

平成 22 年度卒業論文

小学生向けの簡易エレキギターの開発

函館工業高等専門学校 情報工学科

東海林研究室 榊田周作

目次

1章 序論	2
1.1 はじめに	2
1.2 研究背景	2
1.3 英文アブストラクト	3
2章 エレキギターについて	4
3章 ピタゴラス音階について	5
4章 ギター本体の開発	7
4.1 設計図	7
4.2 ネック部	8
4.3 ボディ部	8
4.4 ピックアップ	9
4.5 作業手順	10
4.5.1 ネックの取り付け	10
4.5.2 ピックアップとブリッジの取り付け	10
4.5.3 ペグと弦の取り付け	11
4.5.4 フレットの取り付け	12
4.5.5 ジャックの取り付け	12
5章 アンプの開発	13
5.1 回路図	13
5.2 トランジスタ	13
5.3 ミニエレキギター内部	14
6章 考察	15
7章 まとめ	16
参考文献	17
謝辞	18

1章 序論

1.1 はじめに

公開講座を通して小中学生が効率よく効果的に音楽について学べる教育材料として、本研究では安価で小中学生でも簡単に作成できるアンプ内蔵型簡易1弦ミニエレキギターを開発する(図1-1)。

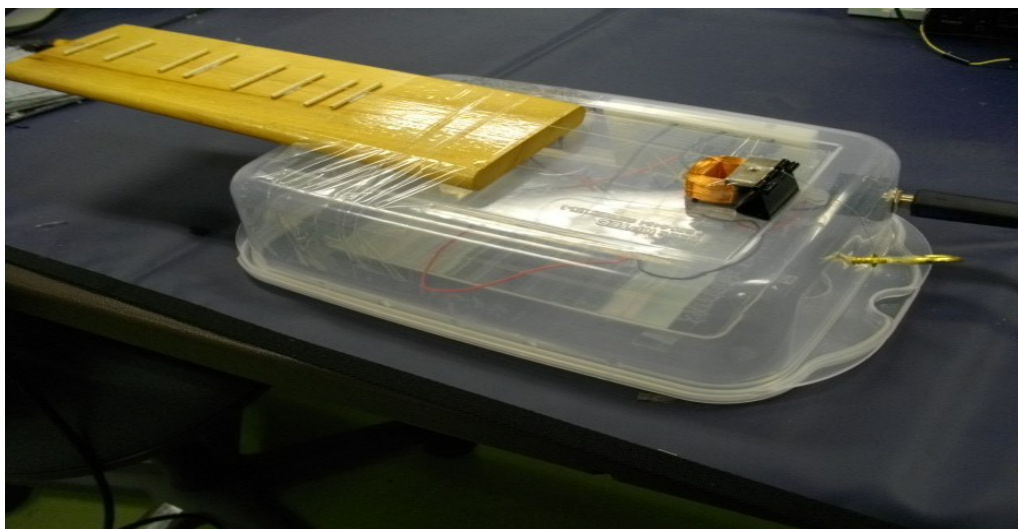


図1-1 簡易1弦ミニエレキギター

本論文では簡易1弦ミニエレキギターの説明や他の公開講座で使用されている電子楽器との比較、実験を行った際に得られた結果、またそれに対する考察等を述べる。

1.2 研究背景

現在、携帯音楽プレーヤーを利用していつでもどこでも音楽が聴けるような時代になった。また、電子ピアノ、シンセサイザーといった様々な最新電子楽器が開発され続け、デザイン的にも良いものが現れてきている[1]。これらの電子楽器が教育機関で教材として使用されているようになってきている[2]。

最近ではミニエレキギター[3]やテルミン[4]、オタマトーン[5]等といった小さくて持ち運びが容易で、音質的にも見た目的にも通常の楽器に負けないクオリティーを持った小型電子楽器が公開講座などで用いられる事が多い。我々も市販さ

れているアンプ内蔵型のミニエレキギターを用いた公開講座を2010年9月23日に実施した[3][6]。しかし市販の教材を製作することは小中学生にとって難しく、価格的にも高コストであることが分かった。また電気回路などがプリセットで作られているので内部の構造が隠れており、小中学生が音や電気について理解を深めることは難しい。これらの問題を解決するために、小中学生が実際に電気回路も含めて簡単に組み立てることが出来て、安価なミニエレキギターが必要である。

1.3 英文アブストラクト

In this study, we develop a simple one-string electric guitar with a built-in amplifier that elementary and junior high school students can make easily. We gave a public lecture on the mechanism of sound and electricity by using a ready-made electric guitar with a built-in amplifier as the teaching material. However, we realized that it was expensive and difficult for them to make it. Therefore, we develop an electric guitar that is inexpensive and easy to make.

