

## 課題情報シート

テーマ名 :	3Dプリンタの開発				
担当指導員名 :	西田、広本、友添、中山	実施年度 :	26年度		
施設名 :	九州職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム系		
課題の区分 :	課題実習	学生数 :	12人	時間 :	単位 (900h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

3Dプリンタは、現在注目されている技術であり、興味を持っている学生も多くいます。3Dプリンタは、簡単に作れるものから、高度な技術を必要とするものまで様々です。3Dプリンタを教材として利用することは、学習してきたものづくり技術の確認、その応用の確認となるため、興味を持って取り組みます。

#### 【訓練（指導）のポイント】

前半に、インターネットから入手できる情報を元に学生たちの手によって3Dプリンタを構築します。構築することによりプリンタの仕組みを理解し、いろいろなトラブルに対しても対応可能な技術力を習得できます。後半は、作成した3Dプリンタを分析し、自分達が学習してきた技術を用いる教材としての3Dプリンタを設計・構築します。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 九州職業能力開発大学校  
住所 : 〒802-0985 福岡県北九州市小倉南区志井 1665  
電話番号 : 093-963-0125 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/fukuoka/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。

# 3D プリンタの開発

生産機械システム技術科  
生産電子システム技術科  
生産情報システム技術科

## 1. 3D プリンタとは

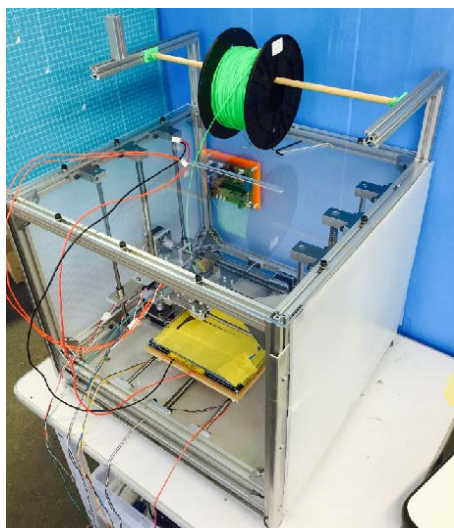


図 1. 開発した 3D プリンタ「Paeckel」

3D プリンタとは、3D データを元に立体を造形する機器である。

3D プリンタの基本的な動作の仕組みは、コンピュータ上で作った 3D データを設計図として、断面形状を積層していくことで立体物を作成する。液状の樹脂に紫外線などを照射し少しずつ硬化させていく光硬化方式、熱で溶解した樹脂を少しずつ積み重ねていく FDM 方式(熱溶解積層法)、粉末の樹脂に接着剤を吹きつけていく粉末固着方式などの方法がある。

使用する機種や造形材料にもよるが、3D プリンタを利用することで多種多様なものを造形することが可能である。具体的な 3D プリンタの利用例について表 1 に示す。

表 1. 3D プリンタの利用例

分野	造形物	備考
医療	歯	
	義肢	
	人体組織	耳や皮膚、臓器等
食品	ピザ	NASA の出資で開発
	チョコレート	
製造	製品模型	試作・検証用
地図	立体地図	地形や建物を立体化
その他	部品や工具	

このように、3D プリンタは様々な分野で利用されており、非常に注目度が高い分野である。

製造業や建築業においては、主に製品の模型や試作品の造形に利用されている。金属加工やプレス加工による試作品の製作は数ヶ月間もかかっていたが、3D プリンタで造形することによって製品の形状確認や構造の検証を容易に行うことができるようになった。また、模型を用いての社員教育や、クライアントへのプレゼンテーションを効率的に行えるようになった。

宇宙開発においても、3D プリンタを宇宙ステーションに導入し、工具のデータを送り、現地で造形するテストが 2014 年 12 月に行われた。物資の輸送が困難な宇宙空間において、必要な工具や部品を 3D プリンタで即座に用意することができれば、今後の宇宙開発において 3D プリンタが大きな役割を担うのではないかと期待されている。

## 2. 目的

我々は当校の授業実習及び能力開発セミナーで教材として利用できる 3D プリンタの開発を目的としている。まず、2グループに分かれて、インターネット上で公開されている情報から 2種類の 3D プリンタの試作を行う。それぞれの試作機の評価を踏まえて精度を重視した新規設計を行い、九州能開大仕様を定義し、教材として利用できる 3D プリンタを開発する。

