

平成24年度卒業論文

教育用簡易エレキギターを用いた
公開講座用教材の開発

函館工業高等専門学校 情報工学科5年
東海林研究室 加藤 悠一 菅原 皐喜

目次

1章 序論	1
1.1研究背景	1
1.2研究目的	1
1.3類似研究	1
1.4Abstract	1
2章 エレキギターについて	3
2.1エレキギターのしくみ	3
2.2ピタゴラス音階について	3
3章 ギター本体の開発	4
3.1完成図	4
3.2ボディ部	4
3.3ネック部	5
3.4ピックアップ部	6
3.5アンプ部	6
3.6エレキギター内部	8
3.7コスト・部品入手先	9
4章 マニュアル	10
4.1昨年のマニュアルの問題点	10
4.2改善点について	10
5章 公開講座	15
6章 考察	16
6.1ギター本体について	16
6.2公開講座について	16
7章 まとめ	17
参考文献	18
付録 平成24年度公開講座マニュアル	

1章 序論

1.1 研究背景

現在、ミニエレキギター等の、市販されている小型電子楽器が公開講座などで教材として用いられている。しかし、これらの市販教材を初心者が製作するには時間がかかり価格も高い。また、それらの教材の電子回路はすでに組み立て済みであり回路内部の構造が隠れてしまっているため、音や電気回路などの理解を深めることが難しいという問題点がある[1]。

そこで我々の研究室では、初心者が電子回路と音の知識を学べる教育材料として、安価で簡単に作成できるプリアンプ内蔵型簡易 1 弦ミニエレキギターの開発を一昨年から行ってきた。またその教材を用いた公開講座を実施してきた[1]。しかし、ギター本体の耐久性が低い、アンプ部の回路が複雑である、マニュアルが分かり辛いという問題があった。

1.2 研究目的

本研究では、ギター本体、アンプ部の回路、マニュアルの改善を行い、改善した教材を用いて公開講座を行う。また公開講座の参加者にアンケートを取って評価を行う。

1.3 類似研究

現在、大学、高専及びその他の教育機関で行われている類似した公開講座や出前授業の内容を表 1-1 に示す。表1-1の中で我々が行った研究に最も類似している公開講座は大阪工業大学が行っている「電子楽器と音発生のしくみ」である。その他にも多数の教育機関で社会人向けに行われているものから、小中学生向けのものまで幅広く類似した公開講座が行われている。

1.4 Abstract

As a teaching material for beginners to learn the knowledge of both electronic circuits and sound in open classes, we developed a simple and cheap one-string electric guitar which has built-in amplifier and can be created from the electronic circuits. Today, many universities and technical colleges have been holding open classes in which electronic instruments, such as a mini synthesizer and a mini electric guitar, are used as teaching materials. However, such existing materials are often expensive and it is difficult for beginners to learn electronic circuits, since they have already been assembled. Therefore, in our laboratory we have been developing the one-string simple electric guitar for beginners. However, since we found several problems, such as complication of the electric circuit, the weak body and the difficult manual, we simplified the electronic circuit, improved the body and wrote the easier manual this year. At first, we chose materials. Next, we developed a new guitar. Finally, we held an open class for elementary and junior high school students by using the guitar we made and got the questionnaires from the participants. As a result, we could develop the electric guitar which is cheap and can be created easily by any beginners. However, we found there were still some problems to be improved.

表 1-1. 他の大学、高専及びその他の教育機関で行われている公開講座や出前授業の内容

開催学校名	講座タイトル	講座内容
沼津工業高等専門学校	社会人のためのエレクトロニクス基礎講座	回路理論・デジタル回路・論理設計を学習する[2]。
佐世保工業高等専門学校	楽しい電気電子工作	電子部品の働きを具体的な実験を通して学習する[3]。
東京芸術大学	電子楽器工作ワークショップ	ブレッドボードを使って、電子楽器をつくる[4]。
公立はこだて未来大学	絵楽器ワークショップ マジカルサウンドお絵かき	紙の上に描くだけで、簡単に好きな楽器を作れる装置を体験する[5]。
創造工学センター	ものづくり公開講座 電子回路工作コース	回路工作、プログラミング、半田付けなどを行う[6]。
大阪工業大学	電子楽器と音発生のしくみ	電気信号を音に変える仕組みを解説し、簡単な周波数可変のサウンドジェネレータの回路設計・製作を行う[7]。
国立音楽大学楽器学資料館	電子楽器って何だろう？	電気で音が出るというのはどういうことなのかを知り、実際に電子回路を組み立てて電子楽器を作る[8]。
山梨県立科学館	中学生のための電子工作講座	超簡単光通信をテーマに、本格的な電子工作を行う[9]。
芝浦工業大学	大人も楽しい電子工作 - ～LED花火をつくろう～	マイコン教育の入門用に開発した花火基板に LED を複数個搭載して点滅させ、電子花火を作る[10]。
琉球大学	電子工作教室	半田ごてなどの電子工作用道具を利用して工作を行う。簡単な電子回路を学ぶことができる[11]。

