

第19回  
教育研究技術支援室 技術発表会

【第一部】

技術発表

【第二部】

森技術長 定年記念講演

平成29年3月21日（火）

仙台高等専門学校  
名取キャンパス教育研究技術支援室

# プログラム

## 【第一部】 技術発表

### 1. 開会

技術長挨拶 森 弘則

14:00 ~

### 2. 技術発表

座長：菅原 利弥，計時：高橋 裕司 （発表10分，質疑5分）

#### 1) 有明高専 研究プロジェクト 土壤水分・塩分濃度の遠隔測定への支援

第二技術班 小山 真二郎

14:05 ~ 14:20

#### 2) 銀を用いたエレクトロケミカル素子の紹介

広瀬キャンパス 佐々木 匠

14:23 ~ 14:38

#### 3) 化学実験における動画を用いた新しい指導手法の試み

第二技術班 山岡 靖明

14:41 ~ 14:56

#### 4) 高専低学年に向けた複合的な学習を目指した教材作成

第三技術班 田中 ゆみ

14:59 ~ 15:14

## 【第二部】 森技術長 定年記念講演

### 1. 開会

室長挨拶 内海 康雄

15:30 ~

### 2. 記念講演

「人生の出会い！」 森 弘則

15:35 ~ 16:05

### 3. 集合写真撮影

### 4. 閉会

# 技術発表会 発表資料・概要集

## 目次

- 1) 有明高専 研究プロジェクト 土壌水分・塩分濃度の遠隔測定への支援  
第二技術班 小山 真二郎 [pp.1-2]
- 2) 銀を用いたエレクトロケミカル素子の紹介  
広瀬キャンパス 佐々木 匠 [pp.3-6]
- 3) 化学実験における動画を用いた新しい指導手法の試み  
第二技術班 山岡 靖明 [pp.7-8]
- 4) 高専低学年に向けた複合的な学習を目指した教材作成  
第三技術班 田中 ゆみ [p.9]

(書式は統一しておりません)

仙台高等専門学校  
名取キャンパス教育研究技術支援室



SENDAI-NCT NATORI

これまでの経過・対応①

- 2016/04/08 有明高専からメール・電話で相談
- 2016/04/14 有明高専とGi-netでテレビ会議
- 2016/04/29 岩沼市内の田圃に機器設置
  - ・事前にパイプ4本溶接（加藤班長に依頼）とバッテリー5台を充電
  - ・大ハンマーとスコップを貸し出し



SENDAI-NCT NATORI

設置機器（クーラーボックスの中）

5

6



2016/09/02  
機器撤去の様子(岩沼)

SENDAI-NCT NATORI

これまでの経過・対応②

- 2016/06/30 機器のチェック・周辺の草刈り
- 2016/09/02 機器の移設（岩沼→東松島 大豆畑）
- 2016/10/18 機器メンテナンス（東松島）
  - ・1台データが送信されない
  - ・電源コントローラーの再起動で復活



2016/10/18 機器移設後の様子(東松島)

SENDAI-NCT NATORI

これまでの経過・対応③

- 2016/12/22 機器メンテナンス（東松島）
  - ・3台ともデータが送信されない
  - ・コーディネーターの電源コントローラーがあやしい
  - ・電源コントローラーとバッテリーを交換
  - ・症状は変わらず
  - ・ソーラーパネルから電源コントローラーへの線の接続部の接触不良を発見 → 修理
  - ・無事に復帰！

横島 高専 東北  
(熊本県)  
non-dispaly  
Restart shiny

Data from Touhoku

Data num.  
100  
Refresh

|       | data | X10cmBP  | X10cmEC | X30cmBP | X30cm |
|-------|------|----------|---------|---------|-------|
| 22149 | P003 | 15.17    | 0.00    | 17.13   | C     |
| 22149 | P002 | 18.74    | 0.00    | 21.66   | C     |
| 22147 | P001 | 16.48    | 0.00    | 15.82   | C     |
| 22146 | O119 | 17:00:00 |         |         |       |
| 22145 | P003 | 15.01    | 0.00    | 17.26   | C     |
| 22144 | P002 | 19.83    | 0.10    | 21.66   | C     |
| 22143 | P001 | 16.85    | 0.00    | 16.16   | C     |
| 22142 | O119 | 16:00:15 |         |         |       |
| 22141 | P003 | 14.97    | 0.01    | 17.34   | C     |
| 22140 | P002 | 18.74    | 0.03    | 21.57   | C     |
| 22139 | P001 | 16.06    | 0.00    | 16.00   | C     |
| 22138 | O119 | 15:00:14 |         |         |       |
| 22137 | P003 | 15.17    | 0.00    | 17.40   | C     |
| 22136 | P002 | 19.53    | 0.12    | 21.80   | C     |
| 22135 | P001 | 16.56    | 0.00    | 16.24   | C     |
| 22134 | O119 | 14:00:10 |         |         |       |
| 22133 | P003 | 15.01    | 0.00    | 17.26   | C     |

