

## 課題情報シート

テーマ名 :	マーブルマシンの製作				
担当指導員名 :	刈部 貴文	実施年度 :	26 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 :	総合制作実習課題	学生数 :	2 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】

本課題のコンセプトは、学生達が今まで学んできた力学等の理解をより深めること、また将来ものづくり分野を担う子供達が、この製作物によりものづくりに興味を湧くような装置の製作を念頭にマーブルマシンの製作を行いました。

マーブルマシンとは、ビー玉を転がして多種多様な動きを与える装置です。身近な動く工作物の多くは、エネルギーの変換や運動形態の変化等が関係しており、実際の乗り物等のモデルとなることも少なくありません。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。

#### 【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。エネルギー保存の法則や落下運動等の物理学・力学を活用してビー玉を動かすため、物理学や力学等の知識が必要となります。これらの復習をさせながら作業を進めてきました。理論と実際を学ばせるため、学生達が興味を持って作業に取り組むことができました。空気抵抗や摩擦抵抗等を除外して計算した理論値と実験値との違いを把握させ、実際の効率を考慮して装置を製作した結果、設計通りの動作確認ができました。

### 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。

# マールマシンの製作

京都職業能力開発短期大学校

生産技術科

指導教員

刈部貴文

私達のテーマでは、基礎的な力学等を用いて様々な機構によってビー玉を動かす装置を製作することを考えた。ビー玉の動きとしては、エネルギー保存の法則を活用してジェットコースターのような1回転をする機構や放物運動、固有振動を考慮して曲を奏でる鉄琴等を製作した。基礎的な力学を用いて実験を繰り返し、製作した装置をものづくりイベント等で展示することで、将来ものづくり分野を担う子供達に対して、ものづくりに興味を湧くような装置の製作を行った。

**Keywords** : エネルギー保存の法則, 落下運動, 固有振動.

## 1. はじめに

私達は、1年時に学んだ物理学や機械力学等の計算が苦手であったため、総合制作実習を通して克服することを目標とした。制作物は、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た。検討した結果、基礎的な力学を用いて装置製作ができ、子供達がビー玉の動きを見て楽しめるマールマシンの製作に決定した。

## 2. 主な動作

マールマシンとは、ビー玉を転がす装置である。小学生の夏休みの工作で目にすることがある。動く工作物の多くは、エネルギーの変換や運動形態の変化等が関係しており、実際の乗り物等のモデルとなることも少なくない。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、ビー玉を上方へ移動させる必要がある。そのため、位置エネルギーを与える機構として、放物運動等を活用する。そして、ビー玉がジェットコースターのような1回転をする機構(以下、回転ループと称す)や鉄琴等を通して行く。以下に主な流れを示す。

- ① ビー玉をストックさせている所からビー玉を1つずつ排出する。
- ② レールを通過して斜方投射の機構にビー玉が1つだけ乗り、ばねの力を利用して放物線を描いて所定の高さまで投射する。
- ③ 位置エネルギーを持ったビー玉が、レールを下る事によって運動エネルギーが増し、回転ループを通過する。
- ④ 回転ループからレールにビー玉が乗り、回転運動機構へ移動する。そしてビー玉を上方へ移動させる。
- ⑤ 長さの異なる薄板が吊るされており、ビー玉が板に当たりながら通過することで曲を奏でる。
- ⑥ 階段機構でビー玉を再び、上方へ移動させる。
- ⑦ 階段機構で上方へ移動してきたビー玉がビー玉ストックへ戻る。そのため、ビー玉の流れとしては、繰り返し各装置を回る。

## 3. 機構設計・製作

### 3.1 回転ループ

位置エネルギーを持ったビー玉が、レールを下る事で、運動エネルギーを得て、レール上を1回転させる機構である。エネルギー保存の法則や運動方程式等を利用して理論値を求めた結果、ビー玉が通るループ直径の1.25倍でビー玉が1回転する高さが決まる。これを基に実験を行った結果、理論高さの約1.4倍でビー玉が1回転することが分かった。この結果を踏まえて、製作するループ直径を170mmと決定した。全体像を図1に示す。

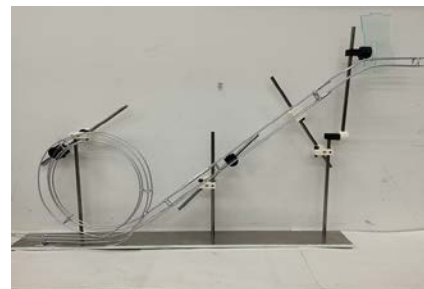


図1 回転ループ

回転ループは、銅で被覆された溶接棒にはんだ付けを行い製作していく。はんだ付けは、はんだと銅の境界に発生する合金層によって接合される。溶接と比較すると冷却時間が短いという点で採用した。ループの塑性方法は、図2に示すように円筒に溶接棒を巻きつけることでループの形状とした。

