

## 課題情報シート

テーマ名 :	鉄琴を用いたマーブルマシンの製作				
担当指導員名 :	刈部 貴文	実施年度 :	27 年度		
施設名 :	近畿職業能力開発大学校 附属 京都職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	生産技術科		
課題の区分 :	総合制作実習	学生数 :	1 人	時間 :	18 単位 (324h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

本課題を通して、今まで学んできた要素（設計・加工・組立等）を活用し、複合した技能・技術及び活用能力を習得することを目的としています。特に、力学等の理論と実際に見える化した装置を製作することで理解度向上につながり、実学融合が図れると考えました。具体的には、力学を主体とした製品設計技術、切削加工や放電加工、3次元プリンタなどを複合的に活用した製品製造技術、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にしました。

また、本成果物をものづくりイベント等で展示することを想定し、将来ものづくり分野を担う若年層に対して興味の湧くような装置を検討しました。

本課題のマーブルマシンの製作では、力学等を考慮してビー玉を転がして多種多様な動きを与え、位置エネルギーを与えたビー玉が落下時に鉄琴と衝突することで曲を奏でる装置です。これらの動きについて力学等を用いて検証し、装置の製作を進めてきました。

装置の概要は、以下の5つのユニットで構成されています。

- (1) ビー玉に位置エネルギーを与える「上方運動機構」
- (2) 曲を奏でる鉄琴の音板の数に対してビー玉を仕分ける「分岐機構」
- (3) 曲に合わせてビー玉を落下させる「ドラム機構」、「排出機構」
- (4) アルミニウムの固有振動を考慮して曲を奏でる「鉄琴」
- (5) 装置全体を支える「フレーム」

#### 【訓練（指導）のポイント】

本課題は、基礎的な力学をベースに理論と実際を学びながら製作します。上方運動機構や分岐機構では、機構学も活用してビー玉を動かします。力学等の理論と実際を学びながら試作・実験を行いながら製作を進めるため、学生が興味を持って作業に取り組むことができました。装置製作の中では、NC 工作機械における部品の量産加工を行います。在学中に学ぶ実習では、実習時間の関係上、各要素を盛り込んだ部品加工を中心に行う場面が多いと考えますが、製造現場では少品種多量生産を行う場面もあり、今回の装置製作の部品加工においては、通常の実技では習得することができない量産加工の段取り・加工精度の保障を考えさ

せながら進めることができ、学生にとって現場に即した習得度の向上が達成できたと考えます。

上記したように5つのユニットを製作するため、学生に対しては、各要素ごとに製作を進められます。そのため、力学の復習から設計・製作までを責任感を持って取り組むことができると考えます。

また、外部で開催されるものづくりイベント等での展示を視野に入れているため、持ち運びしやすいように各機構の分解を容易にできるように各機構をユニット化しています。

### 課題に関する問い合わせ先

**施設名** : 近畿職業能力開発大学校附属京都職業能力開発短期大学校  
**住所** : 〒624-0912 京都府舞鶴市上安 1922  
**電話番号** : 0773-75-4340 (代表)  
**施設 Web アドレス** : <http://www3.jeed.or.jp/kyoto/college/>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 鉄琴を用いたマーブルマシンの製作

京都職業能力開発短期大学校

指導教員

刈部貴文 上羽一博

私のテーマは、力学等を用いた各種機構によってビー玉を動かすマーブルマシンとした。今回は、ビー玉をアルミニウム板に当てて音を奏でる鉄琴を主としたマーブルマシンの製作を行った。各種実験・試作を繰り返して製作した装置については、ものづくりイベント等で展示し、多くの子供達がものづくりに対して興味を湧くような装置を目指した。

**Keywords** :往復スライダクランク機構、この原理、鉄琴、固有振動。

## 1. はじめに

私は、1年時に学んだ機械力学や機構学等について総合制作実習を通してより理解を深めることを目標とした。また、各種工作機械を用いて自らの技能・技術力の向上を目指した。

製作物は、子供達がものづくりに興味を持ってもらえるきっかけとなる展示物を想定し、昨年度に製作されたマーブルマシンの鉄琴要素を基に製作を行った。

## 2. 仕様

本装置は、展示物として持ち運べることを想定し、小学校低学年程度の童謡を3曲程度奏でる鉄琴を目標として製作した。主な仕様を表1に示す。

表1 仕様

大きさ	700×700×1200mm	
質量	40kg	
鉄琴	音板の枚数	8枚
	オクターブ	7 (C7~C8)
	小節	8

## 3. 主な動作

マーブルマシンとは、ビー玉を転がして工夫された機構の動きなどを見て楽しむ装置である。これらの要素について力学等を用いて検証し、装置の製作を進めてきた。

今回の装置では、鉄琴を1オクターブ(8個の音階)とした。動作としては、ビー玉がレールを下りながら各動作を行うため、位置エネルギーを与える機構として、往復スライダクランク機構でビー玉を上方へ移動させる(以下、上方運動機構という)。その後、鉄琴の配列に合わせてビー玉を仕分け(以下、分岐機構という)、この原理を用いて、音を出したい鉄琴にビー玉を落下させる(以下、排出機構という)。そして、ビー玉が当たった鉄琴の音により曲を奏でる機構となっている。