測定結果をリアルタイムで確認

SENDAI-NCT NATORI

今後の予定

- ・来年度
  - 東松島での測定を継続
  - 機器メンテナンスを担当
- ・再来年度以降
  - 次年度で科研終了のため、新たな助成金に申請を検討予定
- ・将来的には
  - 学学連携のモデルケースとして教材化

## 第 19 回教育研究技術支援室発表会

## 研究開発技術等の概要

|   |                     |       |      |
|---|---------------------|-------|------|
| 学校名   | 仙台高専広瀬キャンパス         | NO. 1 |      |
| 氏名  | 佐々木 匠               | 職名    | 技術職員 |
| 研究開発<br>技術等の題名  | 銀を用いたエレクトロケミカル素子の紹介 |       |      |
| <p>1. はじめに</p> <p>近代建築物において、多くの光を取り込むために開口の大きい窓の設置が増えてきており、それに伴い窓から出入りする光や熱の効率的利用が重要になってきている。そこで近年、透明から不透明に可逆的に変化する調光ガラス(スマートウィンドウ)に大きな注目が集まっている。このスマートウィンドウに関して小林ら[1]は透明、鏡、黒面の3状態に可逆的に可変する銀折出型エレクトロケミカル(EC)素子の報告をしている。このEC素子は電極として表面形状が平坦面および粗面のスズ添加酸化インジウム薄膜(Tin doped Indium Oxide, ITO)を使用している。基本状態は透明であるEC素子に電圧を加え、平坦面を有するITO薄膜に銀を析出させることで鏡に、粗面を有するITO薄膜に銀を析出させることで黒面に状態が変化する。小林らはスパッタリング法で得た平坦面を有するITO薄膜と、この表面にITO微粒子を含む分散液をスピコート法で塗布・焼成した粗面を有するITO薄膜をそれぞれ用いていた。</p> <p>本校の専攻研究[2][3]では、平坦および粗面のITO薄膜の成膜方法としてスプレーCVD(Chemical Vapor Deposition, 化学気相成長)法を用いた研究をおこなっている。この方法は従来のスパッタリング等と異なり真空系およびプラズマ発生用電源を必要とせず、焼結体では困難な薄膜の形成制御を原料溶液の組成を変化させることで実現可能としており、簡単かつ安価であるという特長がある。</p> <p>本発表では、このスプレーCVD法による平坦面および粗面を有するITO薄膜の作製法並びにこれらを用いたEC素子の紹介をおこなう。</p> <p>2. スプレーCVD法</p> <p>本発表で紹介するスプレーCVD法の模式図を図1に示す。ホットプレート上にガラス基板を配置し、直上からスプレー噴霧器によりスプレー溶液を噴霧する。噴霧されたスプレー溶液はホットプレートからの熱により気化し、ガラス基板表面に吸着する。吸着した原料は熱エネルギーを受けてマイグレーションし、やがて安定な場所に移動して留まり酸化する。これを繰り返して薄膜が形成される。</p> <p>スプレーCVD法は大気中にて成膜をおこなうため真空系が不要であり、簡単かつ安価な特徴を有している。また、原料を溶媒であるエタノールに溶解させてスプレー溶液とするため添加濃度を容易に変化させることが可能である。</p> |                     |       |      |

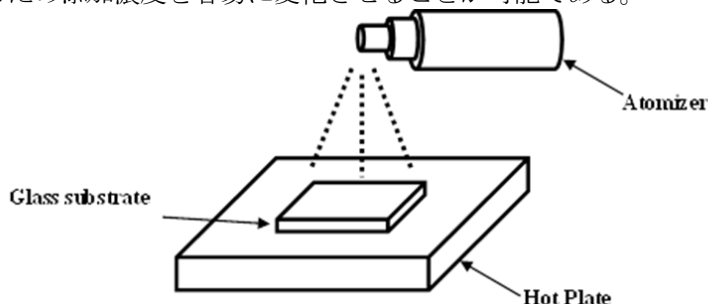
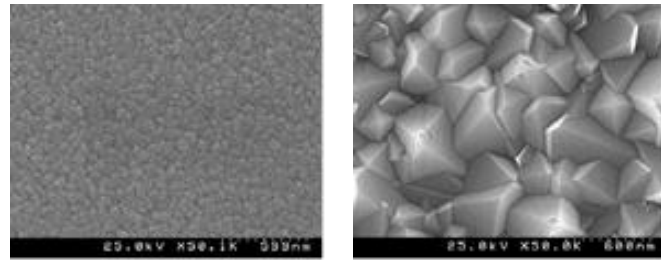