2章 エレキギターについて

2.1 エレキギターのしくみ

エレキギターとは音色を電氣的に増幅して音を出力する電子楽器である。具体的には、弦を弾くとその振動によりピックアップと呼ばれる磁石とコイルを合わせたものとの間で電磁誘導が起って物理的な振動が微弱な電流へと変換される。その電流がアンプと呼ばれる増幅器で増幅されスピーカに送られることで音が鳴る[12]。

2.2 ピタゴラス音階について

ピタゴラス音階とは完全五度を元に作られる音階である[13]。前年度まではネックの長さにバラつきがあったため、作成者自ら計算をしてフレット位置を求めていた。

しかし、それでは計算ミスが起こった時に修正が困難になるので、今年度はネックの長さを固定してフレット位置を全て共通になるようにした。フレット位置については表2-1の通りである。

表2-1. フレット位置

	式	位置 (ブリッジから)
ド	基準の長さ	34cm
ソ	ドの長さ $\times 2/3$	22.6cm
レ	ソの長さ $\times 4/3$	30.7cm
ラ	レの長さ $\times 2/3$	20.1cm
ミ	ラの長さ $\times 4/3$	26.8cm
シ	ミの長さ $\times 2/3$	17.9cm
上のド	ドの長さ $\times 1/2$	17cm
ファ	上のドの長さ $\times 3/2$	25.5cm

3章 ギター本体の開発

3.1 完成図

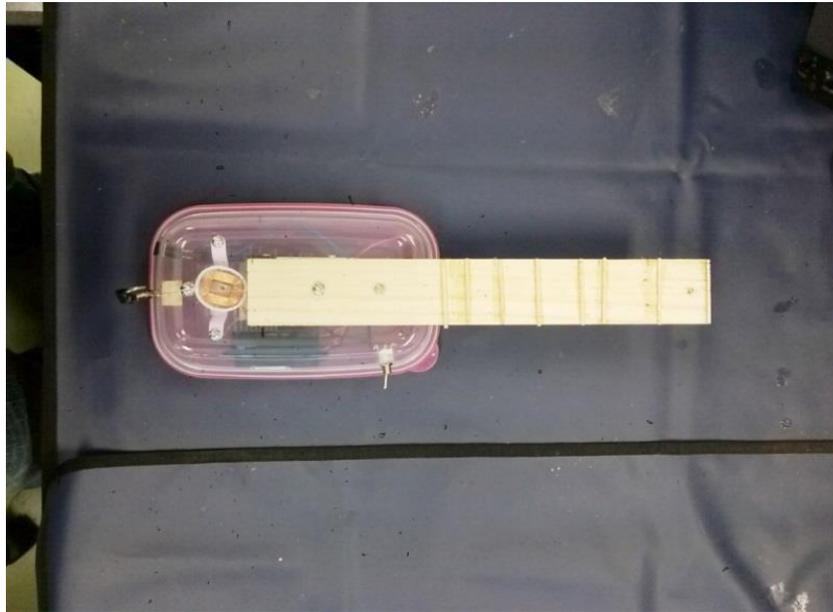


図3-1. 完成図

今回開発したエレキギターの完成図を図3-1に示す。各部の詳細は次節以降で説明する。

3.2 ボディ部

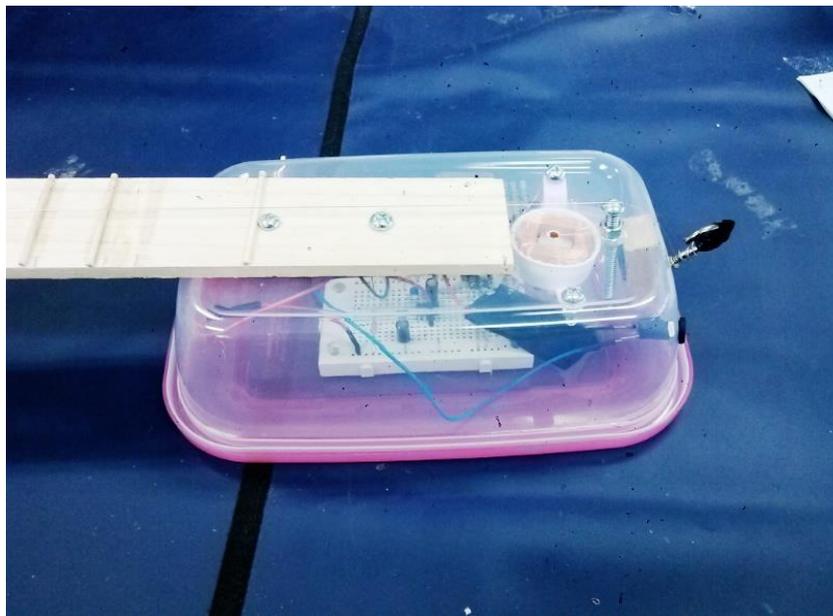


図3-2. ボディ部

ボディ部の材料にはプラスチック容器、弦を巻くペグには洋灯吊り、弦を支えるブリッジにはネジを使用した（図3-2）。ブリッジをネジにしたことによって、ブリッジの高さを自由に変更できるようになった。また、従来はピックアップや、ネックなどを固定するときに

