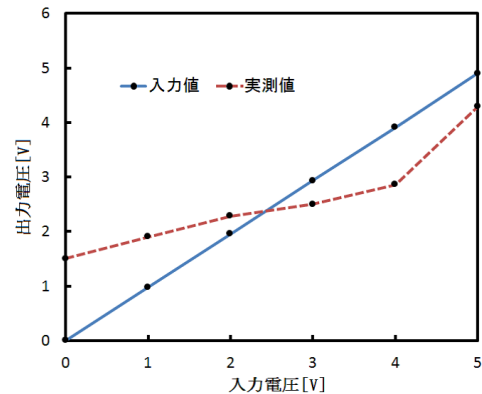


(b) Mozzi

図2 音の高さ



(a) 通常時



(b) Mozzi

図3 音の大きさ