

平成 26 年度卒業論文
教育用簡易エレキギターの改良
及びエフェクターの作成

函館工業高等専門学校 情報工学科 5 年
東海林研究室 有本 裕弥

目次

1章	序論	1
1.1	研究目的	1
1.2	研究背景	1
1.3	類似研究	1
1.4	Abstract	3
2章	エレキギターのしくみ	4
3章	教育用簡易エレキギターについて	5
3.1	完成図	5
3.2	ボディ部	5
3.3	ピックアップ部	7
3.4	電子回路部	8
3.5	コスト、部品入手先	9
4章	ギターエフェクターについて	11
4.1	ギターエフェクターとは	11
4.2	Fuzz の仕組み	11
4.3	Fuzz を組み込んだ回路図	12
5章	公開講座について	13
6章	考察	14
6.1	ボディについて	14
6.2	ピックアップについて	14
6.2	エフェクターについて	14
7章	まとめ	15
	参考文献	16
	付録 作成マニュアル	18

1 章 序論

1.1 研究目的

本研究では、去年までに見つかった教育用簡易エレキギターの問題点の改良に取り組む。また、問題点の一つを解決する過程で、音に音色を持たせるためのエフェクターの開発も行った。

【目的】

- ・ボディの改良
- ・ピックアップの改良
- ・エフェクターFuzzの作成

1.2 研究背景

今日、大学と専門学校ではミニシンセサイザーとミニエレキギターのような電子楽器を公開講座で利用している。しかし、そのような既存の教材はたいがい高価であり、電子回路が組み立て済みであるため、初心者にとって電子回路を学ぶことは難しい。そこで、本研究室では数年にわたり初心者が電子回路や音の知識を学ぶための公開講座[1]で使用する初心者向けの教育用簡易エレキギターを開発している[2]。しかし、昨年作られたギターには「ギターのネックが不安定で音程に影響を与える」、「ピックアップの出力が弱い」、「音が味気ない」といった問題があった。

1.3 類似研究

現在、大学、高専及びその他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 の中で我々の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。そのほか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。

表 1-1 他の大学、高専及びその他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	抵抗、コンデンサやトランジスタ、マイクロコントローラのように、一つの素子の特性について学ぶ[3]
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[4]
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、電子楽器を作る[5]
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	紙に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[6]
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[7]
大阪工業大学	電子楽器と音発生の仕組み	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・政策を行う[8]
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ということなのかをしり、実際に電子回路を組み立てて電子楽器を作る[9]
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[10]
木更津工業高等専門学校	電子オルガンを作ろう！	はんだ付けと簡単な工作で電子オルガンを作る[11]
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[12]

1.4 Abstract

Improvement of Simple Electric Guitar for Education and Development of Effector

In my laboratory, the development of a simple electric guitar for education has been pushed forward for several years, which is used in an open lecture for a beginner to learn the knowledge of the electronic circuit and sound. But the guitar still has some problems. This study was aimed to improve the simple electric guitar. We also developed the effector of the guitar. We pushed forward a study about Fuzz using the diodes this time. And we increased the output of the guitar.

2 章 エレキギターのしくみ

エレキギターとは音を電氣的に増幅して出力する電子楽器であり、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き、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ーに送られることで音が鳴る[13]。

開発している教育用簡易エレキギターでは簡略化するため弦を1本としてピタゴラス音階を利用している。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[14]。ギターのネックにはフレットと呼ばれる部品がついており、ギターを弾くときに弦をフレットに押し付けることで自由に音階を変えることが出来る。この時、音階はブリッジからフレットまでの長さで決まる。フレットの位置による音階は表 2-1 の通りである。

表 2-1 フレット位置

	式	ブリッジからの位置
ド	基準の長さ	34.0cm
レ	ソの長さ * 4/3	30.7cm
ミ	ラの長さ * 4/3	26.8cm
ファ	上のドの長さ * 3/2	25.5cm
ソ	ドの長さ * 2/3	22.6cm
ラ	レの長さ * 2/3	20.1cm
シ	ミの長さ * 2/3	17.9cm
上のド	ドの長さ * 1/2	17.0cm

3 章 教育用簡易エレキギターについて

3.1 完成図

今年度開発したギターの完成図を図 3-1 に示す。今年度改良を行った部分と総コストの詳細は次節以降で説明する。ギターの製作手順は付録に示した。

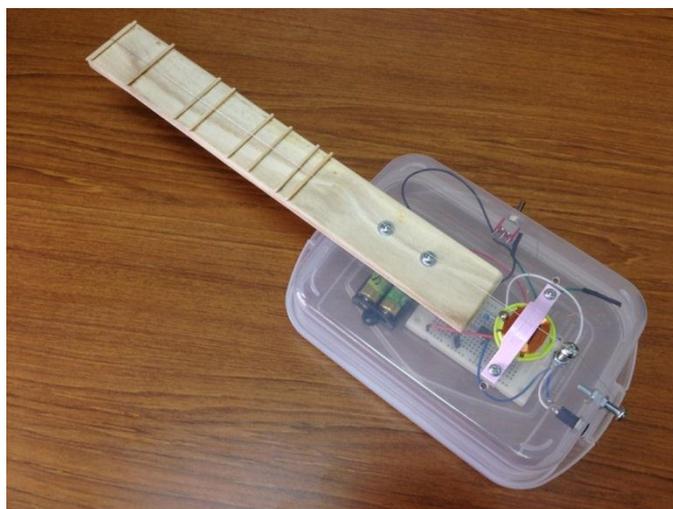


図 3-1 完成図

3.2 ボディ部

「ギターのネックが不安定で音程に影響を与える」問題を解決するためにボディで使うプラスチック容器を新しいものに変えた。

昨年度ボディに使っていたプラスチック容器には端にでっぱりがあり(図 3-2)、これによりネックが浮いて動きやすくなることで「ギターのネックが不安定で音程に影響を与える」問題が生じていると考えた。そこで今年度はでっばりの無いプラスチック容器を用いてボディを作成した(図 3-3)。