セロハンテープや両面テープを使っていたため強度に問題があったが、今年度は部品を固定するためにビス止めをして強度をあげた。

3.3 ネック部

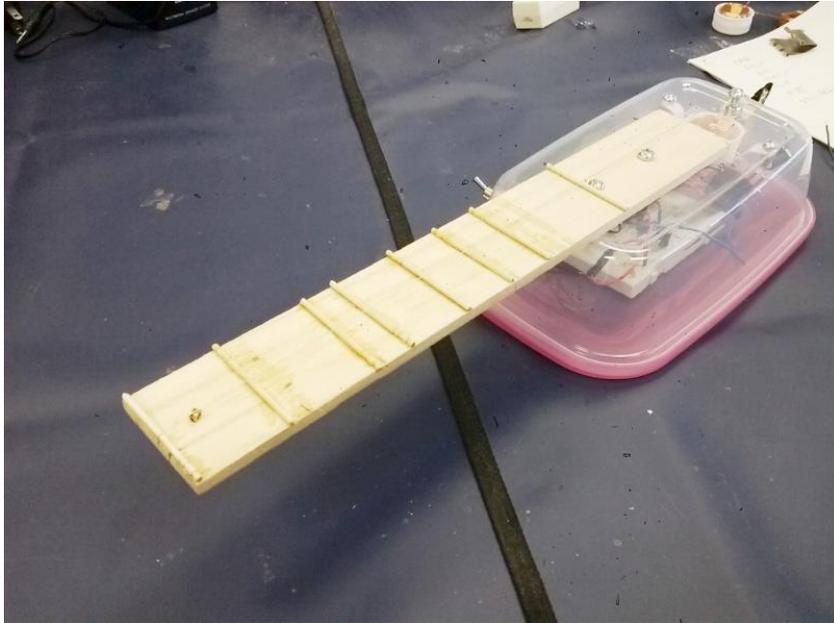


図3-3. ネック部

ネック部の材料には長方形の木版、フレットには爪楊枝、弦は本物のギターにも使用されている鉄弦を使用した（図3-3）。前年度は弦に釣り糸を使用したため、強く張ると徐々に伸びてしまったり切れたりしてしまうことがあった。今年度は鉄弦にしたことによって強度と音量が増した。また弦をネックに固定するために、ネックの頭の方に穴をあけて弦の止め具が引っ掛かるようにした。また、ネック部の長方形の木版は全て長さが一緒である。

3.4 ピックアップ部

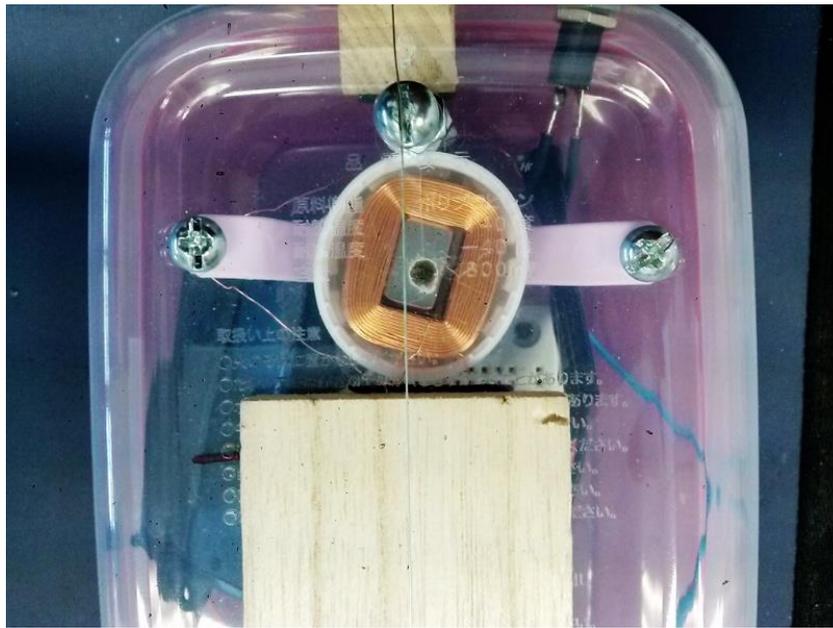


図3-4. ピックアップ部

コイルと磁石を用いてピックアップ部を作成した（図3-4）。磁石には強力な磁力をもつネオジウム磁石を使用した。前年度まではピックアップ部はボディ外にむき出しでテープ止めをされていたが、今年度はペットボトルのキャップとクリップを用いてピックアップをギターの内側にビス止めした。これにより、ギターがコンパクトになり、ネオジウム磁石が外れて事故を起こす可能性も減って安全性を上げることができた。

