

公立はこだて未来大学 2017 年度 システム情報科学実習
グループ報告書

Future University Hakodate 2017 System Information Science Practice
Group Report

プロジェクト名

Fab da Vinci: カガクとアートをハックしよう！

Project Name

Fab da Vinci: Let ' s Hack Science and Art!

グループ名

ハック班

Group Name

Hack Group

プロジェクト番号/Project No.

24

プロジェクトリーダー/Project Leader

1015114 久保めぐみ Megumi Kubo

グループリーダー/Group Leader

1015084 本田昂平 Kohei Honda

グループメンバ/Group Member

1015039 中村宥磨 Yuma Nakamura

1015084 本田昂平 Kohei Honda

1015154 及川遼 Ryo Oikawa

指導教員

塚田浩二 美馬のゆり 角康之

Advisor

Koji Tsukada Noyuri Mima Yasuyuki Sumi

提出日

2018 年 1 月 19 日

Date of Submission

Jan. 19, 2018

概要

Fab 文化とは「自分たちが使うものを, 生活者自身がつくる文化」である. その実現を目指す場の1つとして FabLab である. 昨年度 (2014 - 2016 年度) までプロジェクト活動では「はこだてみらい館」に「FabLab Hakodate β 」の拠点の確保ができた. しかし, 現状では利用者が少ないため, 今年度のプロジェクトの活動では Fab 文化を活性化させるための新しいコンテンツやカリキュラムを制作することとなった. そこで本グループは「新たな Fab 機材をハードとソフトの2つの面から制作することで表現の幅を広げる」ことからコンテンツの制作を行うこととした. ハードの面の問題は, 既存の Fab 機材では加工できる素材は限られている点である. ソフトの面の問題は, 専門的な知識のない人が Fab 機材を使うことが難しいという点である. 私たちはこれらの問題を新たな Fab 機材を制作することで解決し, 表現の幅を広げようと考えた.

キーワード FabLab, デジタル工作機器, Fab 文化

(* 文責: 中村宥磨)

Abstract

Fab culture is "FabLab" as one of the places that aims at realizing it. The project activity until last fiscal year (2014 - 2016) is "Hakodate Miraikan" We can secure the base of" FabLab Hakodate beta. "However, because there are few users at present, we will create new content and curriculum to activate Fab culture in this fiscal year's project activities Therefore, this group decided to produce contents from "to expand the range of expressions by creating new Fab equipment from two aspects of hardware and software." The problem of hardware is that existing The material that can be processed with Fab equipment is limited. The problem of software is that it is difficult for people without expert knowledge to use Fab equipment. We will make these new problems Fab Was solved by creating a wood, I was thinking about broaden the range of expression.

Keyword FabLab, Digital machine tool, Fab culture

(*Responsibility for wording: Yuma Nakamura)

目次

1	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	目的	1
1.3	従来例	1
1.4	従来の問題	1
1.5	課題	2
2	ハック班概要	3
2.1	問題の設定	3
2.2	課題の設定	3
2.3	到達目標	3
3	課題解決のプロセス	4
3.1	各人の役割	4
3.2	制作物の概要	4
3.2.1	砂に描画する XY プロッター	4
3.2.2	ハミングオルゴールシステム	5
3.3	制作プロセス	7
3.3.1	砂に描画する XY プロッター	7
3.3.2	ハミングオルゴールシステム	9
4	まとめ	15
4.1	ハック班の成果	15
4.2	今後の課題	15
4.2.1	砂に描画する XY プロッター	15
4.2.2	ハミングオルゴールシステム	15
5	参考文献	16
6	付録	17
6.1	新規習得技術	17
6.2	活用した講義	17
6.3	相互評価	17

1 はじめに

1.1 背景

Fab 文化とは「自分たちの使うものを,生活者自身がつくる文化」である.その実現を目指す場の1つとして FabLab があり,日本には 16ヶ所,世界には 100ヶ国 1000ヶ所以上に広がっている.Fab 文化の発展を目指し,昨年度(2014 2016 年度)までに「はこだてみらい館」に「FabLab Hakodate β 」の拠点を確保できた.我々はさらなる Fab 文化の発展のためには,この拠点で活用できる新しい魅力的な Fab コンテンツ・カリキュラムの構築が必要だと考えた.

(*文責:中村宥磨)

1.2 目的

本プロジェクトの目的は,魅力的なコンテンツ・カリキュラムを制作することである.さらに,教育やものづくりの専門家からのフィードバックを通じて品質を向上させる.最終的に,ワークショップやレシピ化を通して制作物を発信し,Fab 文化の発展を目指す.