図1 スプレーCVD法の模式図

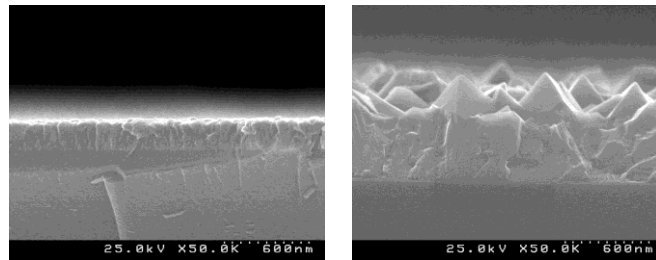
| 学校名  | 仙台高専広瀬キャンパス | 氏名 | 佐々木 匠 |
|--|-------------|----|-------|
| <p>3. 実験準備</p> <p>EC 素子作製に必要な EC 素子用電解液と、ITO 薄膜作製に必要なスプレー溶液の調製法を以下に示す。</p> <p>3. 1 EC 素子用電解液の調製</p> <p>硝酸銀 (I) (<math>\text{AgNO}_3</math>) を原料とした EC 素子用電解液を調製した。溶質として硝酸銀 (I) 85 g、添加剤として塩化銅 (II) 二水和物 (<math>\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math>) 13 mg およびテトラブチルアンモニウムブロマイド (TBABr) 806 mg を、溶媒であるジメチルスルホキシド (DMSO) 10 mL にそれぞれ溶かし込んだ。さらに、ホストポリマーとしてポリビニルブチラール (PVB) を加えて 12 時間以上攪拌することで EC 素子用電解液とした。</p> <p>3. 2 ITO 薄膜作製用スプレー溶液の調製</p> <p>主原料である塩化インジウム (III) 四水和物 (<math>\text{InCl}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}</math>) と添加剤の塩化スズ (II) 二水和物 (<math>\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math>) を用いて、スズの添加濃度が 6 at.%、総金属濃度が 0.1 mol/L となるようエタノールで希釈し、12 時間以上攪拌することでスプレー溶液とした。</p> <p>4. ITO 薄膜の作製</p> <p>平坦面ならびに粗面を有する ITO 薄膜の作製法を以下に示す。</p> <p>4. 1 平坦面を有する ITO 薄膜の作製</p> <p>予め加熱したホットプレート上にガラス基板を置き、基板表面温度が 430℃ となるように設定し、スプレー溶液を直上 15 cm の高さから 5 秒間隔で 200 回噴霧した。</p> <p>4. 2 粗面を有する ITO 薄膜の作製</p> <p>次に予め加熱したホットプレート上に ITO 付きガラス基板 (LT-G001 Luntec) を置き、基板表面温度が 475℃ となるよう設定し、スプレー溶液を直上 30 cm の高さから 1 秒間隔で 100 回噴霧した。</p> <p>5. EC 素子の作製</p> <p>EC 素子の模式図を図 2 に示す。前述の平坦面および粗面を有する ITO 薄膜を厚さ 0.5 mm のシリコンスペーサを用いて挟み込み、その間に EC 素子用電解液を充填することで EC 素子とした。</p> <div data-bbox="363 1339 1241 1527" style="text-align: center;"> </div> <p>図 2 EC 素子の模式図</p> <p>6. 結果と考察</p> <p>図 3 に作製した ITO 薄膜表面の FE-SEM 像を、図 4 に ITO 薄膜断面の FE-SEM 像をそれぞれ示す。図 3 より結晶の平均粒径は平坦な ITO 薄膜が 71.2 nm、粗面の ITO 薄膜が 433.6 nm であった。また、図 4 より算術平均粗さを計算したところ、平坦な ITO 薄膜の粗さが 6.5 nm、粗面の ITO 薄膜の粗さが 74.6 nm であることから、両薄膜の粗さに十分な差があるため EC 素子用の電極として有効であると推測される。</p> |             |    |       |

|     |             |    |       |
|-----|-------------|----|-------|
| 学校名 | 仙台高専広瀬キャンパス | 氏名 | 佐々木 匠 |
|-----|-------------|----|-------|