3.5 アンプ部

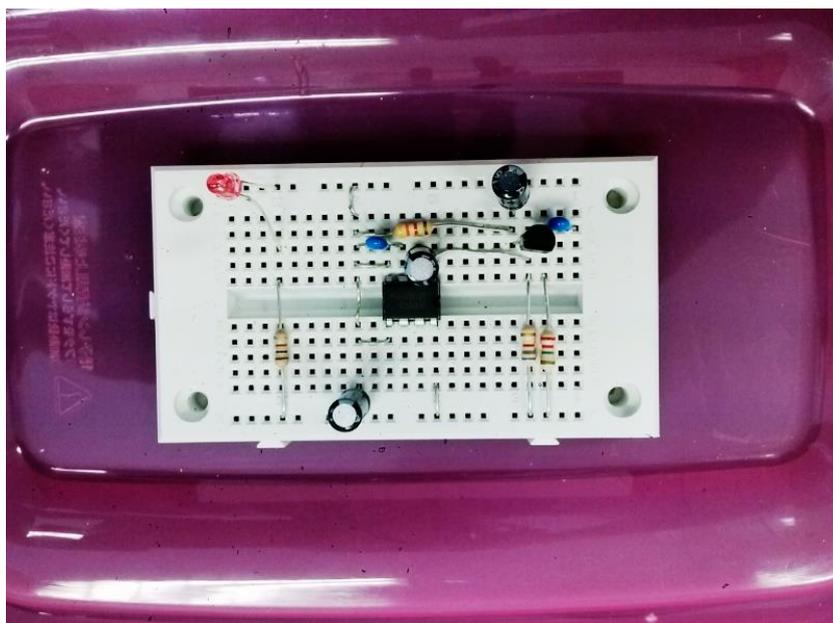


図3-5. アンプ部

前年度の回路は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ていたため複雑で、小中学生に作成してもらうには時間がかかり過ぎた。そこで今年度は回路を簡略化し、

IC チップを使用して信号の増幅を行った（図3-5）。簡略化したことによって部品も減り作成時間も減った。また、電子回路の組み立てについては半田付けを行わず、安全かつ容易に組み立てられるようにブレッドボードを使用した。ここで部品が外れないようにグルーガンで接続部分を固定した。図3-6に回路図を示す。