(*文責:中村宥磨)

1.3 従来例

2016 年度の Fablab 函館のプロジェクトでは,運営班,コンテンツ班,システム班の3班が活動してきた.設定した課題1つに対して3班のうちいずれか2班が課題解決に取り組んできた.課題の1つ目「市内での運営」では運営班とシステム班が,キラリス函館 3F みらい館での運営を実現し,マニュアル作成や基本的な体制づくりを行った.また制作過程を記録するシステムを FabLab Hakodate の市内運営の中で運用した.課題の2つ目「他施設との連携」では運営班とコンテンツ班が FabLab Hakodate の運営母体である,みらい館のニーズを汲み取ったコンテンツ制作を行った.また,他 FabLab との連携も実現することができた.FabLab Sendai FLAT との合同ワークショップのノウハウや,デジタル工作機器を扱うスキルを学ぶことが出来た.課題の3つ目「体験の記録と理解」ではコンテンツ班とシステム班が,オリジナルコンテンツの制作過程を記録し,Web サイトにデータを共有した.また,通常運営時やワークショップの開催時に,FabLab を訪れてくれた方のモノづくりの過程を記録することが出来た.そして体験を映像などの媒体で持ち帰ることができるシステムのプロトタイプを作成することができた.

(*文責:中村宥磨)

1.4 従来の問題

昨年度までの FabLab プロジェクトにおいて,以下の問題点がある.

- (1) 拠点は確保されたが,毎週金曜日の通常運営では1日当たり4,5人しか来ていない現状がある.
- (2) 来館者の中で FabLab の存在をあらかじめ知っていた人はほとんど存在しなかった.
- (3) FabLab Hakodate β のメインとなるような作品または機材が存在しない.
- (4) 「Fab の特性」を生かしたものづくりが行われていない.
- (5) 制作物の表現の幅が狭い.
- (6) 特別な技術を必要とする.
- (7) 物を作る際に必要な知識が利用者に不足している.

(*文責：中村宥磨)

1.5 課題

上記問題点を解決するために、カガク班, アート班, ハック班という3つの班に分かれて課題解決に取り組んだ. それぞれの班で上記問題を解決するための具体策は以下の通りである.

- 上記問題の (4) をアート班が担当する.
- 上記問題の (5),(6) をハック班が担当する.
- 上記問題の (7) をカガク班が担当する.
- また, それぞれの班の活動を通して上記問題の (1) (3) を解決する.

(*文責：中村宥磨)

2 ハック班概要

2.1 問題の設定

本グループは、Fabにおいて制作の補助を行うデジタル工作機器、通称「Fab 機材」に着目した。近年、Fab 機材を用いたモノづくりが身近になりつつある。しかし、既存の Fab 機材には、以下の問題点がある。まず、ハードウェアの面における問題点を挙げる。

- 加工が可能な素材が限られている。
- 加工方法が限られている。

これらの問題点により、現状の Fab 機材を用いた制作では、制作の表現の幅が限られてしまう可能性がある。また、ソフトウェアの面における問題点は以下の通りである。

- 出力するデータを自ら作成する必要がある。
- データの作成には専門的な知識が必要である。

これらの問題点により、初心者にとって Fab 機材を用いたモノづくりは難易度が高く、手をつけにくいと思われてしまう可能性がある。

(* 文責 : 中村宥磨)

2.2 課題の設定

2.1 節で述べた問題を解決するため、以下の制約条件の下で新たな Fab 機材の制作を行った。

ハード面

- 加工が可能な素材と加工の方法の可能性を広げる。

ソフト面

- データの作成を簡単な入力方法で行うことができるシステムを開発する。

(* 文責 : 中村宥磨)

2.3 到達目標

2.2 節で述べた課題を達成するため、以下の 6 点を目標とした。ハード面

- 現状 Fab 機材で加工が可能な素材と、どのような加工方法があるのか調査する。
- 現状 Fab 機材で加工が不可能な素材と加工方法を列挙し、実現策を検討する。
- 実現策のプロトタイプを制作し、どんな制作に活かせるか模索する。

ソフト面

- どのような方法でユーザーが情報を入力するかを検討する。
- どのように情報をデータ化するかを検討する。
- どの言語を用いてソフトウェアを開発するか検討する。
- 仕事を分担し、それぞれの成果を組み合わせることで 1 つのシステムにまとめる。

(* 文責 : 本田昂平)

3 課題解決のプロセス

3.1 各人の役割

- 本田昂平（ハック班リーダー）
 - (1) ハック班のリーダーとして、班活動の進行役となった。
 - (2) 前期の活動では、砂に描くプロッターの動作確認を行った。
 - (3) 後期の活動では、オルゴールの土台の制作を行った。
- 中村宥磨（議事録係）
 - (1) 先生方のアドバイス等をノートに記録し、班員に共有した。
 - (2) 前期の活動では、砂に描くプロッターの部品の制作を行った。
 - (3) 後期の活動では、シリンダー出力用のプログラムの制作を行った。
- 及川遼（撮影記録係）
 - (1) 活動の様子撮影の他、制作物の動作の記録を行った。
 - (2) 前期の活動では、砂に描くプロッターの映像記録を行った。
 - (3) 後期の活動では、音程認識用のプログラムの制作を行った。