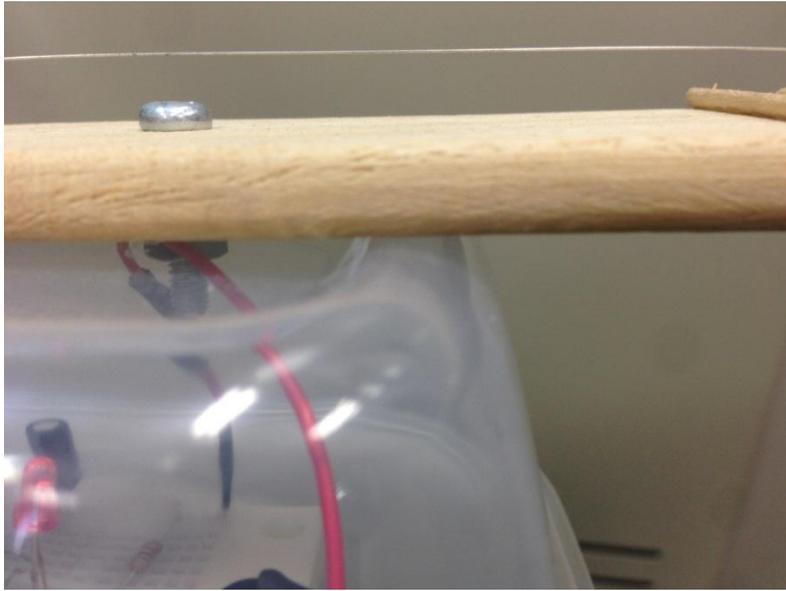


図 3-2 旧ボディ



図 3-3 新ボディ

3.3 ピックアップ部

「ピックアップの出力が弱い」問題を解決するためにピックアップの位置を変えた。

昨年度まではピックアップをギターボディ内部に収めていたが（図 3-4）、これを外部に取り付けることによって弦とピックアップの距離を縮め、集音性を高め出力の向上を図った（図 3-5）。

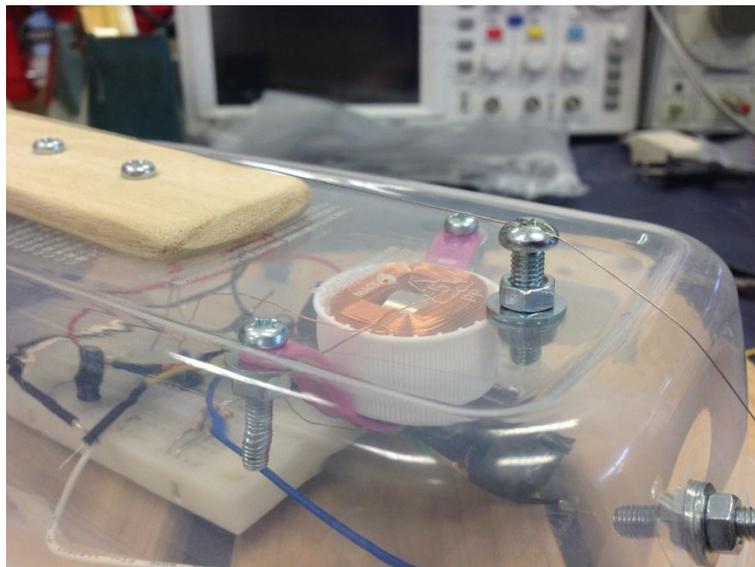


図 3-4 旧ピックアップ

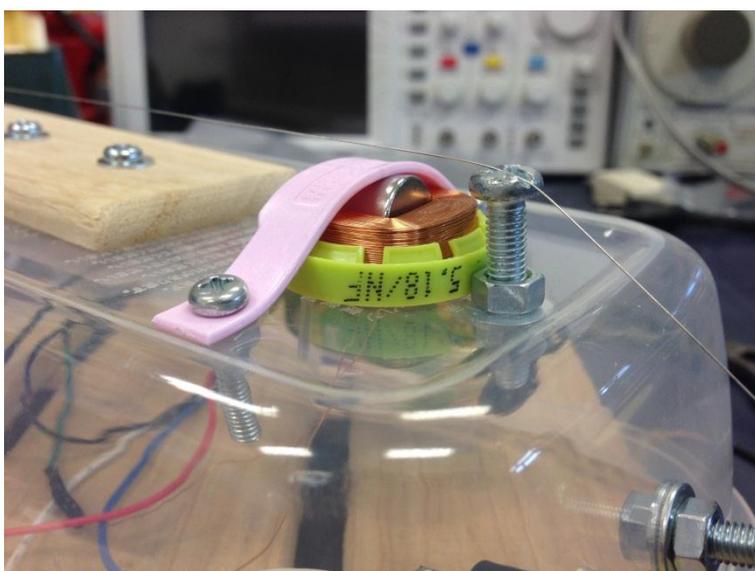


図 3-5 新ピックアップ

3.4 電子回路部

「音が味気ない」問題を解決するために Fuzz と呼ばれるエフェクターを作成した。

今までの電子回路は信号の増幅に IC チップ、それ以外に抵抗、セラミックコンデンサ、電解コンデンサ、LED 等を使用しこれらを配置するのにブレッドボードを使用している(図 3-6)。これにダイオードを2つ取り付けることで Fuzz を組み込んだ電子回路を作ることができる(図 3-7)。Fuzz に関する説明と回路図は次節に記載する。