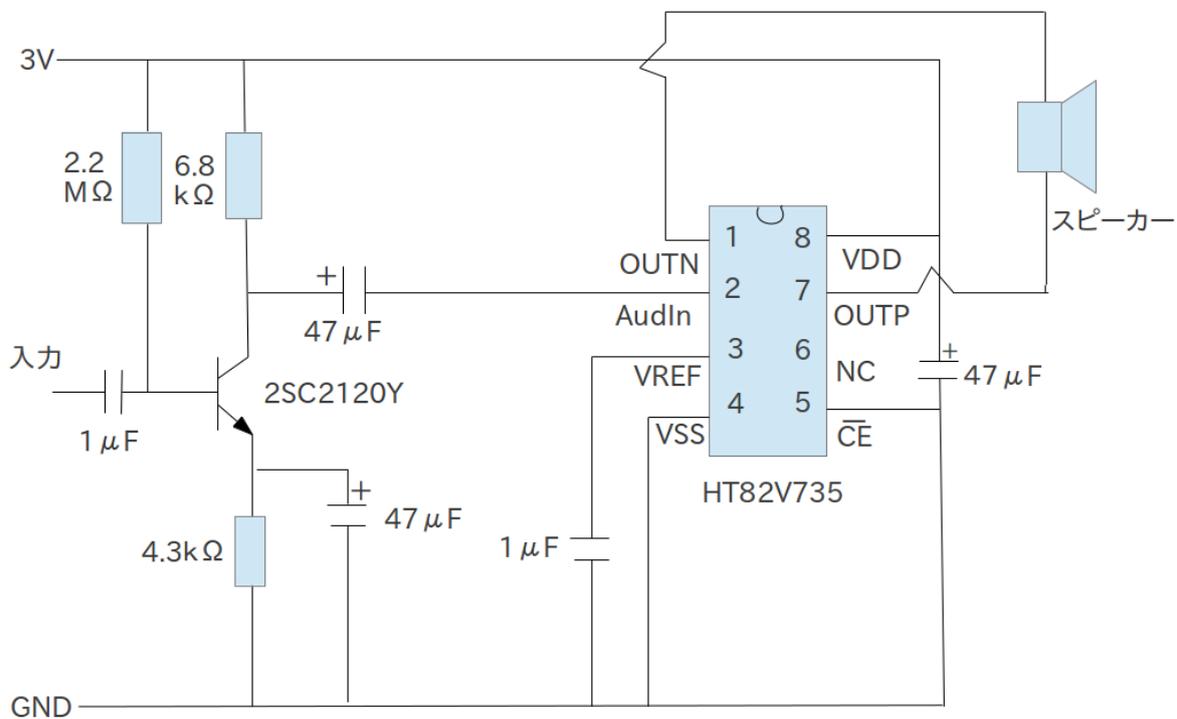


図3-6. 回路図

3.6 エレキギター内部

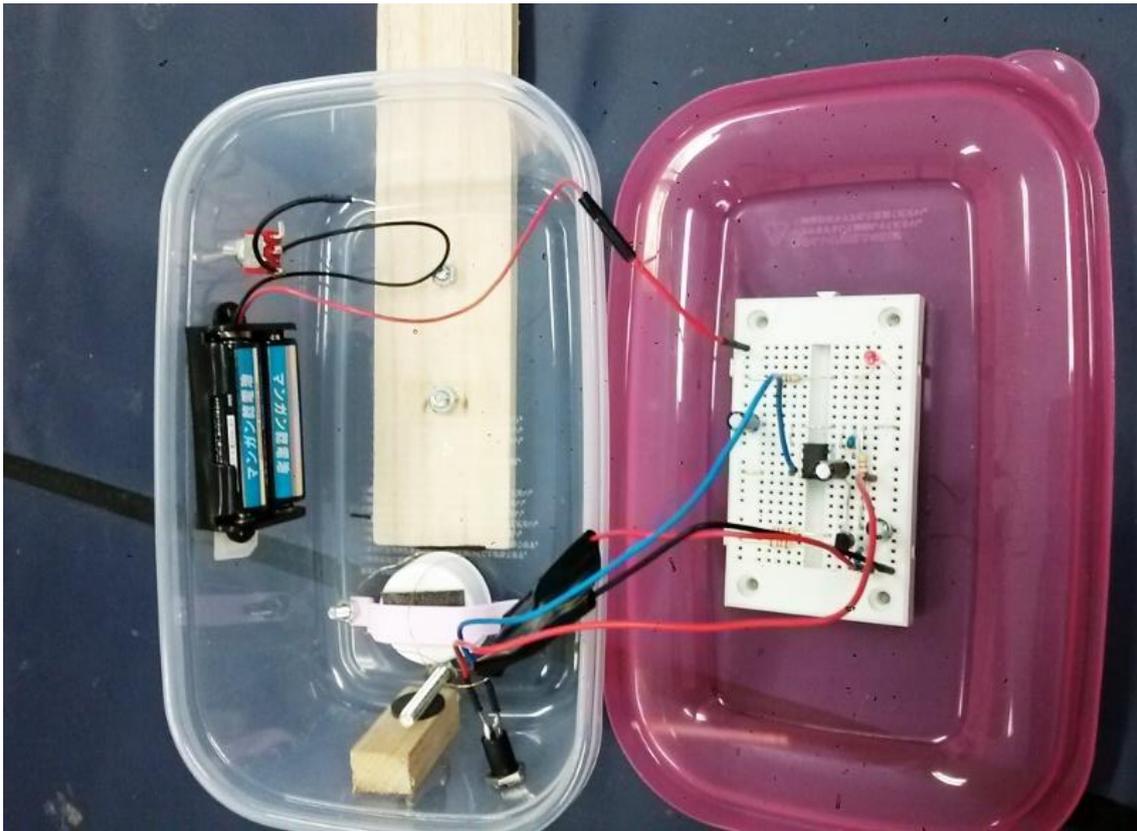


図3-7. エレキギター内部

ジャック、ピックアップ、アンプ（電子回路）、電池、スイッチがギターに内蔵されている（図3-7）。ネオジウム磁石は磁力が強力なので、ピックアップの付近にはアンプ（電子回路）を近づけないように工夫した。

3.7 コスト・部品入手先

コストと部品入手先一覧を表3-1、3-2、3-3に示す。総コストは約1380円である。

表3-1. ボディ部のコストと部品入手先一覧

部品名	材料、規格	価格	入手先
ネック	すのこ	30	キャンドゥ
ボディ本体	タッパー	50	セリア
ペグ	洋灯吊り	10	ダイソー
弦	ヤマハ H1021	50	ヤマハショップ
その他	ネジ等	100	ホームック等

表3-2. ピックアップのコストと部品入手先一覧

部品名	材料、規格	価格	入手先
ネオジム磁石	NS0108	220	マグネットジャパン
コイル	K25	400	ケニス
その他	キャップ等	10	キャンドゥ等

表3-3. 電子回路部のコストと部品入手先一覧

部品	材料、規格	価格	入手先
ブレッドボード	EIC-301	150	秋月電子
電池ボックス	BH-321-4A	60	秋月電子
アンプ IC	HT82V739	50	秋月電子
トグルスイッチ	1MS1-T1-B1-M1-Q-N	80	秋月電子
モノラルジャック	MJ-164H	70	マルツパーツ
その他	トランジスタ等	100	秋月電子

4章 マニュアルについて

4.1 昨年のマニュアルの問題点

昨年のマニュアルと製作手順の一部をそれぞれ図4-1と図4-2に示す。昨年のマニュアルは説明が簡素であったため公開講座を受講する小中学生の興味を引けなかった。また、製作手順に図が入っていなかったことから分かり辛いという問題もあった。以上より全面的な改善が必要であった。

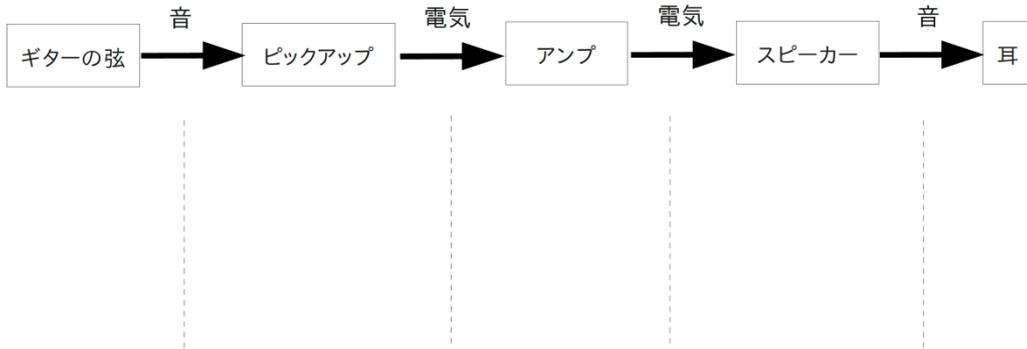
4.2 改善点について

まず、興味・関心を引くという問題は実際にマニュアルに漫画の導入を行うことにより解決した。図4-3にマニュアル上の漫画の一部を示す。これにより講座を受講する小中学生の興味を引くことができる。尚、使用ツールはコミ Po!である[14]。