（*文責：本田昂平）

3.2 制作物の概要

3.2.1 砂に描画する XY プロッター

「砂に描画する XY プロッター」は、XY プロッターという Fab 機材の部品を一部改造して、砂の上に絵や文字を描くことができるものである。通常、XY プロッターは紙の上にペンで描画するものである。しかし、出力先を紙から砂に変え、出力手段をペンから綿棒に変えることで、砂への描画が可能になった。砂の上に描かれる軌跡には紙に描いたものとは違う魅力的な質感があり、この機材を用いたアート作品の制作の可能性も検討できた。全体図は図 1 のとおりである。

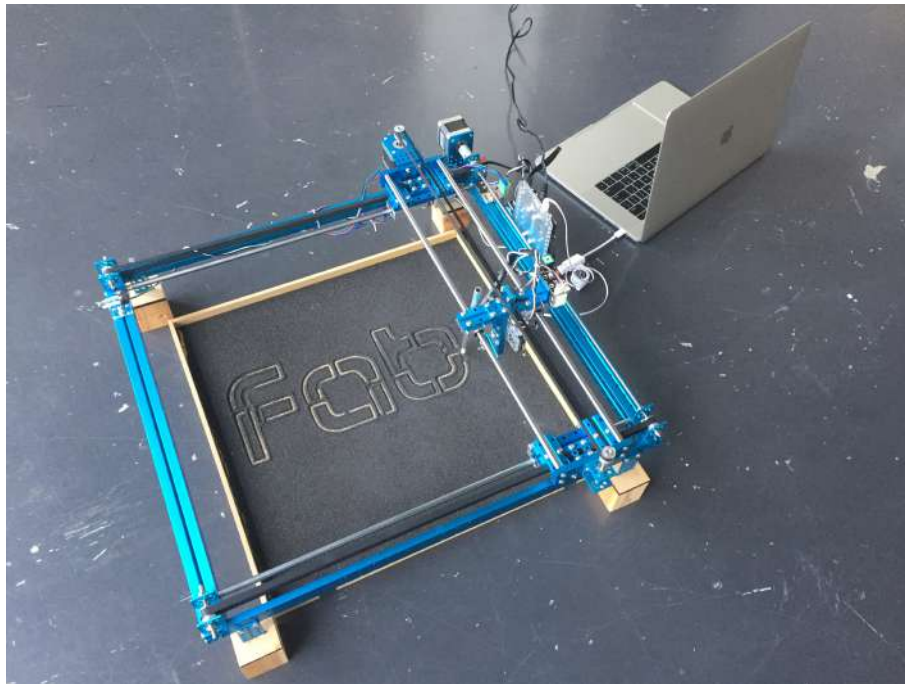


図 1: 砂に描画する XY プロッター

(* 文責 : 本田昂平)

3.2.2 ハミングオルゴールシステム

ハミングオルゴールシステムは、音程認識、シリンダー出力、土台への組み込みの 3つのプロセスに分かれている

(* 文責 : 本田昂平)

3.2.2.1 音程認識 最初に、パソコンのマイクから音を読み込む、次に、読み込んだ音の波形を FFT (高速フーリエ変換) という計算で周波数成分に変換する。最後に、周波数成分を 1 秒間に 5 回の間隔で、1 行ずつテキストファイルに保存する。音程認識の過程の図解は図 2 のとおりである。

(* 文責 : 本田昂平)

3.2.2.2 シリンダー出力 最初に、円柱型の 3D モデルデータを生成する。次に、音程認識のプログラムで保存されたテキストファイルを読み込む。テキストファイルから読み取った数値は、対応するシリンダーの弁 (オルゴールの振動板を弾く部分) の座標情報に変換され、円柱型の 3D モデルの円周上に弁のパーツの 3D モデルが配置される。最後に、完成した 3D モデルを DXF ファイルに保存する。DXF ファイルはそのままでは 3D プリンターで出力できないため、現在のシステムでは STL ファイルへの変換は外部ソフトを用いて手動で行う。この STL ファイルを 3D プリンターで読み込み、出力することで、自分だけのオルゴールのシリンダーを作成することが可能になる。シリンダー出力の過程の図解は図 3 のとおりである

(* 文責 : 本田昂平)

3.2.2.3 土台への組み込み アクリル板や3D出力したフィラメントを用いて自作した専用の土台に、出力したシリンダーを組み込むことで、オルゴールが完成する。ハンドルを手回しすることで、連動してシリンダーが回り弁が振動板を弾いて音が鳴る。完成図は図4のとおりである。