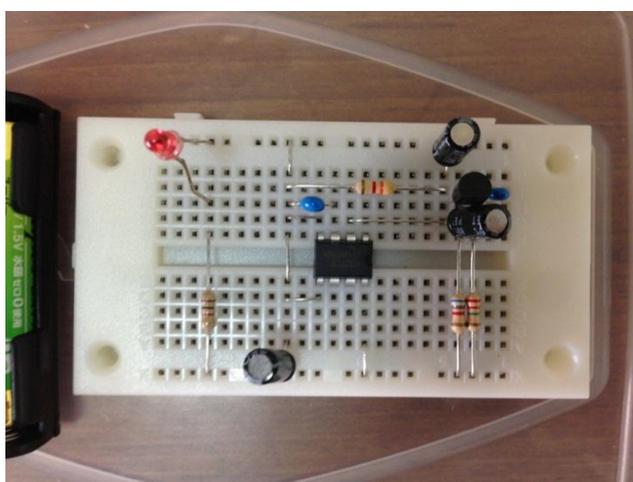


図 3-6 旧回路

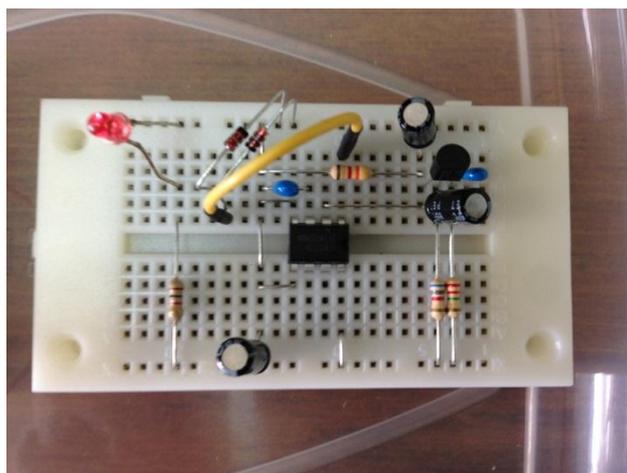


図 3-7 新回路

3.5 コスト、部品入手先

作成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 1492 円である。

表 3-1 ボデー部のコストと部品入手先一覧

パーツ名	規格	入手先	商品価格	内容量	単位	単価	数量	金額
ネック	園芸用桐すのこ	キャンボウ	108	5	本	21.6	1	22
ボデー	a-RANGE PACK	セリア	108	1	個	108.0	1	108
弦	ヤマハH1021	ヤマハミュージック	50	1	本	50.0	1	50
ネジ(5φ × 20mm)	ボルト・ナット・木ネジセット	ダイソー	108	60	セット	1.8	2	4
ネジ(M4 × 20)	田島なべ小ねじ M4×20	ホームック	120	10	セット	12.0	4	48
ネジ(M2 × 25)	田島なべ小ねじ M2×25	ホームック	120	8	セット	15.0	1	15
クレット	つまようじ						9	0
ネック補強テープ	はるだけクリニック!	ダイソー	108	200	cm	0.5	10	5
小計								252

表 3-2 ピックアップ部のコストと部品入手先一覧

パーツ名	規格	入手先	商品価格	内容量	単位	単価	数量	金額
ネオジウム磁石	ND0104 13×8mm	マグネットジャパン	246	1	個	246.0	1	246
コイル	K25	ケニス	1925	5	個	385.0	1	385
ペットボトルリング	ペットボトルのキャップ	コンビニ	0	1	個	0.0	1	0
取手	カンタンフアイリング	キャンボウ	108	8	本	13.5	1	14
小計								645

表 3-3 電子回路部のコストと部品入手先一覧

パーツ名	規格	入手先	商品価格	内容量	単位	単価	数量	金額
フラットボード	EIC-301	秋月電子	190	1	個	190.0	1	190
電池ボックス	BH-321-4A	秋月電子	60	1	個	60.0	1	60
トグルスイッチ	1MS1-T1-B1-M1-Q-N	秋月電子	80	1	個	80.0	1	80
モジュールジャック	MJ-164H	マルツパーツ	70	1	個	70.0	1	70
ジャンパワイヤ	赤、黒、白、青、緑	秋月電子	220	10	本	22.0	3	66
ブザーIC	HT82V739	秋月電子	100	2	個	50.0	1	50
トランジスタ	2SC2120Y	秋月電子	200	20	個	10.0	1	10
スズメッキ線	0.6mm	秋月電子	210	10	m	21.0	0.075	2
抵抗	2.2M Ω 、6.8K Ω 、1.0K Ω 、4.3K Ω	秋月電子	100	100	個	1.0	4	4
セラミックコンデンサ	1 μ F	秋月電子	100	10	個	10.0	2	20
電解コンデンサ	47 μ F	秋月電子	700	200	個	3.5	3	11
LED	赤色	秋月電子	350	100	個	3.5	1	4
ショットキーダイオード	BAT43	秋月電子	150	10	個	15.0	2	30
小計								596

4 章 ギターエフェクターについて

4.1 ギターエフェクターとは

エフェクターとはエレキギターの音を変化させる、効果を足すなどして音に表現を与えるための道具である。

今回は Fuzz というエフェクターを教育用簡易エレキギターの電子回路に新たに組み込む形で作った[15]。

4.2 Fuzz の仕組み

今回はダイオードを用いて Fuzz を作った。Fuzz は電圧がある値以上でなければ電流を流さないというダイオードの特性を利用し、2つのダイオードの方向を変えてアンプの出力部に接続することで、電圧が一定の値以上の電流をグラウンドに逃がして信号を歪ませるエフェクターである (図 4-1)。