また、製作手順についての問題は製作途中の写真を導入することによって従来の文章のみの製作手順よりも分かりやすくした。図4-4に改善した製作手順の一部を示す。

[1] エレキギターのしくみ

1. エレキギターのしくみを説明します。下の図に説明を書きこんでみましょう。



2. エレキギターのパーツの説明をします。下の図にパーツの名前と役割を書きこんでみましょう。

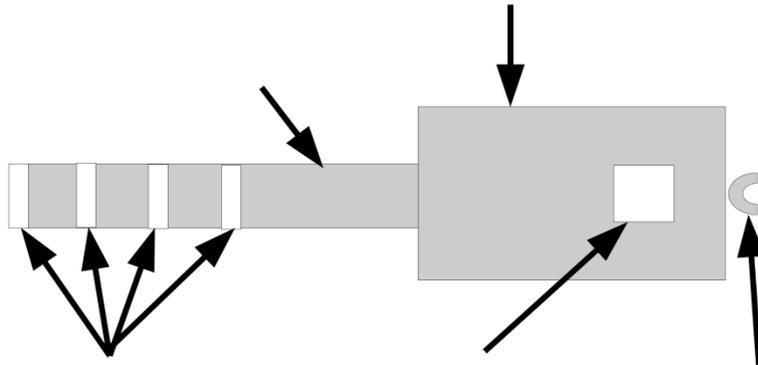


図4-1. 昨年マニュアルの一部

[2] 本体の製作

材料

ボディ（プラスチック容器）・・・1つ
ネック（木板（大））・・・1つ
木板（小）・・・1つ
コイル・・・1つ
磁石・・・1つ
ブリッジ（クリップ）・・・1つ
ペグ（フック）・・・1つ
ネジ（大）・・・1つ
ネジ（小）・・・1つ
ボルト・・・1つ
フレット（つまようじ）・・・8本
弦（釣り糸）・・・1本
ミニジャック・・・1つ
電池ボックス・・・1つ

製作手順

1. 木板（小）をボディにネジ（大）とボルトを使って固定します。
2. ピックアップを作ります。コイルの両端から出ているケーブルを20cm延ばしてボディの穴に通しコイルを両面テープでボディに固定します。
3. セロハンテープでコイルの上に磁石を貼り付けます。

（注意）かなり強い磁石なので、パソコンや携帯、電気製品などに近づけないこと！！

4. 一方の溝がボディの中心に来るようにしてブリッジを両面テープでボディに固定します。
5. ネックとボディをテープで固定します。
6. ド、レ、ミ、ファ、ソ、ラ、シ、ドの8つのピタゴラス音階を作ります。

6-1. つまようじ8本を、長さが木板（大）の幅より短くなるように両端をハサミで切り落としてフレットを作ります。

6-2. ネックの上端に、フレット1本をボンドで接着して『ド』のフレットとします。

6-3. ブリッジから『ド』のフレットまでの長さを測り、ブリッジからその長さを2/3倍した位置に印を付けて『ソ』のフレットを接着します（付録の表に計算結果を書き込もう）。

6-4. 『ソ』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを4/3倍した位置に印を付けて『レ』のフレットを接着します。

6-5. 『レ』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを2/3倍した位置に印を付けて『ラ』のフレットを接着します。

6-6. 『ラ』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを4/3倍した位置に印を付けて『ミ』のフレットを接着します。

6-7. 『ミ』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを2/3倍した位置に印を付けて『シ』のフレットを接着します。

6-8. 『ド』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを1/2倍した位置に印を付けて『上のド』のフレットを接着します。