図 2: 音程認識のプロセス

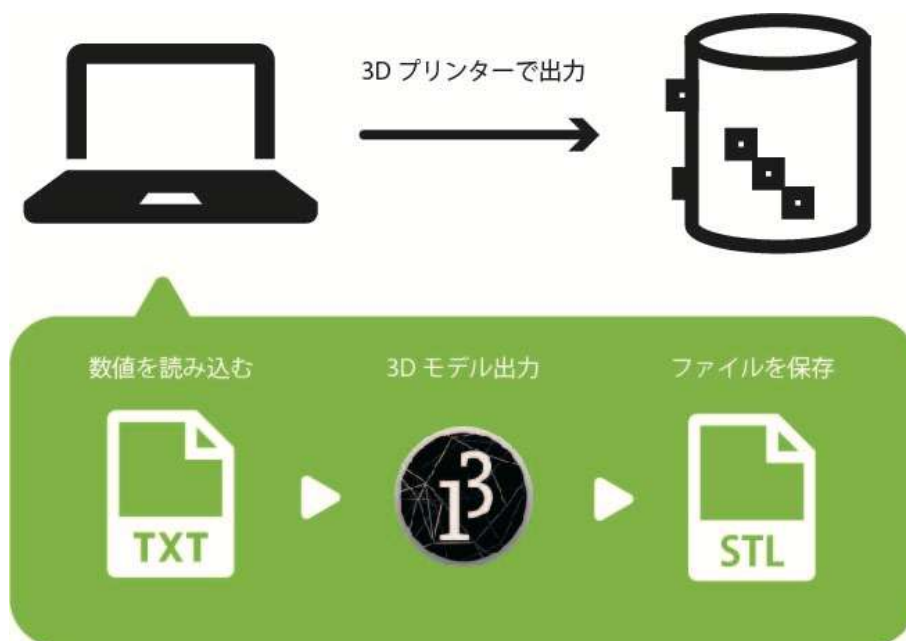


図 3: シリンダー出力のプロセス

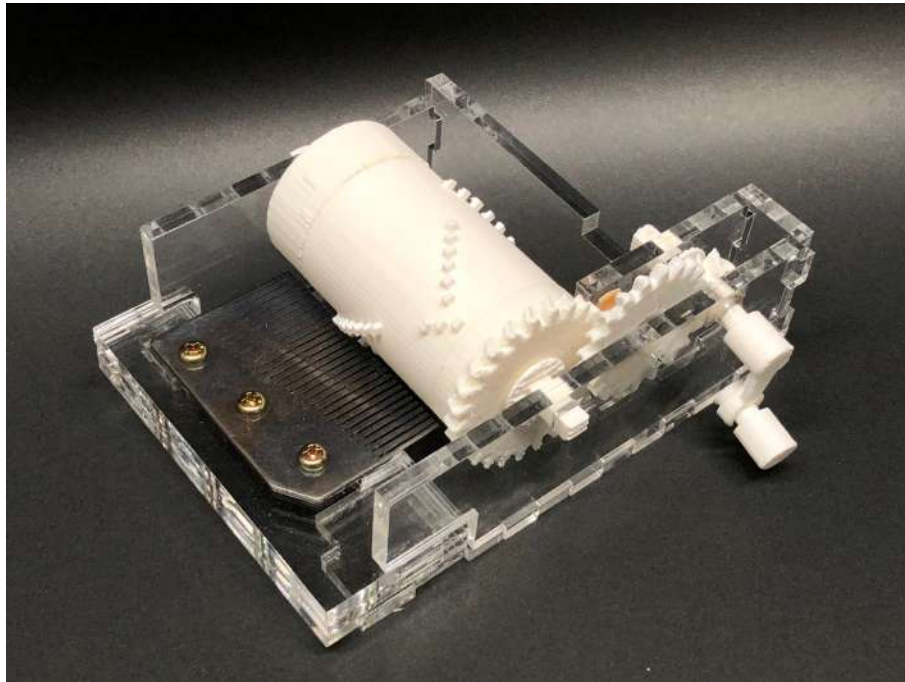


図 4: 土台

(*文責: 本田昂平)

3.3 制作プロセス

3.3.1 砂に描画する XY プロッター

私たちは、既存の Fab 機材の仕組みや構造を把握するために、Fab 機材の中でも基礎的な仕組みを持つ XY プロッターのキットを制作し、その仕組みや制御の理解を試みた。XY プロッターとは、SVG ファイルなどのベクターデータを読み込み、二次元平面にペンなどで出力する Fab 機材である。XY プロッターは、2つのステッピングモーターと1つのサーボモーターを駆動部とする。ステッピングモーターはベルトと組み合わせることで、ペン等を備えた出力部を X 軸/ Y 軸上で移動させる。サーボモーターは、ペン等を上下に動かし、出力状態を切り替える。これらの制御を Arduino プログラムから行う手法を学んだ。キットの制作から挙げられた XY プロッターの特徴としては、