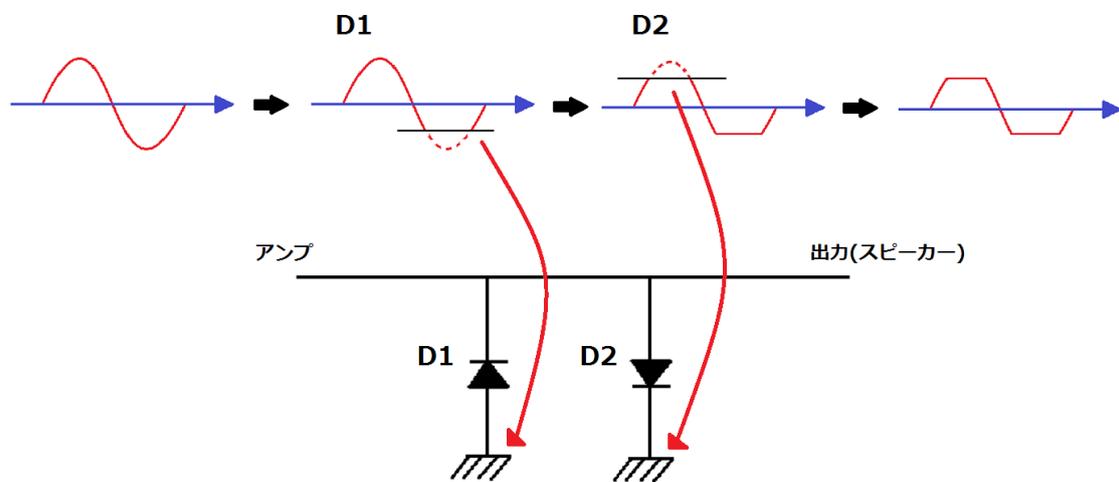


図 4-1 Fuzz の原理

4.3 Fuzz を組み込んだ回路図

Fuzz を組み込む前の回路図を図 4-2 に、組み込んだ回路図を図 4-3 に示す。
 図 4-3 の枠で囲んだ部分が Fuzz の役割を担っている。」

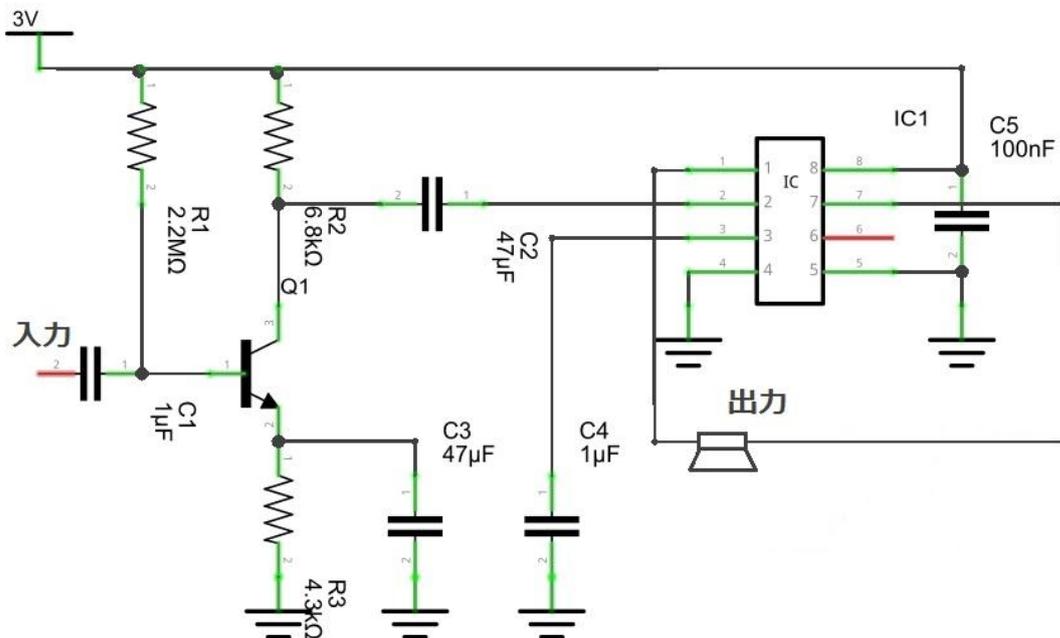


図 4-2 Fuzz を組み込む前の回路図

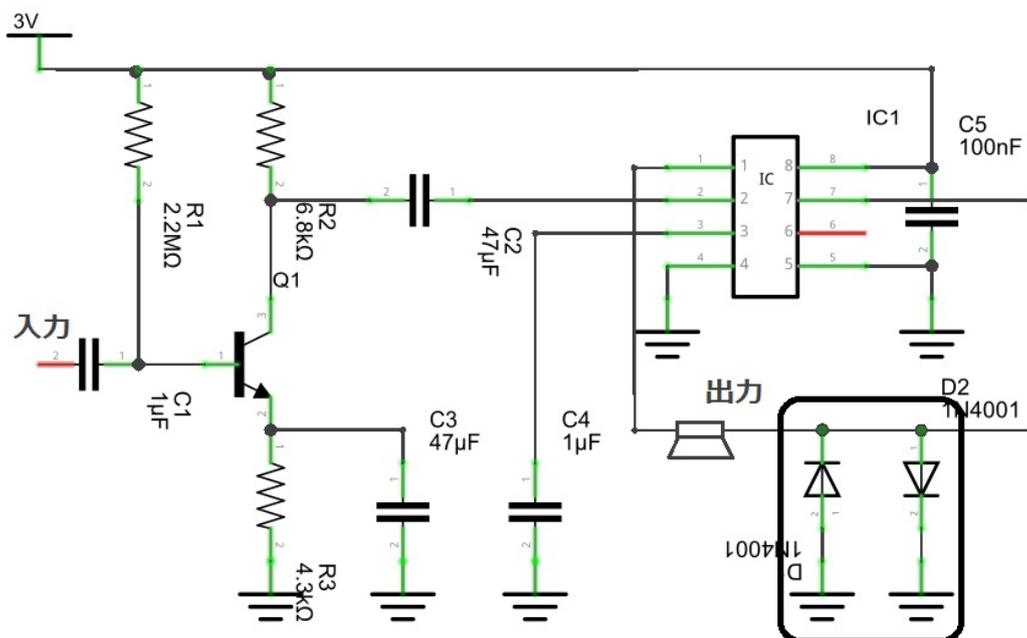


図 4-3 Fuzz を組み込んだ回路図

5 章 公開講座について

開発したギターを用いて平成 26 年 10 月 25 日に函館高専情報基礎実験室にて『エレキギターの仕組み 2014』という公開講座を小中学生対象に行った[1]。ただしボディとエフェクターに関しては間に合わなかったためピックアップだけ新仕様のものとした。

講座では最初にエレキギターの各部の説明を行い、次にボディの作成を行った。その後エレキギターから音が出る仕組みを説明し、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。そしてアンプ部の回路を製作し動作確認をした。受講者は小学生 1 名、中学生 1 名の計 2 名であった。

この時、受講者より「せっかく面白いのだからもっと宣伝すればよいのに」という感想を頂いた。そこで参加者を増やすために広報・宣伝の方法や開催時期についてももう少し考える必要がある。

6 章 考察

6.1 ボディについて

ボディを新しくしても、「ギターのネックが不安定で音程に影響を与える」問題の解決にはならなかった。これはプラスチック容器の底の部分が柔らかくネックが簡単に動いて音が安定しなかったからである。

そこでボディを今よりも硬い素材の物にすることでこの問題の解決が見込めるが、教育用簡易エレキギターは公開講座で使用する事が目的なので、安価にかつ手軽につくれるように素材を考慮する必要もある。

6.2 ピックアップについて

オシロスコープで旧型、新型両方のピックアップの出力を計測したところ、どちらも最大 500mV 前後となりそれほど差が見られなかった。したがって、この程度の弦からの距離の違いは出力に影響が無いと考えられる。

したがって、ピックアップの位置の変更によって出力を増強することは出来なかったので、出力を増やすにはピックアップそのものを改良する必要があると分かった。

6.3 エフェクターについて

Fuzz をアンプに組み込み、今回開発した新ピックアップで出力実験を行ったところ、出力が弱くて Fuzz が機能しているのか確認できなかった。そこで、市販の性能の良いピックアップに変えて実験したところ、出力される音に歪が生まれエレキギターのイメージに近い音を出すことに成功した。