## 3. 課題概要

現在市販されている 3D プリンタのうち、最も一般的なものは熱溶解積層方式の 3D プリンタである。試作する 3D プリンタのモデルは、熱溶解積層方式 3D プリンタの開発プロジェクトである、RepRap(<http://reprap.org/wiki/RepRap>) に掲載されているものから選定を行った。それぞれの試作機及び九州能開大仕様の特徴は次の通り。

### ・試作機 1 Prusa\_i3 改 Atom

3D プリンタを代表する Prusa\_i3 モデルを国産化したモデルである。タイミングベルトと送りねじ、ガイドシャフトで各軸を動作させ、門型のフレームを持つ基本的な 3D プリンタである。

### ・試作機 2 Haeckel(ヘッケル)

Haeckel の基本的な動作原理は Prusa\_i3 改 Atom と同じであるが、門型フレームの Atom に対して箱型のフレーム構造を持ち、スペースに余裕があるため拡張性に優れている。

Reprap プロジェクトの 3D プリンタの中では比較的大型で重量感があり、安定性が高く、非常に頑丈である。

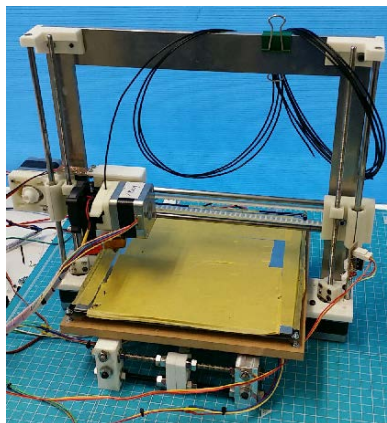


図 2. Purusa\_i3 改 Atom 外形

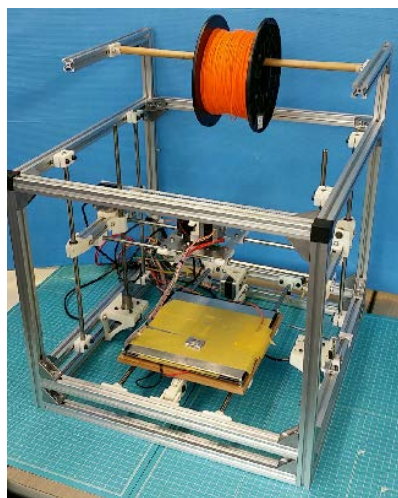


図 3. Haeckel 外形

### ・九州能開大仕様

九州能開大標準機は Haeckel をベースとして開発を行う。名称は 2 つの試作機から取って Paeckel(パッケル)とする。Haeckel から Paeckel への主な改良項目を表 2 に示す。

表 2. 主な改良項目

改良項目	内容
部品精度の向上	樹脂部品を金属部品に変更
動作原理の変更	XY 軸の動作を送りねじに変更
外壁の装備	壁を取り付け閉鎖構造に変更
制御基板の変更	Generation7®をベースに改良
庫内の温度管理	温度管理用のヒーターを取付

## 4. 装置仕様

Paeckel の仕様を表 3 に示す。

表 3. 九州能開大仕様

項目	仕様
本体サイズ (幅×奥行き×高さ)	470×470×570mm (付属品を含まない) ※
加工範囲 (幅×奥行き×高さ)	最大 200×200×350mm
重量	約 14kg
本体構造	箱形・閉鎖
ヘッド数	1
造形方式	熱溶解積層方式
電源	100V 50/60Hz DC12V・15A
積層ピッチ	0.3mm
対象加工物	ABS・PLA フィラメント (1.75mm Φ)
対応 OS	windows7® 以降
使用ソフトウェア	Pronterface®・Slic3r®
ファームウェア	Marlin v1.0®
制御基板	Generation7 改®
接続方式	USB

※ フィラメント用樹脂スプールや電源装置

Paeckel のシステム構成図を図 4 に示す。

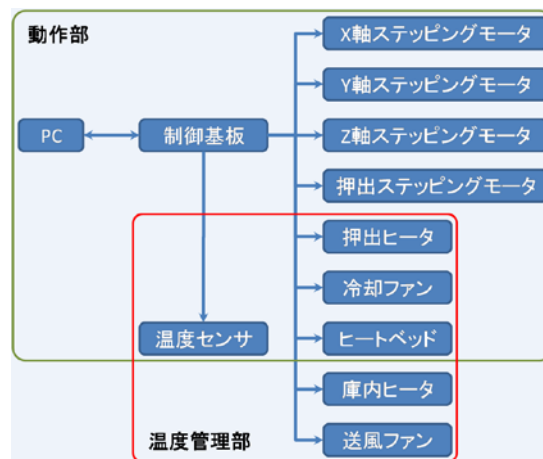


図 4. システム構成図

Paeckel は PC からの操作を行うことで動作する。PC と制御基板は USB で接続され、制御基板から G コードを用いて各動作を行う。また、プリンタヘッドとヒートベッドの温度は温度センサによって常に観測され、設定された温度に応じてヒーターの ON/OFF 制御が行われる。温度データは PC にも送られ、制御画面上で確認することができる。