以下に主な流れを示す。

- ①ビー玉がレールに沿って上方運動機構へ送られる。
- ②上方運動機構から排出されたビー玉がレールを通過して分岐機構へ送られる。(演奏する曲に必要な音階の場所にビー玉を分岐)

- ③その後、ビー玉が排出機構にストックされ、ドラムから出ているダボが排出機構のアームに当たることによって、この原理で持ち上がり、ビー玉が落下する。

- ④落下したビー玉が鉄琴に当たり曲を奏でる。

## 4. 機構設計・製作

### 4.1 鉄琴

鉄琴の設計は、国際基準値 A=440Hz (ラの音)を用いてアルミニウム板 (A5052) で試作を重ねた。装置全体を考慮し、鉄琴の長手寸法を最大 160mm と考えたため、7 オクターブ目の鉄琴を製作した。また、鉄琴の固定は、ビー玉の接触・排出を考慮して上下・前後・角度を調整できるように固定治具を検討し、製作した。鉄琴を固定する土台には、アルミニウム板、アクリル板で試作した結果、外観や音色からアクリル板を選定した。図1に鉄琴、図2に固定治具を示す。

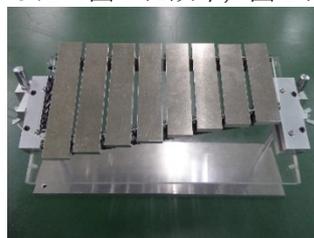


図1 鉄琴

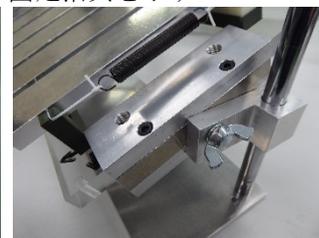


図2 固定治具

### 4.2 上方運動機構 (往復スライダクランク機構)

ビー玉を上方へ移動させるために、上方運動機構を検討した。そこで、往復スライダクランク機構を用いてビー玉に位置エネルギーを与えるようにした。機構は、左右に往復運動するチャンネル材にビー玉が入り、左右のアームを伝って上方へ移動する。動作確認では、2点の問題点が挙げられた。1点目は、ビー玉を上方へ移動するためのアームがビー玉の数に応じて重さが累積して変形が大きくなる。そのため、チャンネル材と干渉するため、アームの形状を再設計し、ビー玉がスムーズに上方へ移動できるように改善した。2点目は、ビー玉を吸入する入り口部分でビー玉がスムーズに吸入できないことがあったため、スムーズなビー玉の吸入を補助するためにチャンネル材に0.3mmのプラスチック板を固定し、問題を解決した。図3に上方運動機

構、図4に往復スライダクランク機構、図5・図6にビー玉の吸入前後の動作を示す。

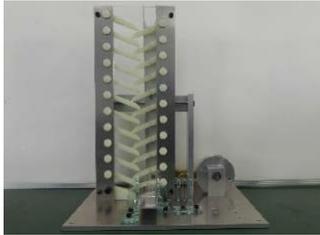


図3 上方運動機構



図4 往復スライダクランク機構



図5 ビー玉吸入前

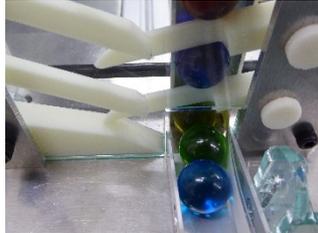


図6 ビー玉吸入後

#### 4.3 分岐機構

分岐機構は、当初は鉄琴の音板枚数である8箇所にてビー玉を仕分けられるように設計したが、演奏する曲によって使用する音板の枚数にばらつきが出るため、必要な音板に対してビー玉を吸入できる分岐機構を設計し、曲ごとの分岐機構を製作した。固定方法は、鉄琴の固定治具と同形状ものを採用した。図7に分岐機構を示す。