従って、この問題もピックアップの出力増強ができれば、Fuzz が機能するようになると思われる。

今回 Fuzz の実験で用いた市販のピックアップは 6 個の磁石を使っており、磁石の強さは自作ピックアップで使っているネオジウム磁石より弱い、2~3V 程の出力を得られる。このことからピックアップの出力は磁石の強さよりも、その数が大きく影響すると考えられる。

7章 まとめ

去年までに見つかった教育用簡易エレキギターの問題点の改良に取り組んできた。「ギターのネックが不安定で音程に影響を与える」、「ピックアップの出力が弱い」の二つの問題はあまり成果を上げることができなかったが、「音が味気ない」問題については Fuzz が出来たことで教育用簡易エレキギターの音をより本物に近づけることができ大きく解決に近づいた。

現状で最優先すべき問題はピックアップの出力の増強である。ピックアップ出力を増強することにより音が聞き取りやすくなり、Fuzz も機能するようになると思われる。

参考文献

- [1]函館工業高等専門学校 平成 26 年度公開講座 エレキギターの仕組み 2014,
<http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/doc14/koza/>
- [2]教育用簡易エレキギターの改良, 山田 知美, 函館工業高等専門学校情報工
学科卒業論文(2012).
- [3]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/h26youkou/e010youkou.html>
- [4]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>
http://www.sasebo.ac.jp/snct/wp-content/uploads/2014/06/2014_6.pdf
- [5]電子楽器工作ワークショップ, 東京芸術大学,
<http://tokyomax.jp/?p=143>
- [6]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/13_0126openlecture_takegawamusic/
- [7]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/v16/083.pdf>
- [8]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/201303025_1.pdf
- [9]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
- [10]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/864>
- [11]電子オルガンを作ろう!, 木更津工業高等専門学校,
<http://www.kisarazu.ac.jp/chiiki/gaiyou/2014/orugan.pdf>

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

[13] 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).

[14] 音律と音階の科学, 小方厚, 講談社(2009).

[15] ROLLY と作るギターエフェクター, 誠文堂新光社出版(2014)