2章 エレキギターについて

ギターはエジプト時代からその原型はあったと言われ、空洞なボディーによって増幅させ音を響かせ、1から6本の弦を押弦して音程を調節して演奏する楽器である。ギターにはアコースティックギターとエレクトリックギター(図2-1)の2つがあり、リッケンバッカー社が1931年にギターにピックアップを搭載したエレクトリックギター (Electric Guitar) を発売した[3]。エレクトリックギターはエレキギター、電気ギターとも呼ばれる。



図2-1 エレキギター

エレキギターは弦の振動を磁石とコイルからなるピックアップという装置により電気信号に変え、電気信号をアンプで増幅して音を出す電子楽器であり、弾き方はギターと同じである[7][8]。ギターとの違いはボディーやブリッジが鉄製なので重量がより重くなっていることやエフェクターによって音色を変えられる事である[3]。

ピックアップにはシングルコイルとハムバッキング (ハムバッカー) の2種類のタイプがある。ピックアップのタイプにより構造が異なり、シングルコイルは磁化した鉄心にワイヤー巻きつけることで硬い音を得られる。それに対してハムバッキングはシングルコイルを2つ並べることでノイズの軽減をしたり滑らかな音を得ることができる[3]。

ギターの演奏の際には、6本の線により弦を表現しているTAB譜で描かれた楽譜を使用する[7][8]。TAB譜の一番上の線から1,2,3,4,5,6弦となっている。線上に書かれた数字はフレット番号を表しており、それにより押弦するフレットの場所が分かる。音価などの要素はごく一般的な楽譜と同じである。

3章 ピタゴラス音階について

両端が固定されている弦の両端は振動しないが、他にも振動しない点が存在する。例えば2倍波は弦の中心が振動せずにその左右の弦が振動する。振動しない点の数や位置によりから振動数や弦長なども決まるという事実がある。ギターのフレットはその振動しない点の位置を決めるためにある。

フレットの位置の決め方には様々な手法があるが、本研究ではピタゴラス音階[9]を用いてギターのフレットの位置を決めた。例えばルートがCである開放弦のブリッジ側から弦長 $1/3$ のところにフレットを置いて弦を弾くと1オクターブ上のGの音が出る。更にその位置から2倍の長さの位置にフレットを置いて弦を弾くと1オクターブ下(ルートと同じオクターブ)のGの音が出る。すなわち、現在の弦長の $1/3$ の所にフレットを置くと12度上の音が出て、現在の弦長の2倍の位置にフレットを置くと1オクターブ下の音が出る。このようにして、次のような手順でCから1オクターブ上のCまでのフレットの位置を決定することが出来る。

フレットの位置の決め方

1. 根音(ルート)の音をCとしたときのブリッジからナットまでの弦の長さを測り、ブリッジから $2/3$ の位置にGのフレットを置く。
2. Gフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $4/3$ の位置にDフレットを置く。
3. Dフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $2/3$ の位置にAフレットを置く。
4. Aフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $4/3$ の位置にEフレットを置く。
5. Eフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $2/3$ の位置にBフレットを置く。

6. Bフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $\frac{4}{3}$ の位置に F フレットを置く。

7. Fフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジから $\frac{2}{3}$ の位置に 1 オクターブ上の C フレットを置く。

以上の手順によって C、D、E、F、G、A、B、CH の各音階に対応するフレットの位置をを定めることができる。

4章 ギター本体の開発

4.1 設計図

今回開発するミニエレキギターの平面図を図4-1に示す。各部位で用いた部品に関する詳細については次節以降で述べる。

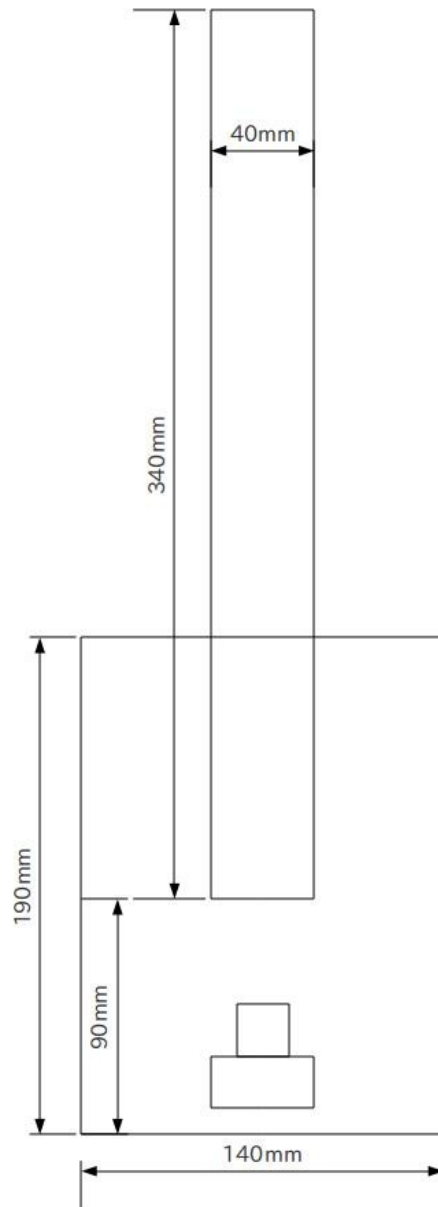


図4-1 ギター本体の設計図

4.2 ネック部

ネック部を図4-2に示す。またネック部のパーツは以下の通りである。

ネック・・・・・・・・・・・・・・・・・・長方形の木板
留め具・・・・・・・・・・・・・・・・・・ネジ、ワッシャー、ボルト
弦・・・・・・・・・・・・・・・・・・釣り糸(5号)
フレット・・・・・・・・・・・・・・・・・・爪楊枝

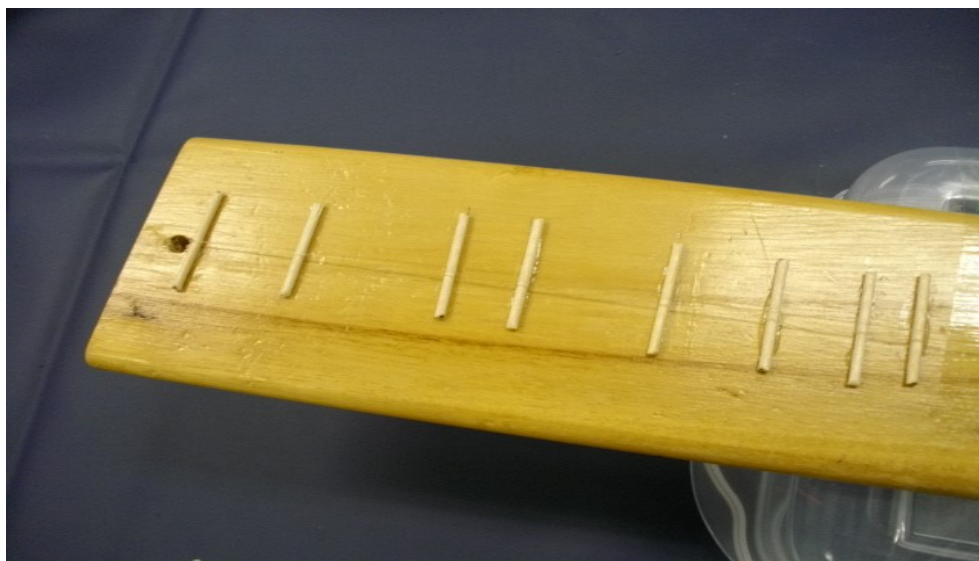


図4-2 ネック部

4.3 ボディ部

ボディ部を図4-3に示す。またボディ部のパーツは以下の通りである。

ボディ・・・・・・・・・・・・・・・・・・プラスチック製タツパ
ピックアップ・・・・・・・・・・・・・・・・・・コイル、磁石
ペグ・・・・・・・・・・・・・・・・・・洋灯吊り
ジャック・・・・・・・・・・・・・・・・・・標準モノラルジャック
ブリッジ・・・・・・・・・・・・・・・・・・クリップ(金具を外す)



図 4-3 ボディ部

4.4 ピックアップ

ピックアップを図 4-4 に示す。ピックアップには磁束密度が大きい強力磁石とケニス社製の密着コイル K25 を使用した。密着コイルを使用することにより製作時間の大幅な時間の短縮ができる。また密着コイルは綺麗な巻数の多いコイルなので、電流がより多く流れる。