(a)平坦面 (b)粗面

図3 ITO 薄膜表面の FE-SEM 像



(a)平坦面 (b)粗面

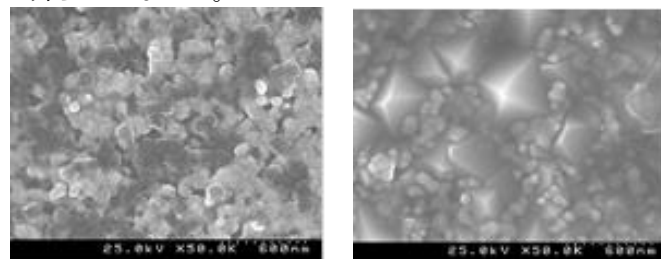
図4 ITO 薄膜断面の FE-SEM 像

次に、作製した ITO 薄膜の電気特性を表 1 に記す。平坦な ITO 薄膜の抵抗率は  $2.3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 、移動度は  $30 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 、キャリア密度は  $9.2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  と良好な導電性を有していることがわかった。一方、粗面の ITO 薄膜の抵抗率は  $1.4 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ 、移動度は  $35 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 、キャリア密度は  $1.3 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$  と平坦な ITO 薄膜より優れた値となっていた。

表 1 ITO 薄膜の電気特性

|            | 抵抗率 [ $\Omega \text{ cm}$ ] | 移動度 [ $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ] | キャリア密度 [ $\text{cm}^{-3}$ ] |
|------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| 平坦な ITO 薄膜 | $2.3 \times 10^{-4}$        | 30  | $9.2 \times 10^{20}$        |
| 粗面の ITO 薄膜 | $1.4 \times 10^{-4}$        | 35  | $1.3 \times 10^{21}$        |

ITO 薄膜に銀を析出させた時の FE-SEM 像を図 5 に示す。平坦な ITO 薄膜に析出させた場合、銀は電極を埋め尽くすように析出している様子が確認できた。一方、粗面の ITO 薄膜に析出させた場合、粗面の ITO 薄膜を形成する ITO 結晶の谷間に析出していることが明らかとなった。



(a)平坦面 (b)粗面

図5 銀を析出させた ITO 薄膜表面の FE-SEM 像



|     |             |    |       |
|-----|-------------|----|-------|
| 学校名 | 仙台高専広瀬キャンパス | 氏名 | 佐々木 匠 |
|-----|-------------|----|-------|

図6に粗面のITO薄膜に析出した銀粒子の粒度分布を、図7に作製したEC素子の透過率および反射率をそれぞれ示す。平坦なITO薄膜に-の端子を、粗面のITO薄膜に+の端子を接続し、電極に±2.5 Vを印加した時の透過率および反射率を測定した。

電圧を印加しない(0 V)場合、500 nm付近では透過率は40%と低い値を示しているが、長波長になるにつれて値が大きくなり、700 nm付近では80%を超える値を示した。EC素子用電解液に関してTBABrのみを除いて調製すると溶液は白濁し、塩化銅のみを除いて調製すると溶液は透明となった。このことから短波長側における透過率の低減はTBABrと塩化銅が混ざることにより何かしらの錯体を形成し、光を吸収しているのではないかと推定される。

+2.5 V印加時の反射率は700 nm付近では100%に近い値を示していた。これは銀鏡が形成されることによる光の反射であると推測される。-2.5 V印加した場合は可視光透過率(380~780 nm)がほぼ0%で、反射率も約10%であることから黒面が形成されていることが考えられる。-2.5 V印加では粗面のITO薄膜に銀粒子が析出している状態である。この場合の銀粒子は可視光の波長よりはるかに小さく、またその大きさも20~120 nmと不均一である。銀の微粒子はその粒径によってプラズモンの吸収ピークが変化することが知られている。粗面のITO薄膜に析出した銀粒子は10~100 nm大の粒子が存在していることから、可視光波長を全て吸収し、黒色を呈していると考えられる。