付録

作成マニュアル

函館工業高等専門学校 平成 26 年度公開講座

エレキギターのしくみ

日時 平成 26 年 10 月 25 日(土) 13 : 00 ~ 15 : 15

場所 情報工学科棟 3F 情報基礎実験室

講師 生産システム工学科 東海林

助手 情報工学科 5 年 有本

情報工学科 5 年 鳴海

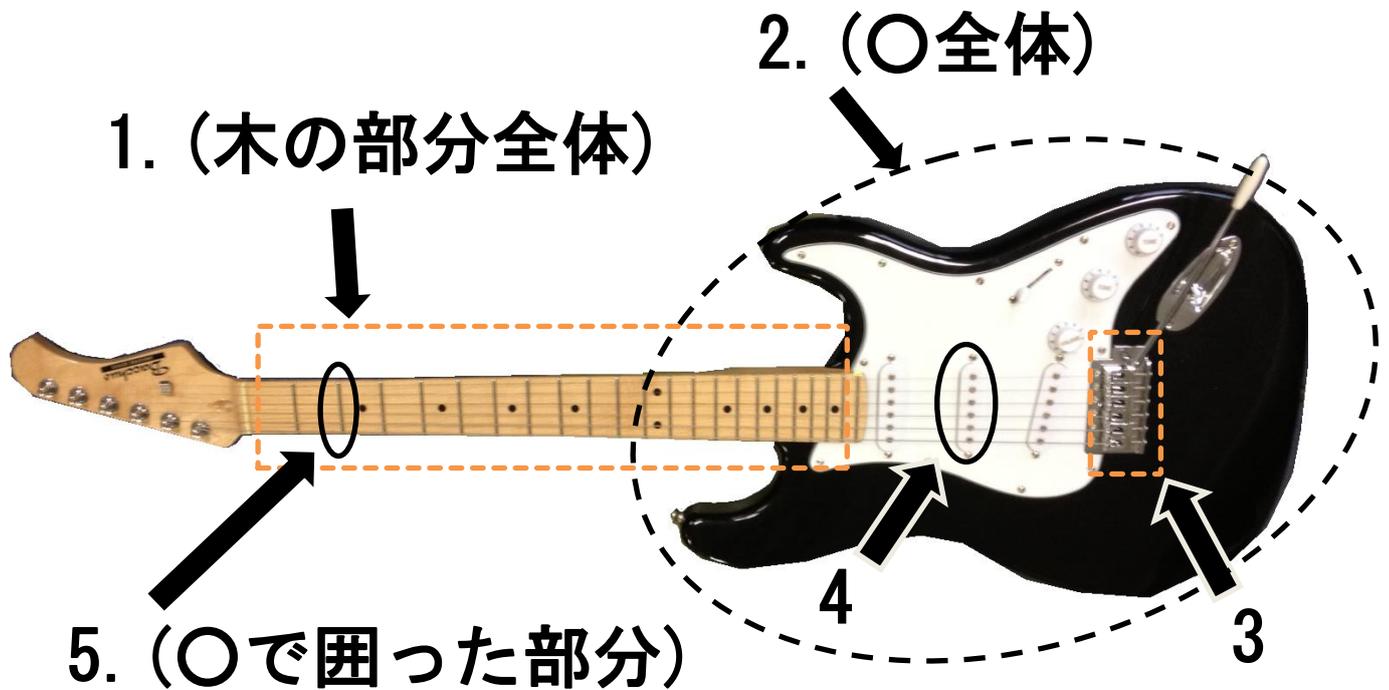
情報工学科 4 年 江守



HP <http://www.hakodate-ct.ac.jp/~tokai/doc14/koza/>

●エレキギターについて知ろう！

エレキギターのパーツの
名前を下の空欄に
書いて覚えよう！



↓ここに書き込もう！

1. _____ 2. _____ 3. _____

4. _____ 5. _____

●エレキギターはどのようにして音が鳴るの？



つまりギターのこの部分に
伝わるんですね！

まず、ギターの弦を
振動させることで、
弦の周りの磁力線が
乱れてその乱れが
(a) _____
という部分に
伝わります

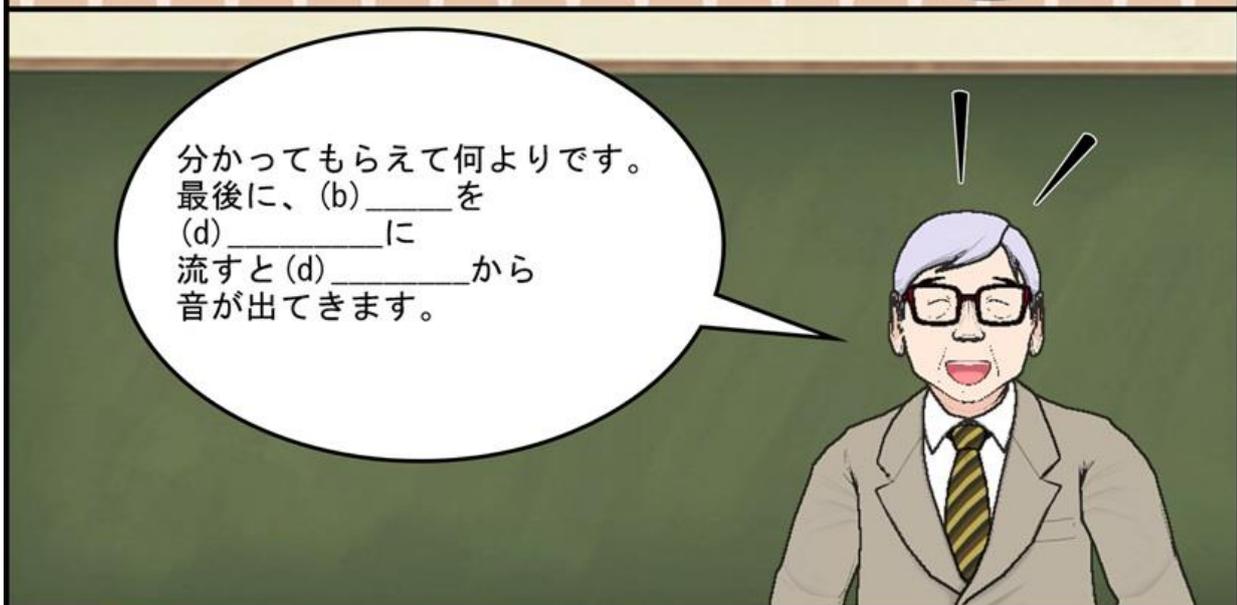


はい、その通りですね！
そして、
この (a) _____ は
その振動を (b) _____ に
変える役割をしています



つまり
(a) _____ が
ないとエレキギター
からは音が出てこない
ということですね！









注意して扱わないと・・・

磁石でケガをしたり物をこわしてしまったりすることがあるので注意しましょう！
金属に磁石がくっついてしまったりと簡単にはとれませんよ・・・！

ビュッ!



警告!

- ・ペースメーカーなどを装着している方に近づけないでください。
- ・磁石を飲み込まないでください。
- ・危険ですので幼児の手の届かないところに保管しておいてください。

うわー！



●作成に使用する電子部品について学ぼう！

エレキギターの仕組みを学習したところで
今回のエレキギターを作るのに使う電子部品の
それぞれの役割を書き込んでみましょう！



抵抗



トランジスタ



コンデンサ



ICチップ

●エレキギター本体の作成手順

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（2cm ネジ）・・・1つ
ペグ（2.5cm ネジ）・・・1つ
ネジ・・・5つ
フレット（つまようじ）・・・9本
ギター弦・・・1本
ミニジャック・・・1つ
電池ボックス（単3）&スイッチ・・・1つ
キャップリング&ホルダー・・・各1つ
両面テープ・・・1つ
補修テープ・・・1枚
単三電池・・・2本

使用工具

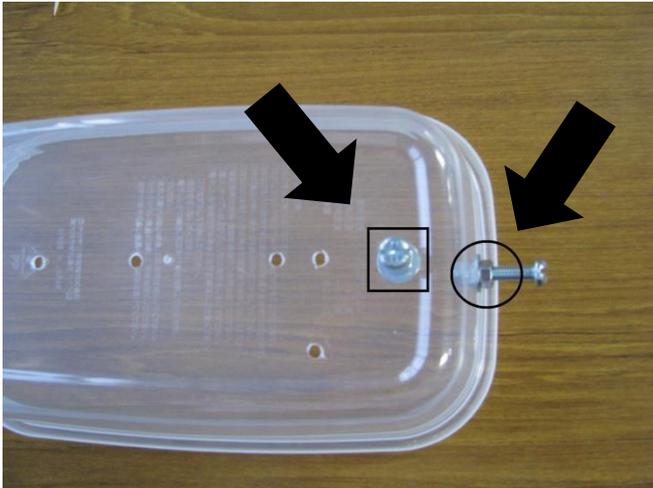
ドライバー・・・1つ
瞬間接着剤・・・1つ
ハサミ・・・1つ
ラジオペンチ・・・1つ
えんぴつ・・・1つ
ものさし・・・1つ
お持ち帰り用袋・・・1つ

製作手順

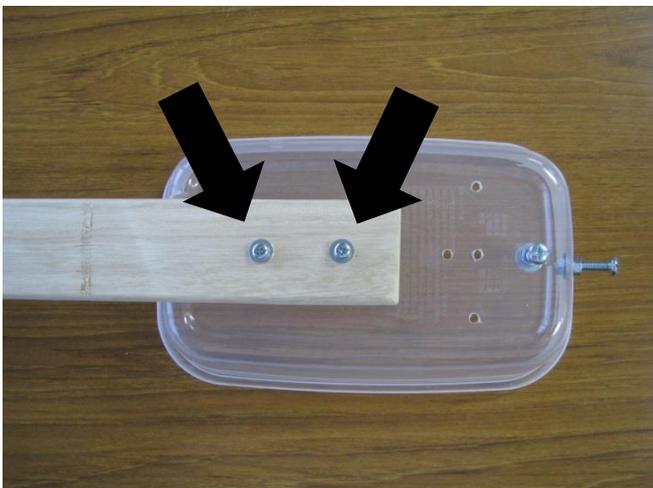
1. ブリッジを取り付けます。タッパー上部（下図の□位置）にネジを取り付けます。ボディからの高さは1.7cmにします。

2. ペグを取り付けます。ボディの後側の穴（下図の○位置）にネジを軽く取り付けます。

※ネジのくぼみがボディと並行になるようにしてください。



3. ネックを取り付けます。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ぐらぐらしない程度に軽く固定します。