- 作りが簡素で、分解、改造が可能
- 出力部 (ペン等), 出力先 (紙等), プログラムの変更が可能

などであった。これらの特徴に基づき、新たな Fab 機材のアイデア出しを行った。数十程度のアイデアの中から、実現可能性や面白さ等を考慮し、

- 砂に絵を描く
- 水で絵を描く
- カメラを取り付ける

これらの案を選択した。キットの機構に手を加える必要がなく、簡単に作れるという理由から、「砂に絵を描く」ことを試行することに決定した。「砂に描画する XY プロッター」を制作するにあたり、出力部分のアタッチメントの制作、砂を XY プロッターの下に敷き詰めるための枠の制作、XY プロッターを支える脚の制作を行なった。出力部分の先端が細いと砂の上に描画される軌跡が目立たなかったため、アタッチメントには、先端の太い綿棒を使用した。これにより、図 6 のように、描かれる軌跡がはっきり分かるようになった。砂を敷き詰めるための枠は、40cm 四方の木の板にカットした木の棒で枠を囲い、制作した。砂には色や形のバラツキの少ない砂鉄を使用した。砂を敷き詰めた枠の全体図は、図 7 のとおりである。XY プロッターを支える脚には、木の端材を使用し、脚の形に合わせてレーザーカッターで加工した。

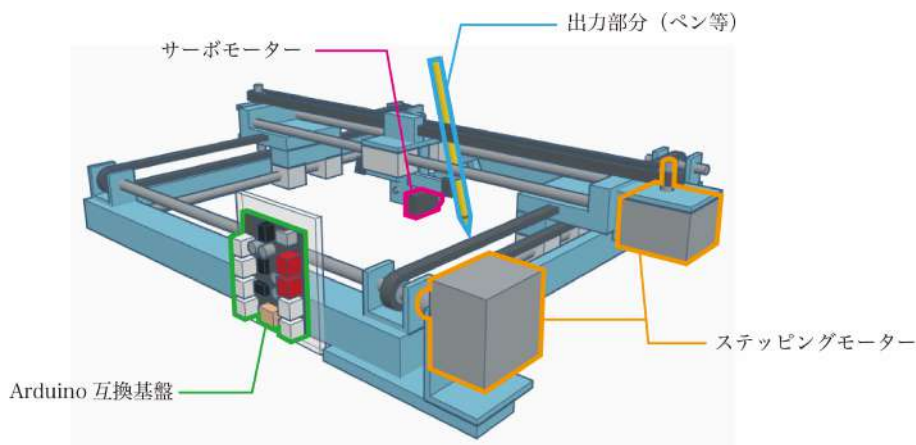


図 5: XY プロッターの機構



図 6: 描画される軌跡



図 7: 枠の全体図

(*文責: 本田昂平)

3.3.2 ハミングオルゴールシステム

データの作成を自動で行い、専門知識を必要としないシステムを開発するという課題を達成するため、まずどのような情報を自動でデータ化するかを検討した。アイデアとしては、体重、身長などの人によって異なる情報の可視化が候補として上がっていたが、そのデータをどのような形にして可視化するかで議論が進まず、採用に至らなかった。人によって異なる情報の1つとして、「人の声」という情報に着目して議論していた時に、音の可視化というアイデアが上がった。ここから派生して鼻歌の可視化が候補に上がった。また、鼻歌を可視化するときの形状をオルゴールのシリンダーに決定した。これは、音程の入力を表現するのに適していたためである。また、オルゴールのシリンダーは3Dプリンターで出力するのにちょうど良い大きさであった。そして、データの作成に必要な情報は、鼻歌だけであるため、専門知識を必要としないという点でも合致した。プログラミング言語には、ライブラリが豊富な Processing を用いた。このシステムは、鼻歌の音程を読み込む入力プログラムと、鼻歌の音程をオルゴールのシリンダーに変換して出力するプログラムの2つに分けることができるため、プログラムの制作を班員で分担した。下記でそれぞれの制作プロセスを紹介する。

(*文責: 及川遼)

3.3.2.1 音程認識プログラムの制作プロセス Processing の sound ライブラリを用いて、音程を可視化するプログラムを制作した。音程を可視化するには、音を周波数成分に分解する必要がある。そして、この「音を周波数成分に分解する」ために必要な処理が、フーリエ変換である。sound ライブラリにはこの処理を行う FFT クラスというクラスが存在する。この FFT クラスを用いて、読み込んだ音をリアルタイムで周波数成分に変換し、画面上でグラフ化して表示するプログラムを制作した。制

作に基づき, Web サイト [1] を参考にした. このプログラムでは, 図 7 のように, 周波数成分が大きいグラフが長く表示される. 長いグラフを示す周波数が, 読み込んだ音の音程に一番近い周波数である. そのため, グラフが一定以上の長さになる時の周波数を画面上に表示するよう, プログラムを変更した. これにより, 読み込んだ音の高さに一番近い周波数を示す数値をリアルタイムで表示することが可能になった. 最後に, この数値を別のプログラムに渡せるかたちに保存する機能を組み込んだ. 図 2 のように, テキストファイルに一秒間に 5 回の間隔で数値を 1 行ごとに保存できる. このプログラムは, Web サイト [2] を参考にして制作した. 結果として, パソコンのマイクに入力された音の信号を FFT 解析し, 得られた近い周波数を一定の間隔でテキストファイルに保存するプログラムが完成した.