Paeckel の完成予想図を図 5 に示す。

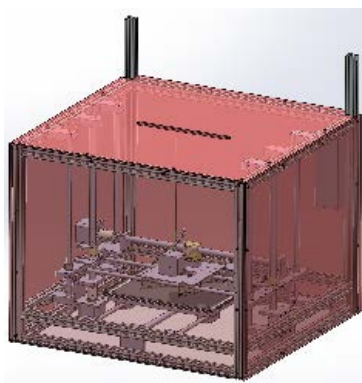


図 5. Paeckel 完成予想図

Paeckel の外形は Haeckel とほぼ同じであるが、図 5 のフレームに半透明の亚克力外壁が装備される。外壁で覆うことで空調からの風の遮断や 3D プリンタ内部の温度の安定化を行う。

Paeckel ではフレームの樹脂部品が全廃され、すべて金属部品で構成されている。金属部品は樹脂部品と比べて高強度かつ高精度であり、試作機で発生したフレームの歪みや部品の破損を改善することが目的である。

XYZ 軸の動作は台形ねじを用いて行う。試作機において用いたタイミングベルトは、送りねじよりバックラッシュ（山と山の間の隙間）が大きく、動作制度の悪化を招いたためである。タイミングベルトと台形ねじを図 6 に示す。



図 6. タイミングベルト(左)と台形ねじ(右)

今回使用する Generation7®改良基板は Arduino® 基板とは互換的に使用することができるが、より安価に製作することができる。私たちが実際に制作した Generation7 改良基板と市販の Arduino 基板との比較を表 4 に示す。また、製作した基板の価格内訳を表 5 に示す。

表 4. 制御基板の比較

	Generation7®改	Arduino_Mega®
マイコン	ATmega1284P	ATmega2560
Flash メモリ容量	128k バイト	256k バイト
digital ピン	32 本	54 本
価格	4,988 円	9,720 円※

※純正品+RAMPS1.4(Amazon での価格)

表 5. Generation7®改良基板価格内訳

部品名	詳細	価格
電子部品	電子部品一式	2,449 円
CPU	ATMEGA1284CPU1324	973 円
MCP	MCP2200-I/SO	259 円
基板	両面感光基板	1,307 円
	合計	4,988 円

## 5. 動作

### 5.1 造形

熱溶解積層方式 3D プリンタは図 7 のように造形を行う。造形はプラスチックのフィラメントをモーターで送り、ヒーターで温めて溶かし、ノズルから吐出して積層させる。実際に造形する様子を図 8 に、造形したオブジェクトを図 9 に示す。

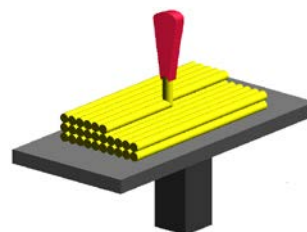


図 7. 積層による造形イメージ

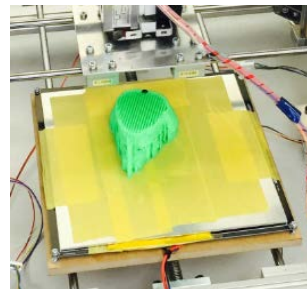


図 8. 造形中のオブジェクト



図 9. 3D プリンタで造形したオブジェクト

### 5.2 制御

制御は 3D プリンタ用制御ソフト Pronterface® を用いて行う。これは Slic3r® 等のスライサーソフトで G コード化された立体データの造形制御を自動で行うことができる。また、手動操作で各軸の動作や各ヒーターの温度設定と ON/OFF 制御、ファンの ON/OFF 制御を行うことができる。

Pronterface® の制御画面を図 10 に示す。



図 10. Pronterface® 操作画面

## 6. 製作費用内訳

本課題での製作費用内訳を表 6 に示す。但し、電子部品の流用や、試作・実験用の予備部品の発注、機械科による金属部品の製作などがあり、実際の製作費用は表 6 から前後する。

表 6. 製作費用内訳

品目	内容	概算
本体	アルミフレーム等	120,000 円
制御基板	Generation7® 改	4,988 円
動力部品	ステッピングモータ	3,500 円
ドライバー	モータドライバ A4988	5,572 円
電子部品	ヒーター、サーミスタ等	4,000 円
	合計	138,000 円