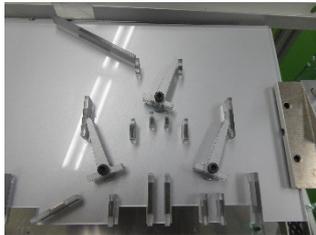


図7 分岐機構

#### 4.4 排出機構

排出機構は、曲を奏でるタイミングでビー玉を排出する必要があるため、ドラムと連動し、この原理でビー玉を排出させる機構の設計・製作を行った。

動作確認では、ビー玉が2個同時に排出する問題点が挙げられた。検証した結果、1点目に排出アームの先端形状に問題があったため、スポンジを装着してビー玉を1個ずつ排出できるように改善した。2点目に排出アームの戻り時の跳ね返りも影響していたため、アームの下部にスポンジを採用すると同時にアームの質量を低減させるために肉抜きを行い改善した。図8に改善前のアーム、図9に改善後のアーム、図10に排出機構を示す。



図8 改善前アーム

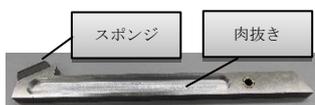


図9 改善後アーム



図10 排出機構

#### 4.5 ドラム

ドラムは、楽譜を4分の4拍子としたときの8小節分に相当する32音で一周するように設計を行った。

ドラムは、32枚の板にダボがねじ止めでき、曲に合わせてダボの位置を変えることで所定の曲を奏でる構造となっている。図11にドラム、図12にダボ取り付け時の拡大図を示す。



図11 ドラム



図12 拡大図

#### 4.6 マーブルマシン全体

ビー玉を各機構に転動させるため、転動レールには、チャンネル材を使用した。この転動レールの固定には、高さの調整ができる固定柱を製作した。

土台には、アルミフレームを用い、装置の下部に電源等を収納するためのスペースやスイッチボックスを設けた。図13に全体図、14に上部拡大図を示す。



図13 全体図



図14 上部拡大図

#### 5. まとめ

各機構の製作がすべて完了し、動作確認を行っている。鉄琴については、童謡を3曲奏でることができ、目標を達成した。

#### 6. おわりに

マーブルマシンの製作では、設計・加工・組立・制御を一人で担当し、ものづくりの一連の流れをより理解することができた。全責任を一人で受ける重圧はあったものの、自信の持てる製作物を残せることができた。今後は、この製作物の活用方法を検討し、子供達がものづくりに興味を湧く製作物として展示できるように提案していきたい。

#### 7. 謝辞

マーブルマシンの製作を通して、設計・製作のご指導して頂きました刈部先生、上羽先生にこの場を借りて深く感謝いたします。

#### 文献

[1]小西優輔・福嶋広志:ポリテックビジョンin舞鶴2015 予稿集 pp.14-15, 2015.

(2016年02月15日提出)

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 4月10日

科名： 生産技術科

教科の科目	実習テーマ名	
総合制作実習	鉄琴を用いたマーブルマシンの製作	
担当教員	担当学生	
生産技術科 刈部 貴文		
生産技術科 上羽 一博		
課題実習の技能・技術習得目標		
<p>マーブルマシンの製作を通して、「ものづくり」全工程を行うことにより、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）を習得することを目的としています。特に、力学等についての実験を通して理論と実際を学ぶことができ、かつモデルを製作することで実学融合が図れると考えます。具体的には、力学を主体とした製品設計技術、3Dプリンタや切削を複合的に活用した製品製造技術、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。</p>		
実習テーマの設定背景・取組目標		
実習テーマの設定背景		
<p>現代の若年層では、ものづくり離れが顕著に見られる。特に小・中学校教育の中でもものづくりを行う場面や子供たちの遊びの中でもものづくりを行う機会が減少しています。そこで、子供達がものづくりに興味を持ち、実際に理論と実際を学ぶことができる装置の開発を目標にした課題ということでマーブルマシンの製作を題材としました。</p> <p>また、力学を苦手とする学生に対してものづくりの面白さについて身をもって体験するために、力学（滑車、振動等）を復習しながらものづくりができる内容としました。</p>		
実習テーマの特徴・概要		
<p>マーブルマシンは、幼いことに遊んだことがあるビー玉を転がす装置です。本装置は、力学を踏まえて各機構を設計し、実験を通して理論値と実験値の違いを把握して効率を求めてモデル製作を行います。理論と実際を踏まえた装置製作ができるため、学生の理解度向上につながると考えます。具体的には、ビー玉が金属に衝突した時に発生する周波数を解析して鉄琴を製作し、曲を奏でる構造としています。</p> <p>完成した成果物は、小・中学校等へ訪問し、成果発表することで若年者の「ものづくり」の醸成を目指し、教材として展示実演で活用します。</p>		
No	取組目標	
①	力学を用いた設計、切削・溶接等を複合的に活用し、装置を完成させます。	
②	課題装置を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。	
③	機構部を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。	
④	装置を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。	
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。	
⑥	工程・日程・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。	
⑦	個人での製作となるため、担当指導員の意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。	
⑧	本人が与えられた役割を果たし、常に担当指導員とコミュニケーションを計り、モチベーションを維持します。	
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。	
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。	