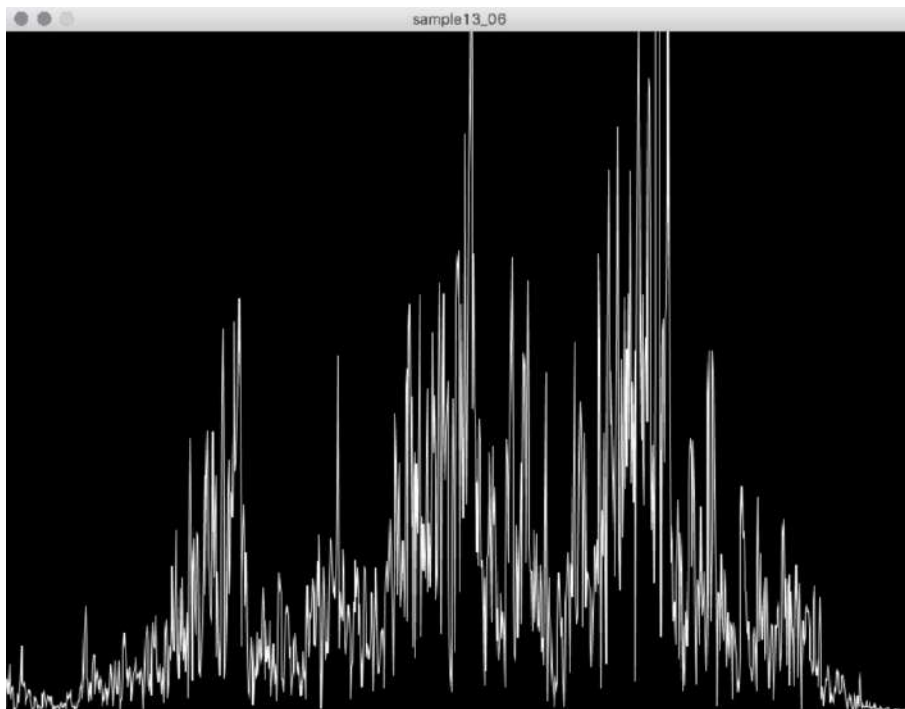


図 8: 周波数成分

```

import processing.sound.*;
Audioln in;
FFT fft;
PrintWriter outfile;
int bands = 1024;
float scale = 20.0;

void setup() {
  frameRate(10);
  size(800, 600);
  in = new Audioln(this, 0);
  in.start();
  fft = new FFT(this, bands);
  fft.input(in);
  outfile = createWriter("pos.txt");
}

void draw() {
  background(0);
  fft.analyze();
  noFill();
  stroke(255);
  beginShape();
  for (int i = 0; i < bands; i++) {
    vertex(i * width/float(bands), height - fft.spectrum[i] * height * scale);
    if (height - fft.spectrum[i] * height * scale < 100){
      outfile.println(i * float(bands) * 0.021);
      textSize(50);
      text(i * float(bands) * 0.021, 500, 100); //Hz
      rect(0, 500-i * width/float(bands), width, 5);
    }
  }
  endShape();
}

void keyPressed() {

```

図 9: 周波数成分の数値

(*文責 : 及川遼)

3.3.2.2 シリンダー出力プログラムの制作プロセス まず、円柱型の 3D モデルを画面に表示するプログラムを制作した。このプログラムは、Web サイト [3] を参考に制作した。出力結果は図 9 のとおりである。次に、3D モデルをファイルに保存する機能を追加した。3D プリンターでの出力に用いられる STL ファイルで保存できるように実装を試みた。しかし、結果的には不可能であった。理由としては、STL ファイルを保存するためのライブラリが、現行バージョンの Processing に対応していなかったためである。代わりに DXF ライブラリを用いて、DXF ファイルで保存する機能を実装した。この DXF ファイルを STL ファイルに変換するために、Google SketchUp7 というソフトを用いた。このソフトウェアも、デフォルトでは変換に対応しておらず、専用のアドインを追加することで変換が可能となった。次に、オルゴールを鳴らすために必要な弁というパーツを、円柱の側面に配置した。弁は当初、実物のオルゴールの弁と同様の半球型を採用していた。しかし、実際に半球型で出力し、振動板で弾くと、弾きかたが弱かったため、最終的に、弾きかたが強かった直方体型を採用した。円柱の側面に弁を配置させたことで、シリンダーの大まかな形の 3D モデルの出力が可能になった。次に、テキストファイルから読み込んだ数値を弁の位置情報に変換する関数を作成した。数値の大きさによって弁の位置が変わる。図 10 のように、数値が 600 の時、弁は下側に配置され、数値が 800 の時、弁は上に配置される。そして、1 行読み込むたびに弁の位置が右にずれる。最後に、3D プリンターで実際に印刷したシリンダーを振動板で弾けるかテストを重ね、弁の大きさの調整や、シリンダー自体の大きさの調整を行った。結果として、音程認識プログラムで保存されたテキストファイルから数値を読み込み、その数値をシリンダーの弁の位置情報に変換してシリンダーの 3D モデルを出力し、DXF ファイルで保存するプログラムが完成した。