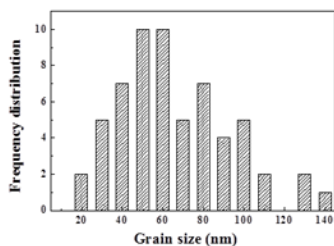


図6 粗面のITO薄膜に析出した銀の粒度分布

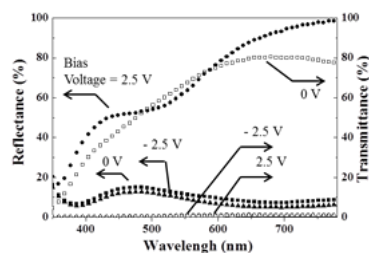


図7 EC素子の透過率および反射率

### 7. 結果、まとめ

本発表ではスプレーCVD法により平坦面および粗面を有するITO薄膜を堆積し、これらを用いてEC素子を作製する研究について紹介した。作製したEC素子は電圧の印加によって銀の析出の仕方に変化が見られ、平坦なITO薄膜に析出した場合は鏡になり、粗面のITO薄膜に析出した場合は黒面となったことから、EC素子の作製に成功したと言える。

#### 参考文献

- [1] K.Kobayashi, S.Araki, K.Nakamura, N.Kobayashi, Proc. IDW '11, pp.395-398.
- [2] R. Onodera, Y. Seki, S. Seki, K. Yamada, Y. Sawada, T. Uchida, Proc. IDW/AD '12, EPp-16L.
- [3] R. Onodera, Y. Seki, S. Seki, K. Yamada, Y. Sawada, T. Uchida, Appl. Phys. Express, 6 (2013) 026503-1/3.

# 化学実験における動画を用いた新しい指導手法の試み

山岡 靖明

仙台高等専門学校 名取キャンパス 教育研究技術支援室

## 1. 背景

本校では今年度から時間割が改変され、報告者らが学生実験を担当している「化学Ⅰ」（本科1年一般科目）および「化学Ⅱ」（本科2年一般科目）の授業については、1週当たり110分から90分に減った。

この授業ではそれぞれ年間3回程度の実験を行っているが、学生が手を動かす時間を確保するため、実験操作の指導に割く時間を短縮する必要がでてきた。

## 2. 問題点

学生実験では「どのような結果が得られるか」ということよりも「正しい操作で安全に実験を行えるか」ということに主眼を置いて授業を進めている。これまでは実験操作の説明を演示とホワイトボード上のイラストで行ってきたが、説明の時間を短縮するために動画を用いて説明することとした。

指導書に付属しているDVD<sup>1)</sup>にも学生実験で行っているテーマの実験の動画が収録されているが、注意点が網羅されていないこと、誤った実験操作で進めている箇所があることといった、いくつかの問題点が確認された。そのため、独自に制作した動画で実験操作の説明をすることとした。

## 3. 撮影方法

撮影は化学実験室にて実施した。撮影機材は、カメラと三脚のみである。動画が実験者の視点で見えるように、カメラの配置を調整した。（図1参照）

撮影する範囲については試薬を量り取る、試験管に移す、といった操作も省略せずすべての手順を撮影した後、Windowsムービーメーカーを用い、字幕の挿入と単調な操作を早送りにするといった編集を行った。

制作した動画は実験を行う授業時間の中で学生に見せ、注意点を強調しながら実験操作の説明をした。（図2参照）



図1：撮影時の機材等の配置



図2：動画を用いた説明の授業風景

#### 4. 得られた効果

説明時間を短縮したことにより、学生が手を動かす時間を減らさずに実験を授業時間内に終わることができた。特に試薬の計量や器具の洗浄といった基本的な部分の注意事項の確認を短時間に済ませられたことで説明の時間を大幅に削減できた。

また、失敗例を盛り込むことによって、必要に応じて一時停止をして該当する箇所に注目させながら、危険な点、失敗をしやすい点を理解させることができた。

#### 5. 今後の展望

今年度は動画制作を始めたばかりで完成した動画には稚拙な点も多々あったため、例えば、場面の切り替わりわかりやすくする、字幕の表示時間を調整するなどして、ブラッシュアップを重ねていきたい。

また、実験テーマの動画の他にも、器具や試薬の基本的な取り扱い方や危険予知の動画も制作し、それらの動画ライブラリーを作ることにより、学生たちの予習に役立てられるようにしたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 東京書籍「化学基礎 指導資料」指導用DVD-ROM (2012)