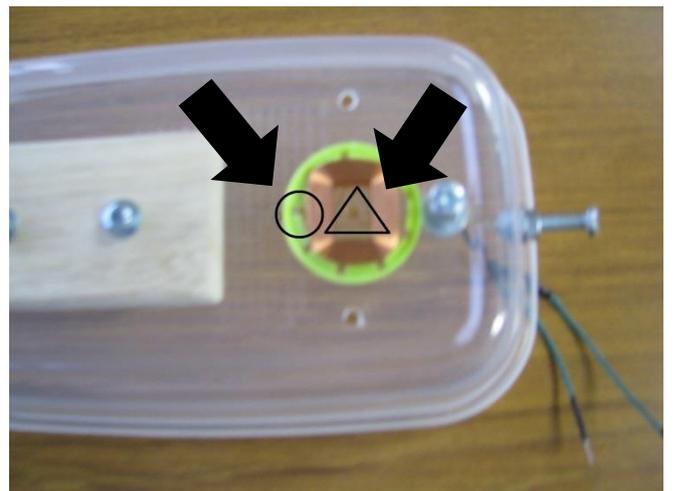


4. フレットをネックに貼り付けます。ド、レ、ミ、ファ、ソ、ラ、シ、ドの8つのピタゴラス音階を作ります。付録1の表を見ながらつまようじ9本をネックの指定されている位置に接着剤で貼り付けます。

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。

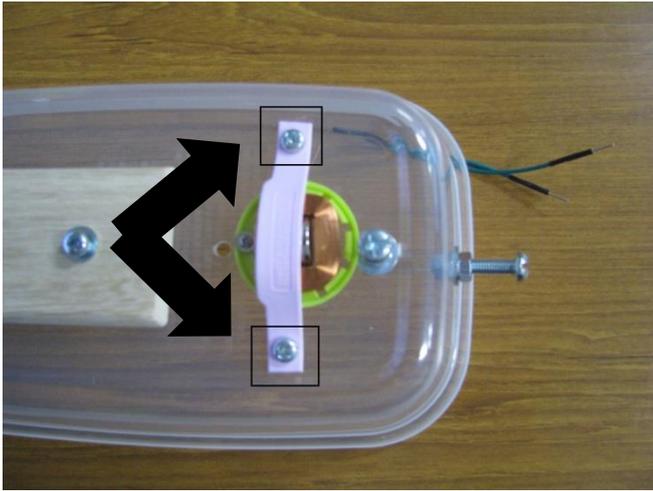
5. ピックアップを作ります。コイルの両端から出ているケーブルを20cm程伸ばしてから、ペットボトルのキャップリングの中にコイルを入れます。

6. リングをボディに固定します。2本の緑ケーブルを穴に通し（下図の△位置）、リングをブリッジに押しつけながら、リングとコイルの間にネジを通してボディの穴の位置と合わせて固定します。（下図の○位置）



次にコイルの中に磁石を入れ、その上からホルダーをかぶせ、ネジで留めます。(下図の口位置)

注意：磁石が強力なので気を付けてください（6ページの注意を見てください）。

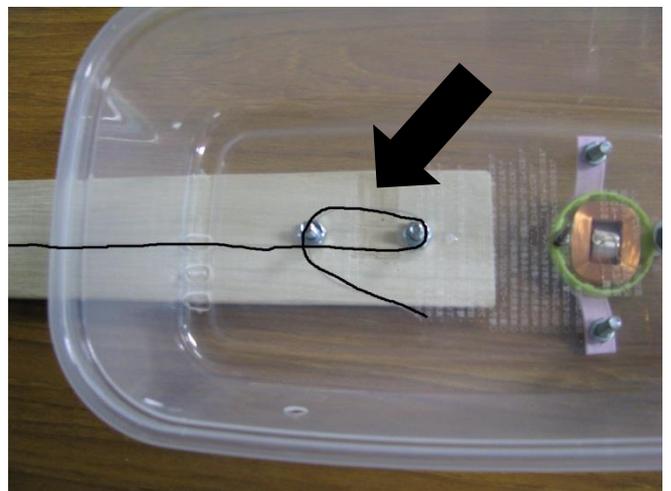
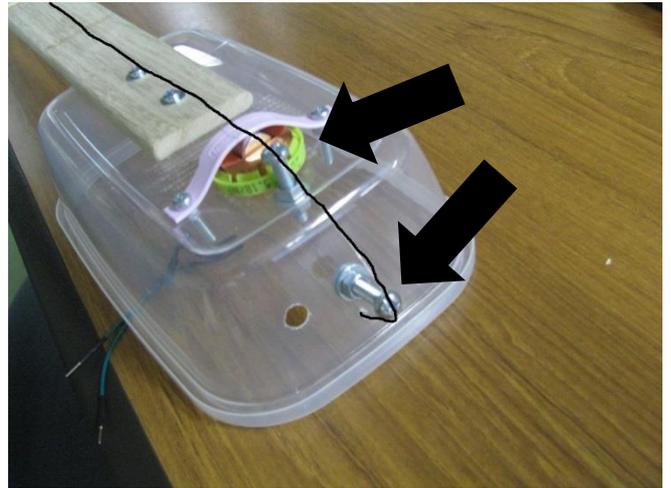


7. **ギター弦**を張ります。ペグの下にある小さな穴(下図の○位置)にタッパーの内側から弦を通します。



注意：ギターの弦はかたいので目に入らないように気を付けてください。

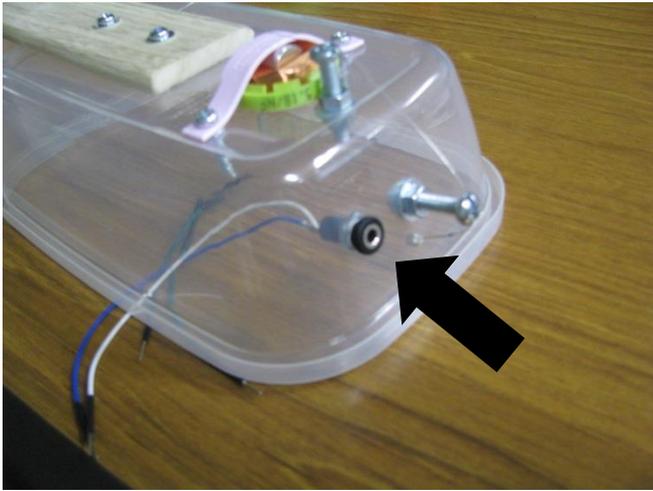
弦を通したら、ペグのくぼみ、ブリッジのくぼみに弦を通し、ネックの先端まで伸ばしたら折り返し、ネックを固定しているネジを少しゆるめて間に1回巻き付けからネジをしっかりと固定します(下図参照)。はみ出した弦はニッパーで切り落とします。その後、補修テープをネックの裏に貼り付けます。