図 10: 円柱型の 3D モデル

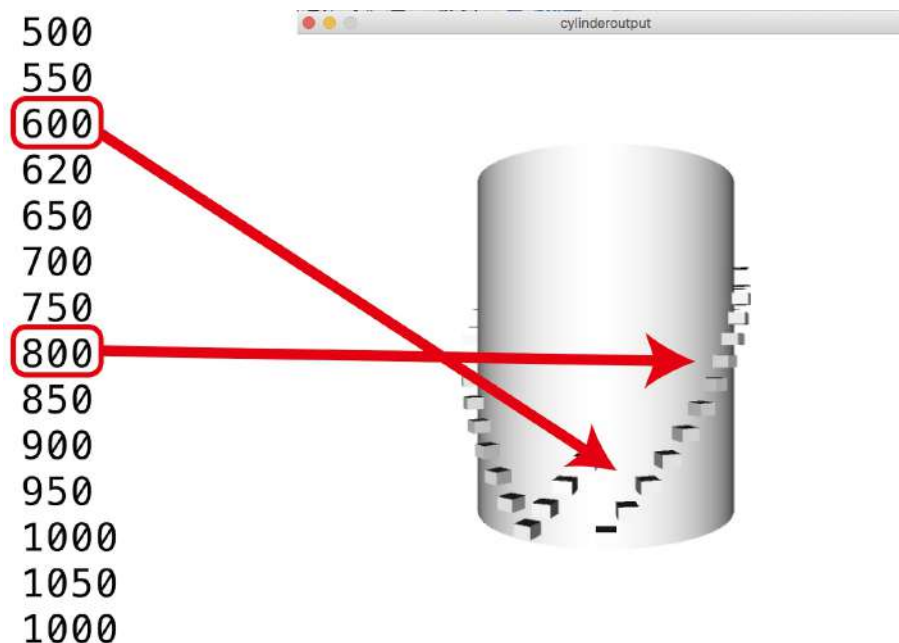


図 11: 周波数成分とシリンダー

(*文責：及川遼)

3.3.2.3 専用の土台の制作プロセス 土台とシリンダーのサイズ、構造は Web サイト [4] 上に公開されていたオルゴールの 3D モデルデータを参考に制作を進めた。しかし、参考にした 3D モデルデータの箱の部分が 3D プリンターでうまく出力ができなかったため、MDF をレーザーカッターで加工して制作することにした。振動板も 3D プリンターで出力すると耐久度に難があったため、本物のオルゴールを分解し、金属の振動板を取り出してそのまま使用した。その他の歯車やハンドル、歯車を支えるパーツなどは 3D プリンターで出力した。歯車がうまく噛み合い、スムーズに回るよう箱のパーツの調整を繰り返した。また、途中から見た目と振動板の振動の伝わり方をよくするために、MDF ではなくアクリル板で制作を進めた。結果として、図 11 のようなアクリル板で構成された透明な土台が完成した。

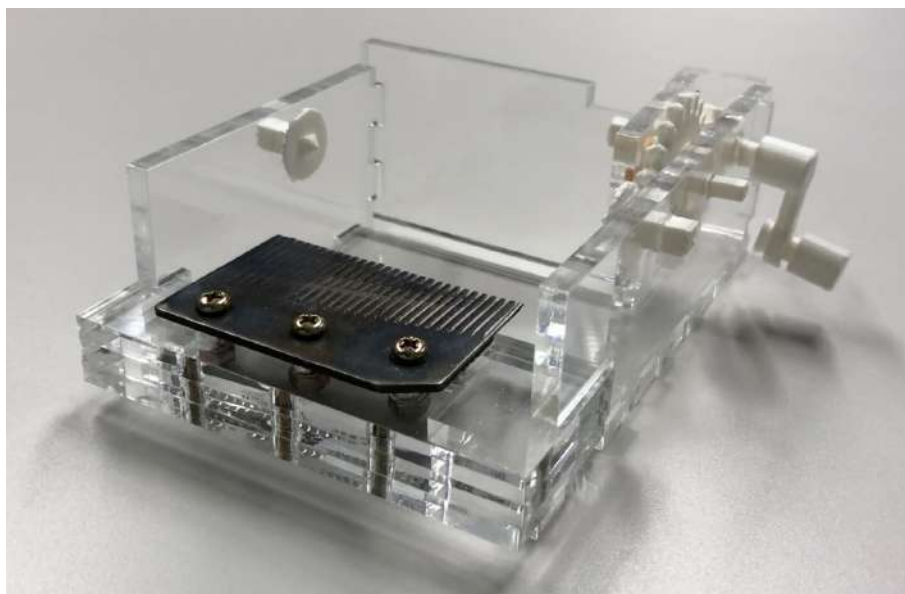


図 12: オルゴールの土台

(*文責 : 及川遼)