# 高専低学年に向けた 複合的な学習を目指した教材作成 (仙台高専 教育研究技術支援室<sup>1</sup>, 専攻科<sup>2</sup>)

○田中ゆみ<sup>1</sup>・本郷 哲<sup>2</sup>

キーワード：高専学生，複合的学習，学習教材，エンジニアリングデザイン

## 1. はじめに

高専の各校には機械系，電気系，材料系，建築系，情報系等の幅広い分野の学科が設置されている。そのため，創造性教育<sup>1)</sup>においては高度化・多様化した複合課題に対応できる技術者養成に最適な環境である。仙台高専名取キャンパスでは，授業科目「創造実習」「専攻実験」「創造工学演習」等で実践されてきている。

ここで，これらの科目の実施方法・時期に着目してみると(平成 26 年度参照)，(1)創造実習：複数分野の基礎的な融合テーマを学科混成グループで手掛ける(本科 2 年前期)，(2)専攻実験：関連学科の体験的実験テーマにグループで取組む(専攻科 1 年通年)，(3)創造工学演習：各学科の専門性を持ち寄りグループで問題解決にあたる(専攻科 1 年後期)となっている。(1)と(2)(3)の間レベルとしても期間としても開きがあると考えられ，ここに次ステップと成りうる科目があるとなお望ましいと考えられる。

## 2. 目的

本報告では，1. で述べた次ステップを担う科目を想定した教材開発の構想を述べる。具体的には「複数の分野の技術が用いられた“ものづくり”」教材とする。この教材での複合的な学習体験から，今後，前述 1. の(2)(3)のような課題に取り組む際，自分自身が学んだ分野の知識技術がどう活かせるか・他分野の技術はどんなものが必要そうか・協同して活動する際お互いのバックグラウンドはどうであるか等が考慮できる，エンジニアリング能力向上のための支援を担うことを目的とする。対象は本科 2，3 年生程度とする。

## 3. 複合的学習のための教材構想

本教材は本校の体験教室<sup>2)</sup>にて実績のある「簡易エレキギター」を基本とし，機械・電気・情報分野の単元を複合的に学習できるものとする。

### 3. 1. 機械分野の学習単元(3DCAD 作図)

機械分野の学習単元は，簡易なパーツの 3D プリンタによる生成のための作図(図 1)とする。作図は SketchUp にて行わせ，平面図を描きそこから掃引体を作成する等の 3DCAD のごく基本的な作図技能を習得する。また，“ものの機能”を実現させる筐体設計や，作成パーツの役割(演奏のし易さ，安定性等)，および 3D プリンタで用いるレジン液の性質等を理解できるものとする。

### 3. 2. 電気分野の学習単元(電磁誘導)

電気分野の学習単元は，電磁誘導の原理を理解

するためのピックアップ(図 2)製作とする。製作時には，かなりの巻き数が要されるので，前述 3. の体験教室で製作実績のある電動ミシン踏みによるコイル巻きとする。また，エレキギターの要であるピックアップの役割を理解し，コイルの巻き数や太さにより低高音の響きが変わることや，補足として音階を決めるフレット位置の求め方まで理解できるものとする。

### 3. 3. 情報分野の学習単元(プログラミング)

情報分野の学習単元は，簡易ギターの音色に変化を与える簡易エフェクタソフト作成とする。作成にはノート端末上で processing 言語を使用し，プログラミングの変数や配列，制御構文(if/for 等)といった基礎文法を習得する。また，エフェクトに搭載するエコーやビブラート等の原理を理解できるものとする。

## 4. おわりに

現在は配布パーツも含めた筐体について改良を重ねながら考案中である。テキストも含めた各学習単元の制作が完了し次第，対象学年の 2，3 年生に本教材での学習試行をお願いし，観察・アンケート結果からフィードバックを行い，改善していく。

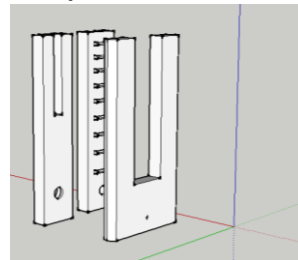


図 1. 簡易パーツ(手前が該当)



図 2. ピックアップ

## 謝辞

本研究は平成 27 年度奨励研究(課題番号 15H00232)に採択されています。深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1)低学年での創造性育成教育の工夫(鈴木勝彦，他)，応用物理教育第 38 巻 2 号，pp.97-102，2014  
2)わくわく体験教室：  
<http://www.sendai-nct.ac.jp/news/2014/06/30/natori-003137.php>

お問い合わせ先

氏名：田中ゆみ

E-mail：yumi-t@sendai-nct.ac.jp