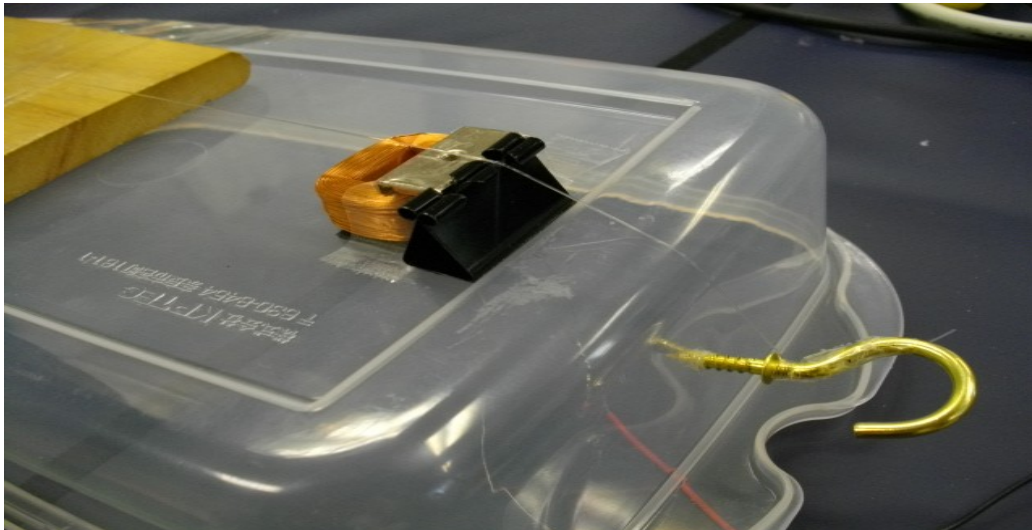


図 4-4 ピックアップ

4.5 作業手順

4.5.1 ネックの取り付け

ネックの取り付け方を図4-5に示す。木プレートを透明なビニールテープでボディに固定する。



図4-5 ネックの取り付け

4.5.2 ピックアップとブリッジの取り付け

ピックアップとブリッジの取り付け図を図4-6に示す。ボディ上部の後ろに電動ドリルで穴を開ける。次にピックアップにジャンパーケーブルを接合し、導線を穴に通す。ピックアップとブリッジを密着させながら両面テープでボディに固定する。

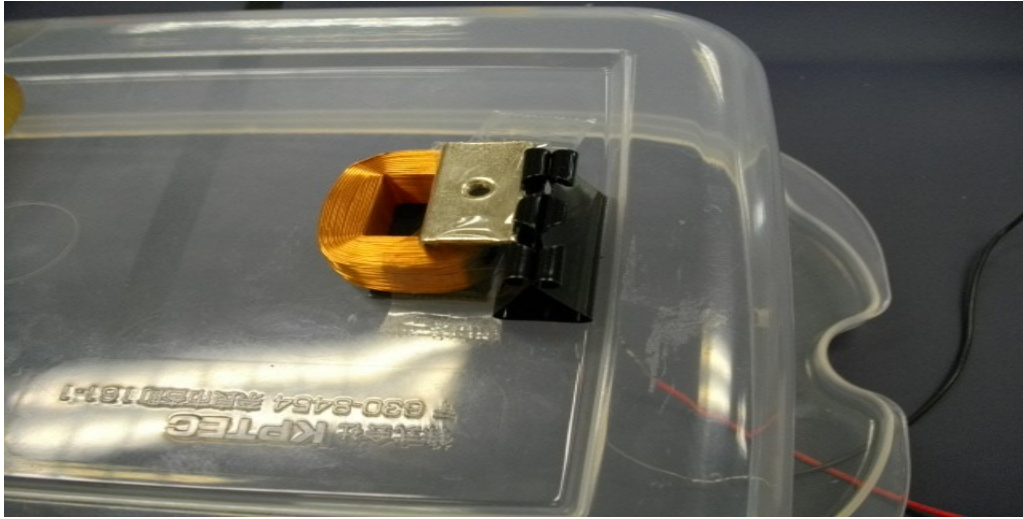


図4-6 ピックアップとブリッジ

4.5.3 ペグと弦の取り付け

ペグと弦の取り付け方を図4-7に示す。ネックの裏にネジを取り付け、そこに弦を固定する。またボディ後部に電動ドリルで穴を開けペグを取り付ける。その後、ペグに弦を巻き付けてセロハンテープで固定する。