6-9. 『上のド』のフレットからブリッジまでの弦の長さを測り、ブリッジからその長さを3/2倍した位置に印を付けて『ファ』のフレットを接着します。

図4-2. 昨年の製作手順の一部

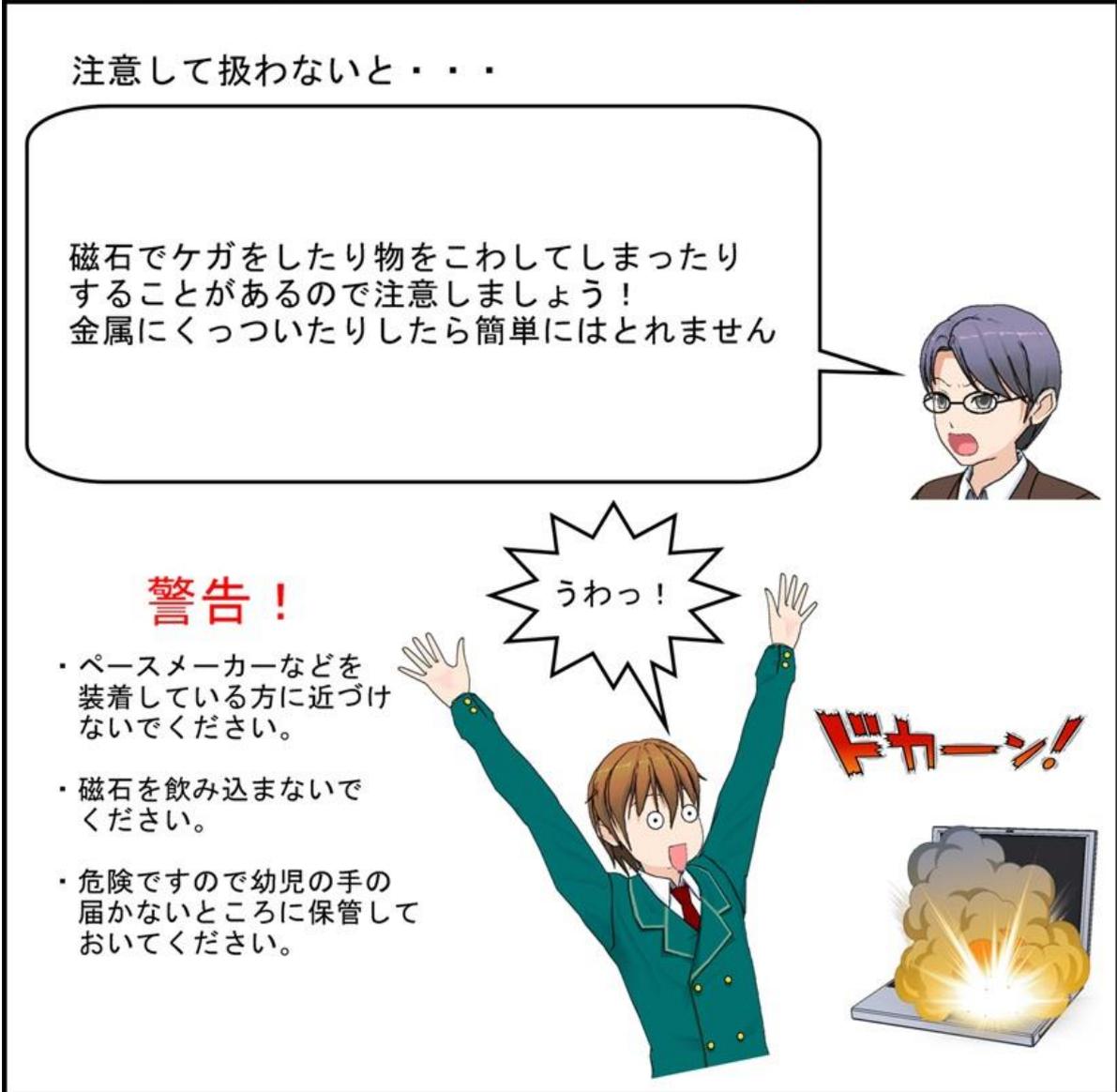


図4-3. 今年度のマニュアルの一部

本体の製作

材料

ボディ（プラスチック容器）・・・1つ
ネック（木板）・・・1つ
コイル・・・1つ
磁石・・・1つ
ブリッジ（長ネジ）・・・1つ
ネジ・・・4つ
フレット（つまようじ）・・・8本
ギター弦・・・1本
ミニジャック・・・1つ
電池ボックス・・・1つ
キャップ&ホルダー・・・各1つ

製作手順

1. タッパーの木片のそばの穴に長ネジを裏表両方から付けます。これがブリッジとなります。

2. 次に、ピックアップを作ります。コイルの両端から出ているケーブルを20cm程伸ばしてから、ペットボトルのキャップの中にコイルと磁石を入れます。

3. キャップの裏面にホルダーを両面テープで貼り付けます。

4. ホルダーの両端を以下のようにしてネジでとめます。



5. 次にネックとなる木板をボディの中央の上部の穴にネジとボルトを使って固定します。

6. ド、レ、ミ、ファ、ソ、ラ、シ、ドの8つのピタゴラス音階を作ります。

注意：手に瞬間接着剤がつかないように気を付けてください。

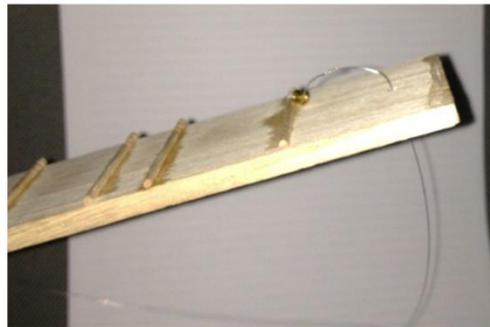
6-1. つまようじ8本を、長さが木板の幅より短くなるように両端をハサミで切り落としてフレットを作ります。

6-2. 付録1の表を見ながらつまようじをネックの指定されている位置に接着剤を使って貼り付けます。

7. ギター弦を張ります。

注意：ギター弦は硬いので目に入らないように気を付けてください。

まず、ネック上端にある穴に、弦を通します。



ブリッジのネジのくぼみに通してペグに残りの部分を巻きつけた後、ビニールテープで固定します（難しくれば助手がお手伝いします）。ペグを少し回して、弦を軽く張ってください。