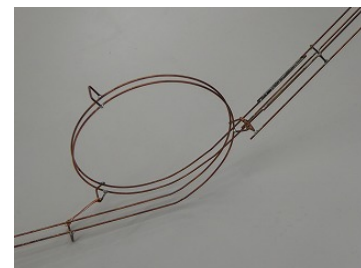


図2 回転ループ形状

ビー玉が通るレールとなるため、最低2本の溶接棒

が必要になる。しかし、強度不足でたわんでしまうため、補強用として合計4本の溶接棒をはんだで固定してレールを製作した。図3にレールの拡大図を示す。

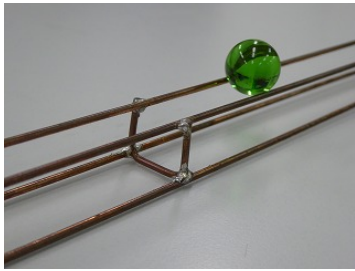


図3 レール拡大図

### 3.2 放物運動（斜方投射運動）

斜方投射運動とは、物体を斜め方向に投げ出す運動である。この運動は、重力の働かない水平方向(X軸)と、重力の働く鉛直方向(Y軸)の2つに分解して考えることができる。製作した斜方投射を図4に示す。

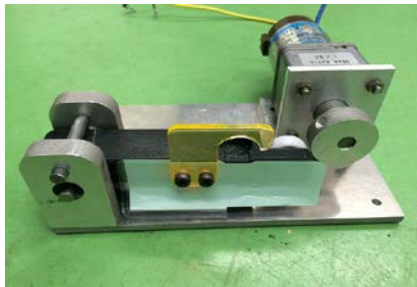


図4 斜方投射

Y軸の高さは、回転ループに必要な高さとなるため、350mmとして計算をした結果、発射速度3m/s、発射角度60°で斜方投射した時に飛距離が133mmという値が求められたため、この値を基に装置を製作した。

### 3.3 鉄琴

鉄琴は、薄板の固有振動を用いて、板の長さを変えることで周波数が変わるため音を変えることができる。板の長さを短くすると高音、長くすると低音となる。そのため、各音階の実験を行った。実験では、鉄琴のように板を固定し、板から100mmの高さからビー玉を落下させて周波数を測定した。製作した鉄琴を図5に示す。

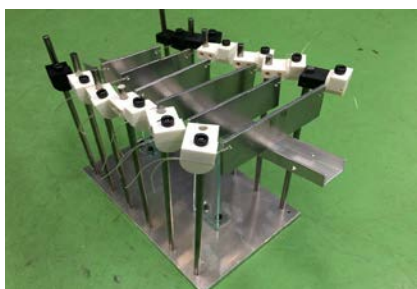


図5 鉄琴

音階は、6オクターブの「ド」を基準とした。この周波数は1047Hzであるため、この周波数より板の長さを

決定した。実験結果は、ほぼ理論値通りに得ることができたため、これらを踏まえて曲を奏でる板の製作を行った。

### 3.4 回転運動機構

回転運動機構は、ビー玉を上方へ移動させるために円盤の端面に複数の穴を加工し、その穴にビー玉を入れて回転させる事で、ビー玉を上方へ移動させる機構である。図6に回転運動機構を示す。



図6 回転運動機構モデル

### 3.5 階段機構

階段機構は、ビー玉を上方へ移動させるためにカムを回転させて交互に上下運動する板によってビー玉を移動させる機構である。試作は、3次元プリンタを用いて製作した。図7に階段機構を示す。

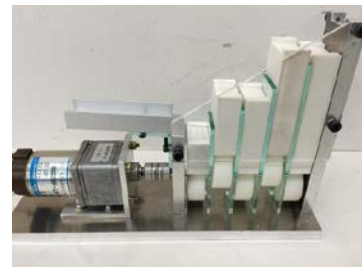


図7 階段機構

## 4. まとめ

ビー玉は、各ユニットを約9割の確率でループに成功した。各ユニットについては、問題なく動作した。

## 5. おわりに

マールマシンの製作を通し、我々が苦手としていた物理学や力学は、以前より理解が深まったと考える。以前までの私達は、作業計画や取り組みの姿勢を疎かにしていた。しかし、今回のマールマシンの製作を通して、それらの重要性について身を持って実感した。そして、子供達がものづくりに興味が湧く展示物として製作できたと考える。本テーマを来年度の学生たちに引き継いでもらい、より一層要素を追加したマールマシンを製作してもらいたいと考える。

## 6. 謝辞

マールマシンの製作を通して、基礎的な力学の復習から設計・製作のご指導をして頂きました担当の刈部先生にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

(2015年02月20日提出)

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 4月 1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	マーブルマシンの製作
担当教員	担当学生
○刈部 貴文	
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、力学を苦手とする学生に対して実験を通して理論と実際に学ぶことができ、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、実際に理論と実際に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を身をもって体験するために、力学（エネルギー保存の法則、落下運動、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。理論と実際に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、ビー玉が転がるためには、位置エネルギーが必要となるためビー玉を上方へ機構の製作を行います。上方へ移動したビー玉をジェットコースターの1回転ループで転がる機構や金属の固有振動を解析して鉄琴を製作し、ビー玉が転がる部分で音を奏でる構造としています。</p> <p>完成した成果物は、ものづくりイベント等で成果発表することで若年者の「ものづくり」への醸成を目指し、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を持ちます。
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図り、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やす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。