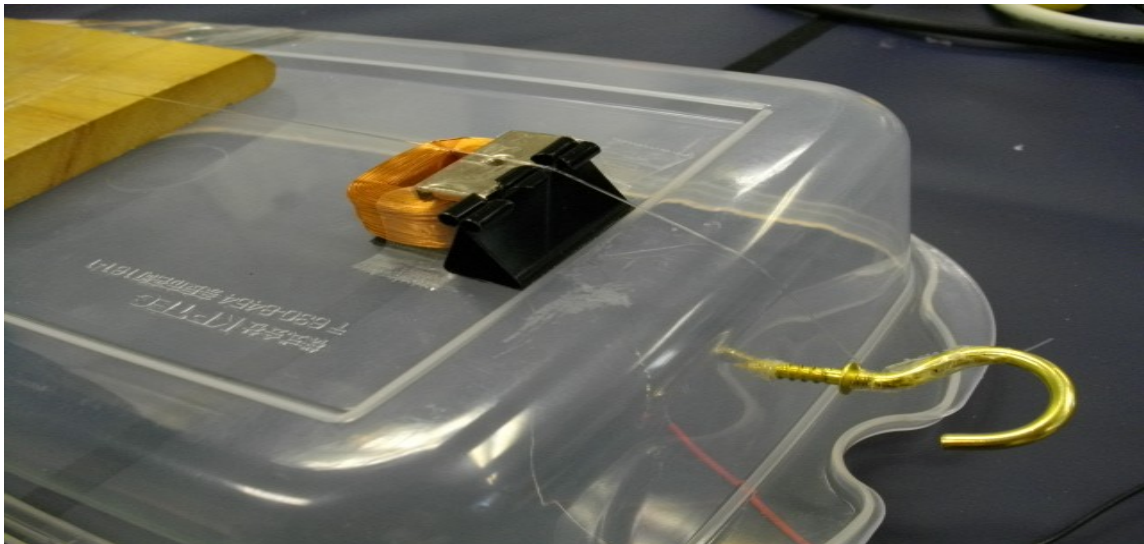


図4-7 ペグと弦

4.5.4 フレットの取り付け

フレットの取り付け方を図4-8に示す。ピタゴラス音階にそってネックにフレットを付けていく。爪楊枝の両端をペンチで切り木工用ボンドでフレットを付ける。

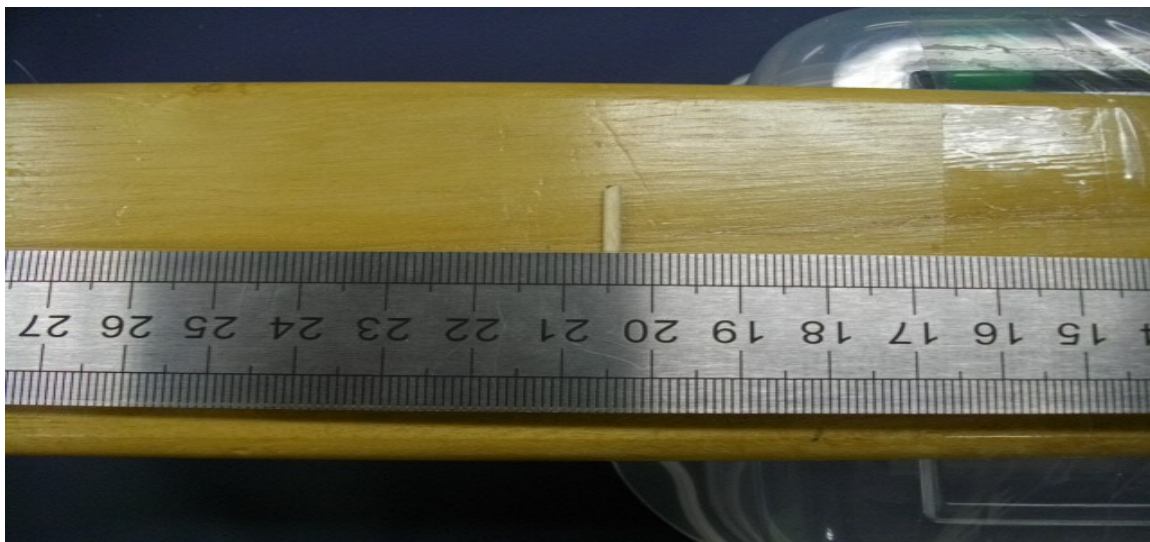


図4-8 フレット

4.5.5 ジャックの取り付け

ジャックの取り付け方を図4-8に示す[10]。電動ドリルでボディに穴を開ける。その後ジャックにジャンパーケーブルを接合しボディにはめ込む。

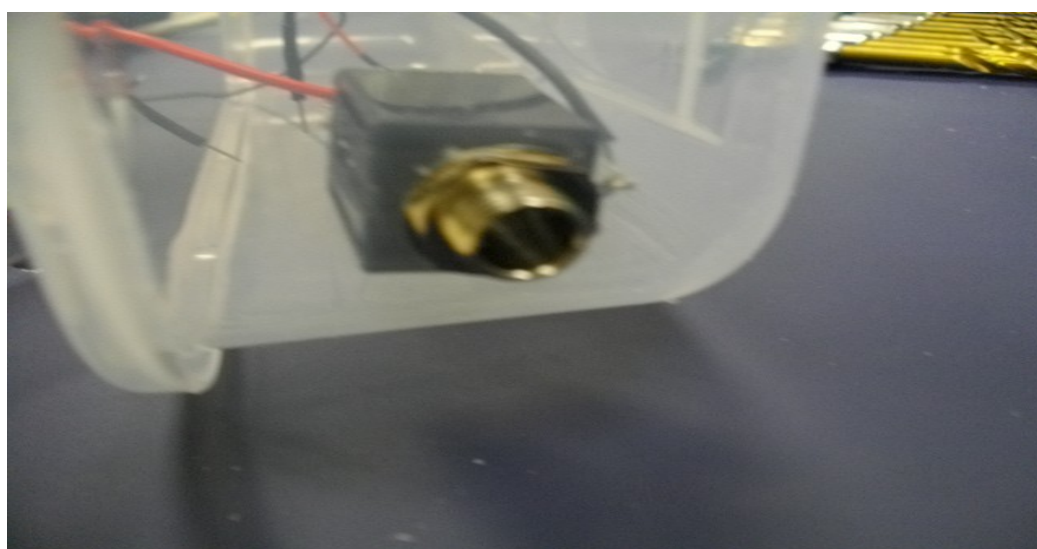


図4-8 ジャック

5章 アンプの開発

5.1 回路図

アンプの回路図を図 5-1 に示す。

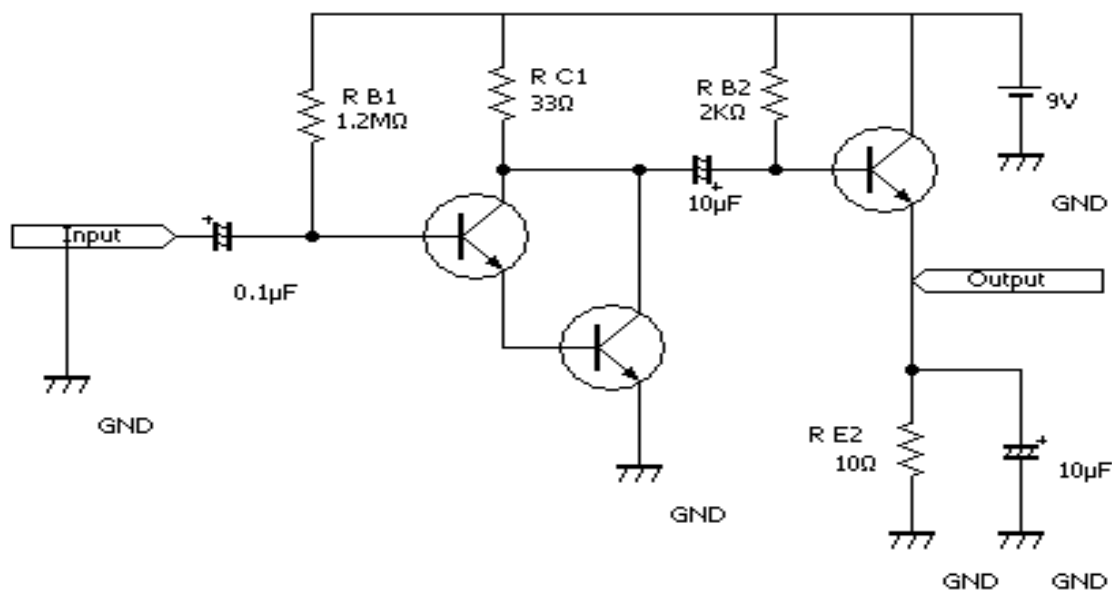


図 5-1 アンプの回路図