8. ミニジャックを取り付けます。ミニジャックに付いているボルトを外し、ボディの穴にミニジャックを取り付けた後、ボルトを締めなおして固定します。

図4-4. 今年度の製作手順の一部

5章 公開講座

平成24年11月 10日（土）に函館高専情報基礎実験室にて公開講座を行った[15]。講座のタイトルは「エレキギターのしくみ2012」である。対象は小中学生で参加人数は 2名であった。エレキギターを実際に作成しながら音や電子回路について学ぶというテーマで講座を行った。公開講座の様子を図5-1 に示す。また、公開講座のタイムスケジュールを表5-1 に示す。

講座では初めにエレキギターの各部分についての説明をし、エレキギターの本体を作成した。次にエレキギターから音が出てくる仕組みと、アンプ部に使用している電子部品の抵抗、コンデンサ、トランジスタ、IC チップの働きを説明した。その後、アンプ部の回路を制作して動作確認した。尚、今回の公開講座で使用した製作マニュアルを本論文の付録として添付する。



図 5-1. 公開講座写真

表 5-1. 公開講座タイムスケジュール

時間	内容
13:00～13:10	始めのあいさつ
13:10～13:30	ボディ作成の説明
13:30～14:10	ボディ作成
14:10～14:20	休憩
14:20～14:40	電子回路作成の説明
14:40～15:50	電子回路の作成とテスト
15:50～16:00	終わりのあいさつ

6章 考察

6.1 ギター本体について

ペグの部分がまだ洋灯吊りのままで、弦を巻きつける作業が困難であるため改良の余地がある。また回路の周波数特性や、増幅度、安定性の測定をする必要がある。さらに釣り糸から鉄弦に変えたことでどの位音量が上がったのか調査をする必要がある。またピックアップ部のコストが高い(表3-2)のでより一層のコストダウンを検討する必要がある。

6.2 公開講座について

受講者からアンケートを取った結果、全員からとても満足できたという結果を得ることができた。ただし、今回の公開講座の受講人数は2名と少なかった。その理由としては本講座を実施する日時に校内で中学生向けの別のイベントがあったためであると思われる。そこで次回からは他のイベントと重なることがないように日程を調整する必要がある。さらに、公開講座を一回だけ実施するのではなく夏休みに複数回行ったりすることも考えられる。

7章 まとめ

昨年の研究の引継いで、小中学生や初心者が効率よく効果的に電子回路、音について学べる教材としてエレキギターとマニュアルの改善を行った。さらに改良したギターとマニュアルを実際の公開講座の教材として利用した。電子回路を簡略化したため、公開講座もスムーズに時間通り終わることができ、参加者全員がギターを完成させることができた。また、ボディ部の部品や電子回路を改良することによってコスト減を達成できた。強度もテープ止めをしていた部分をビス止めすることで格段に上がった。その他、ほとんどの項目で従来のエレキギターを改良、向上させることができた。

今後は、公開講座を通して見つかった新たな問題点を改善する。また、受講者数を増やすという目的で公開講座の宣伝活動などを行っていく必要がある。

参考文献

[1]教育用簡易エレキギターの開発, 川島聡太, 西村恵亮,
<http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/tokai/research/paper/ronbun-guitar.pdf>

[2]社会人のためのエレクトロニクス基礎講座, 沼津工業高等専門学校,
<http://techno.numazu-ct.ac.jp/koukai/h24youkou/e020youkou.pdf>

[3]楽しい電気電子工作, 佐世保工業高等専門学校,
<http://www.sasebo.ac.jp/wp-content/uploads/2011/06/H24DenkiKousaku.pdf>

[4]電子楽器工作ワークショップ, 東京芸術大学,
<http://tokyomax.jp/?p=143>

[5]絵楽器ワークショップ マジカルサウンドお絵かき, 公立はこだて未来大学,
http://www.fun.ac.jp/event/13_0126openLecture_TakegawaMusic.html

[6]ものづくり公開講座、電子回路工作コース, 創造工学センター,
<http://etech.engg.nagoya-u.ac.jp/gihou/v13/107.pdf>

[7]電子楽器と音発生のしくみ, 大阪工業大学,
http://www.oit.ac.jp/japanese/systemp/e_news/uptemp/201208011_1.pdf

[8]電子楽器って何だろう?, 国立音楽大学楽器学資料館,
http://www.gs.kunitachi.ac.jp/j_lecture_20100731.html

[9]中学生のための電子工作講座, 山梨県立科学館,
<http://www.kagakukan.pref.yamanashi.jp/web/event.php?id=1207>

[10]大人も楽しい電子工作 - ～LED花火をつくろう～, 芝浦工業大学,
<http://www.koukaikouza.jp/Lecture/e-53781.html>

[11]電子工作教室, 琉球大学,
<http://www.ercll.u-ryukyu.ac.jp/semiippan/file/01750.pdf>

[12] 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).

[13] 音律と音階の科学, 小方厚, 講談社 (2009)

[14]組み立てるように漫画を作る~, 漫画作成ソフト コミPo!,
<http://www.comipo.com/>

[15]函館高専公開講座 エレキギターのしくみ,
<http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/doc12/koza/>