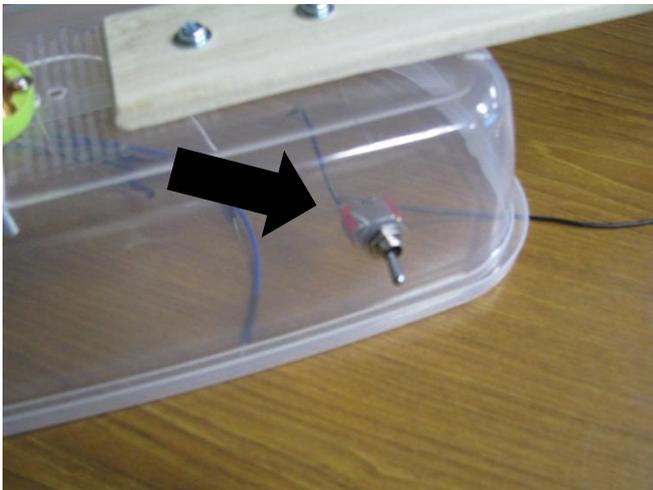
8. ペグを固定しているタッパー内側のナットをゆるめ、ペグを外側へ押しながら外側のナットを時計回りに回して弦を張ります。強く張りすぎるとネックが折れますので適度に回してください。

※音を鳴らしてみてもピックアップ部に弦が触れているようならブリッジを上げてください

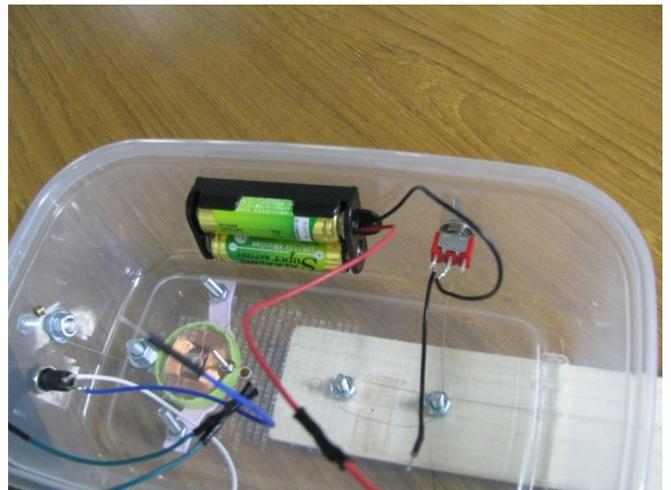
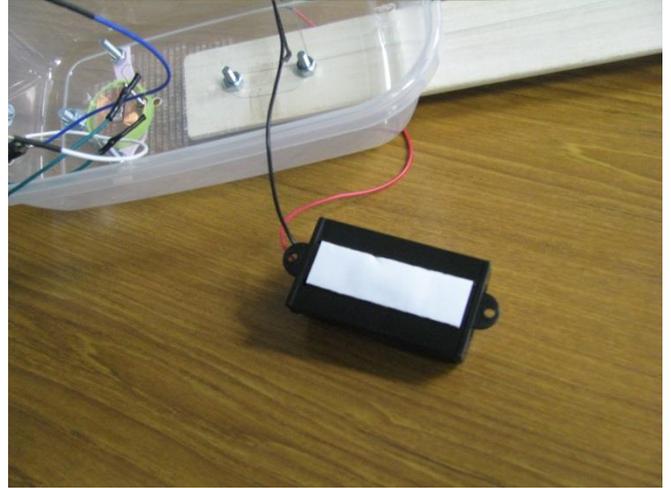
9. ミニジャックを取り付けます。ミニジャックに付いているボルトを外し、ボディの穴にミニジャックを取り付けた後、ボルトを締めなおして固定します。



10. スイッチを取り付けます。スイッチに付いているボルトを外し、ボディ側面の穴に取り付けた後にボルトをしめなおして固定します。



11. 電池ボックスを取り付けます。電池ボックスの裏に両面テープを貼り付け、ボディ側面に固定します。



材料

ブレッドボード・・・・・・・・・・1つ
組み立てシート・・・・・・・・・・1枚

組み立てシートに部品が貼ってあります。
部品が揃っているか確認してください。

使用工具

ラジオペンチ・・・・・・・・・・1つ

製作手順

1. 組み立てシートの番号順にブレッドボードに部品を取り付けていきます。各部品の役割についてはその都度説明していきます。

注意：トランジスタ、コンデンサ、LEDの向きに注意してください。

2. 取り付けが終わったら回路の動作確認を行います(講師が行います)。

3. ブレッドボードの裏の両面テープをはがしてフタの裏に固定します。

※回路のLED側がボディの先端側を向くようにします。

4. 電池ボックスのケーブル(赤)を X-23、(黒)を Y-23、ミニジャックのケーブルを(青)を D-11、(白)を J-10、コイルのケーブル(緑)を J-1 と Y-1 の穴にさします。

動作確認

電池を入れたらスイッチを入れて、ミニジャックにPC用スピーカーを差して音が出るか試してみましょう。

パソコン用スピーカーに接続する場合

100円ショップのスピーカーでも音が出ますが、より大きい音を出したい場合はパソコン用のスピーカーに接続します。その場合はスピーカーのスイッチをオフにしてからギターに接続し、スピーカーの音量を0にしてからギターのスイッチを入れ、その後スピーカーのスイッチを入れて少しずつ音量を上げてください。

●付録1.フレットの位置一覧表

	ブリッジからの位置
ド	34cm
レ	30.2cm
ミ	26.9cm
ファ	25.5cm
ソ	22.6cm
ラ	20.1cm
シ	17.9cm
高いド	17cm
補強用	ネックの先端に取りつける

※例えば「レ」の位置にフレットを付ける場合・・・

ブリッジから 30.2 cmの部分につまようじで作成したフレットをつけます。

えんぴつで計った位置に印をつけるとわかりやすいです！