4 まとめ

4.1 ハック班の成果

前期では,ハードウェアの面に注目した.そのなかでも,XYプロッターという既存のFab機材を改造することで「砂に描画するXYプロッター」を制作した.本来は紙にペンで出力する機材であったが,砂に綿棒で描くことによって紙に描くものとは違った質感の絵が表現できるようになった.これにより,Fab機材で加工できる素材と加工方法が増え,制作の表現の幅が広がった.後期では,ソフトウェアの面に注目した.その中でも3Dプリンタを使うプロセスに注目した.従来のプロセスでは3Dプリンタを使用するのに専門的な知識が必要であった.後期で制作した新しいFab機材は,パソコンに向かって鼻歌を歌うことで自分の好きなフレーズのオルゴールの3Dデータを作ることができる「ハミングオルゴールシステム」である.これにより,専門知識がない人でもFab機材を用いたモノづくりができるようになった.

(*文責:及川遼)

4.2 今後の課題

4.2.1 砂に描画するXYプロッター

制作物としての精度が低いため,アタッチメントや脚のパーツなどの作り込みを行いたい.また,砂の上には現状細い線での描画ができないため,砂の荒さや摩擦などが関係しているのか,検証してこの問題点も解決したいと考えている.

(*文責:及川遼)

4.2.2 ハミングオルゴールシステム

今回,システムの一連の流れは実現できたものの,テキストファイルのプログラム間の受け渡しや,DXFファイルからSTLファイルへの変換など,手動で行わなければならない操作が必要になってしまった.それらの操作も自動で行うことができるよう改善することが,1番の今後の課題となる.また,鼻歌から周波数への変換も厳密にはできておらず,現状のシステムでは周波数がはっきりとした音源でない綺麗に変換ができない.この問題も解決する必要がある.「データの作成を自動で行う」プロセスを組み込んだシステムの一例として,ハック班ではこの「ハミングオルゴールシステム」を提案したが,今後,このプロセスを組み込んだシステムが増え,専門知識のいらないFab機材を活用したモノづくりが盛んになることを期待している.

(*文責:及川遼)

5 参考文献

- [1] Processing Libraries 2 : Sound 一音の再生と視覚化
http://yoppa.org/sfc_design16/7353.html
- [2] ファイルと応用
http://maicommon.ciao.jp/ss/processing_g/file/index.html
- [3] person's diary
<http://peroon.hatenablog.com/entry/20090428/1240929262>
- [4] yobi3D
<https://www.yobi3d.com/v/oMi60KAv6q/fullyprintableparametricmusicbox-20131103-1042-1q7x7q5-0.stl>

6 付録

6.1 新規習得技術

Processingによるモデリング：これまで,Processingは平面場にグラフィックを出力する活用して来た.本プロジェクトでは,Processingによって立体的な表現を行い3Dデータを作成した.また,そのデータをstl形式にして書き出し.出力を行った.

(*文責：本田昂平)

6.2 活用した講義

コンピューターグラフィックス：この講義にて Processing を用いたモデリングの手法を学んだ.この講義から pushMatrix(),popMatrix(),rotate() の使い方を活用した.

(*文責：本田昂平)

6.3 相互評価

班内でのそれぞれの相互評価は以下の通りである

- 本田昂平に対するコメント
及川遼：班のリーダーとして,毎回活動を取り仕切ってくれた.また,ハミングオルゴールシステムの制作に関しては,オルゴールを鳴らすために必要な土台の制作を行ってくれた.
中村宥磨：3Dプリンターの土台の調整を行なってくれた.前期制作物の砂に描画できるXYプロッターの遠隔操作の改善を行なってくれた.また,ハミングオルゴールシステムの土台のデータと出力を行なってくれた.ポスターの文章とスライドの構成を考えてくれた.
- 中村宥磨に対するコメント
本田昂平：先生方の口頭でのアドバイスをノートにまとめ,班員に共有してくれた.ハミングオルゴールシステムの制作に関しては,3Dモデルを出力するプログラムの制作を行ってくれた.
及川遼：3Dプリンターの作成時の土台の組み立てと,操作方法の確立音程認識のプログラミングのを行なってくれた.また,ハミンフオルゴールシステムの組み立て方法と使用例の動画の撮影と,動画の編集を行なってくれた.スライド・ポスター用の図解も行なってくれた.
- 及川遼に対するコメント
本田昂平：音程取得のプログラミングをメインに行ってくれた.及川くんがいなければこの課題の中心がうまくまとまらなかった.また報告書のまとめも及川くんが担ってくれていた.
中村宥磨：3Dプリンターの作成時の土台の組み立てと,操作方法の確立音程認識のプログラミングのを行なってくれた.また,ハミンフオルゴールシステムの組み立て方法と使用例の動画の撮影と,動画の編集を行なってくれた.スライド・ポスター用の図解も行なってくれた.