これはトランジスタダーリントン接続[11]とエミッタ・フォロア回路[12]を用いた回路である。ピックアップから出力される電気信号は振幅が小さすぎるのでトランジスタのダーリントン接続を利用して信号を増幅した。また出力インピーダンスを下げるためにエミッタ・フォロア回路を回路中にいれている。

5.2 トランジスタ

トランジスタ[13]とは増幅やスイッチ動作をする半導体素子である。デジタル回路ではトランジスタが電子的なスイッチとして使われ、半導体メモリやマイクロプロセッサ、その他の論理回路で利用されている。アナログ回路中ではトランジスタは基本的に増幅器として使われている[6]。具体的にはベース電流 I_B に電流が流れ

ると、それに比例してコレクター電流 I_C に大きな電流が流れ、電流が増幅する仕組みになっている。これを式で表すと以下のようになる。

$$I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

ここで h_{FE} を電流増幅率といい、 I_B を何倍に増幅するかを表している[14]。またトランジスタにはゲルマニウムやシリコンタイプのものがあるが、今回は温度変化に強いシリコンタイプのを採用することにした。トランジスタのダーリントン接続部には東芝製の 2SC1815GR を 2つ、エミッタ・フォロア回路には東芝製の 2SC2120-Y を 1つ使用している[15][16]。

5.3 ミニエレキギター内部

ミニエレキギター内部を図 5-2 に示す。なお電子回路の組み立てには、はんだ付けをせずにブレッドボードを使用することとした。これによって小中学生が安全かつ容易に回路の組み立てが出来るようになる[17]。

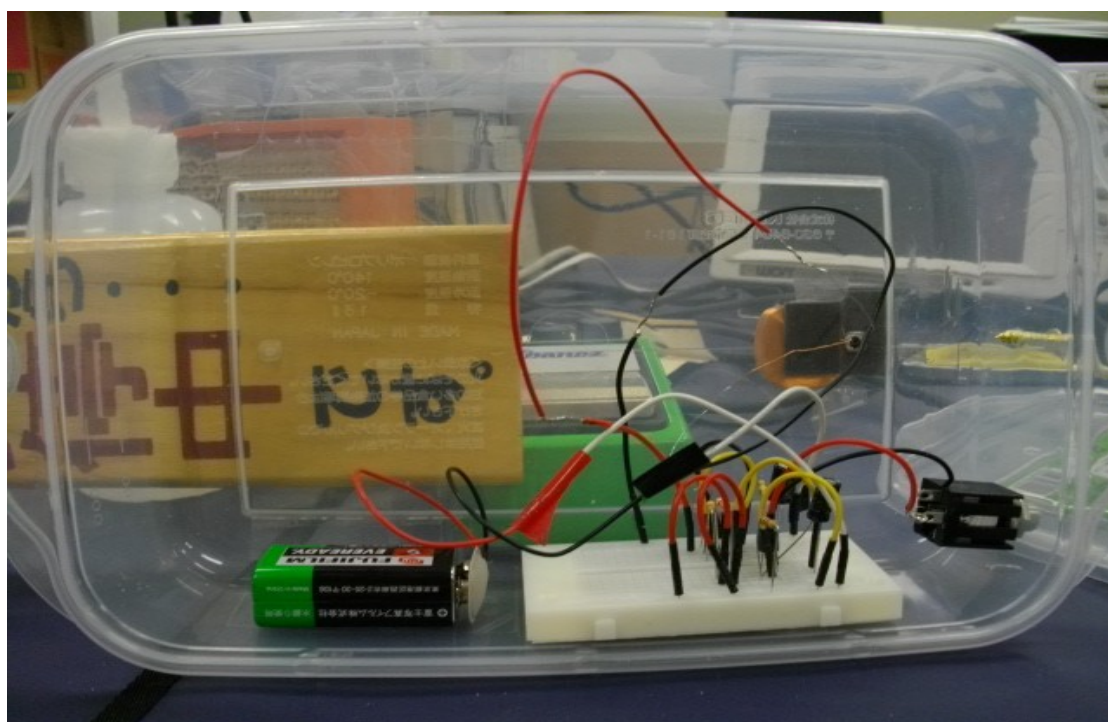


図 5-2 ミニエレキギター内部

6章 考察

ミニエレキギターにピックアップを搭載することによりスピーカーから音が出ることが分かった。スピーカーから音が出たのは、レンツの法則[18]によりコイルに誘導電流が流れからだと考える。

当初、ピックアップに安価で磁力の弱い磁石を使用したところ、出力される音がとても小さかった。そこで磁力の強い磁石を使用したところ、十分に大きい音量を出力することが出来た。ここで電圧をコシロスコープで計測したところ50mV程度まで増幅されたことが分かった。更に音量を上げるためにコイルの中に磁石入れることを検討している。

また、ミニエレキギターを弾いたときに音程のズレがあることが判明した。この原因として、フレットに使用している爪楊枝に高さがあるため強く弦を押さえたとき音程にズレが生じるためであると考えられる。また弦高(ボディと弦の距離)が高いことも考えられる。よってフレットとしてもっと薄い材料を使用することや、ブリッジの高さを低くすることが必要であると考えられる。

一方、コストに関しては表6-1のようになった。安価に作成するという目標は達成できたが、ジャンパーケーブルがコストの1/3を占めているので、ジャンパーケーブル使用しない製作手段を今後検討する。

表 6-1

木プレート	100
プラスチック製タツパ	100
小型ブレッドボード	100
コイル	100
ジャック	100
トランジスタ、抵抗、コンデンサ	200
ジャンパーケーブル	500
小物	100
電池	50
その他ケーブル類	100
計	1,450

7章 まとめ

公開講座を通して小中学生が効率よく効果的に音楽について学べる教育材料として、本研究では安価で小中学生でも簡単に作成できるアンプ内蔵型簡易1弦ミニエレキギターを開発した。

今回の実験により、開発したミニエレキギターは十分な音量を出力可能であることが分かった。しかし、問題として電子回路が複雑になってしまったということが挙げられる。また、弦の押え方によって音程が変わり不安定な音になるといフレットの問題もある。

今後の課題としては電子回路の簡略化やフレットの改良が挙げられる。また、製作マニュアルを作成し、実際に小中学生向けに公開講座を実施する。その際にアンケートを取って改良点を検討する。

参考文献

- [1] 大人の科学マガジン「シンセサイザークロニクル」, 学研教育出版 (2008).
- [2] 浦田健次郎 他6名: 中学生の器楽, 株式会社 教育芸術社(2009).
- [3] 大人の科学マガジン Vol.26「ミニエレキ」, 学研教育出版 (2009).
- [4] 大人の科学マガジン Vol.17「テルミン mini」, 学研教育出版 (2007).
- [5] 明和電機オタマトーン <http://www.maywadenki.com/otamatone/>
- [6] 東海林智也, 梶田周作: 函館高専公開講座「エレキギターの仕組み」,
[http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/doc10/koza/\(2010\).](http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/doc10/koza/(2010).)
- [7] 早わかり初歩のギター, 日東書院(1993).
- [8] 小杉敏: 改訂版やさしいギターのひき方, 成美堂出版(1987).
- [9] 小方厚: 音律と音階の科学, 株式会社講談社(2009).
- [10] 米本実 楽しい電子楽器 -自作のススメ-, 株式会社オーム社(2008).
- [11] 鈴木雅臣: トランジスタ回路の設計, CQ 出版株式会社(1991).
- [12] 田中賢一: マンガでわかる電子回路, 株式会社オーム社(2009).
- [13] 谷腰欣司: トコトンやさしい回路設計の本, 日刊工業新聞社 (2009).
- [14] 完全マスター電子回路ドリル
<http://monoist.atmarkit.co.jp/fembedded/index/eledrill.html>
- [15] 2SC1815GR データシート.
- [16] 2SC2120Y データシート.
- [17] ワゴムデエレキ, 子供の科学(2008).

[18] 藤滝和弘: マンガでわかる電気 株式会社オーム社(2009).

[19] 梶田周作, 東海林智也: 小中学生向け簡易エレキギターの開発, 第16回高専シンポジウム in 米子予稿集, p43, 2011.

謝辞

本研究は、平成22年度函館高専校長裁量経費「小中学生向け電子回路学習用簡易エレキギターの開発」として行った。