## 7. 作業工程

本開発課題の作業工程を表 7 に示す。

表 7. 作業工程表

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
3Dプリンタについての学習									
既存3Dプリンタの操作学習									
ソフトウェアについての学習									
制御プログラム解析・設定									
電子部品製作									
試作プリンタヘッド製作									
試作機選定・設計									
試作機製作									
試作機調整・評価									
改良プリンタヘッド製作									
制御基板製作									
バックル設計									
バックル製作									
バックル調整・評価									

本開発課題の作業工程は夏季休業の前後で大きく 2 つに分かれている。当初、私たちには 3D プリンタに関する知識がなかったため、前半は 3D プリンタについての学習に多くの時間を取り、試作機の製作を行った。製作した試作機は外部のセミナーで実際に運用を行った。

後半は試作機の評価をフィードバックしたポリテク仕様 3D プリンタ Paeckel の設計・製作を

行った。

## 8. 製作品の評価・成果

### 8.1 製作品の評価

製作品の評価を表 8 に示す

表 8. Paeckel 評価

項目	評価	内容
動作	○	精密なポジショニング可能
造形	○	正常な造形可能
温度管理	○	正常に動作する
長時間の動作	△	評価が不十分
市販品との比較	○	造形範囲が大きい ポジショニング精度で優越

Paeckel は、10～20 万円程度で購入することができる市販の 3D プリンタと比較すると、より精密なポジショニングを行うことができ、大きな造形物を出力することができる。

Paeckel は正常な造形動作と温度管理を行うことができるが、長時間にわたっての動作については十分な評価ができていない。設定温度、プリンタヘッドの動作速度、フィラメントの吐出速度など、細かいパラメータの調整を行いつつ検証を続けていく必要がある。また、より高精度の造形を行おうと積層ピッチを小さくした場合、積層回数が増加するため、造形にかかる時間も増加する。使用する目的に沿って、精度と時間のどちらを優先するか考え、調整する必要がある。

### 8.2 目的に対する成果

本開発課題は、当校の授業実習での利用及び、能力開発セミナーでの利用という目的で 3D プリンタを開発した。

授業実習での利用は、開発することに重点を置き、本開発課題のメンバーがそれぞれの分野で部品の選定や製作、加工調整のスキルを伸ばすことができた。セミナーでの利用は、北九州学術研究都市や日本文理大で実際に利用を行い、3D プリンタとはどういうものなのかを参加者に知ってもらうことができた。以上のことから、目標は達成できたものとする。

## 9. まとめ

私たちは、毎週必ず一回は全体でのミーティングを行って情報の交換と共有を行った。その結果、Paeckel の製作をスムーズに行うことができた。本開発課題を通して貴重な経験を得ることができたと思う。

【担当教官】 西田和哉 友添信雄 中山裕介（広本）

# 課題実習「テーマ設定シート」グループNo\_\_\_\_\_

作成日： 平成26年3月24日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 組込システム応用構築実習（生産情報システム技術科） （開発課題実習）		3Dプリンターの開発	
担当教員		担当学生	
○生産情報システム技術科 中山			
生産電子システム技術科 友添			
生産機械システム技術科 西田			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>加工技術として、3D加工が急速に普及している。製品として、3Dプリンタ、3Dプロッタ、レーザ加工機、CNC加工機については、高精度・高速位置決めが重要であり、多機能工作機械として、その制御について取り組んできた。今年度は、対象を3D加工機として、3Dプリンタ等の加工機の制作を行う。この加工機の制作を通して、「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、管理能力等）を習得する。今年度は、昨年までと同様、グループに分け、3Dプリンタ、3Dプロッタ、レーザ加工等の加工機を制作し、3系連携して総合的な製品づくりについて取り組む。特に、高速制御については、重要であり、FPGA等の活用についても検討したい。</p> <p>全体のスケジュールとしては、前半に標準構成の加工機を試作し、効率的な利用方法を評価し、より良いポリテク仕様の3Dプリンタを構築する。後半には、これらの加工機について、制作・利用についてマニュアル化を行い、教材として提供する。</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>最近注目されている3Dプリンタは、オープンソースなハードウェアとして各種RepRap<sup>TM</sup>プリンタが開発されており、制作や組み立てについての情報が入手可能である。このRepRapにおいても、Gコードによる加工がおこなわれており、3Dデータをスライスで平面化し、その面のGコードを生成し、加工機を制御する。</p> <p>この多機能工作機械をテーマとするこの課題は、機械加工の精度向上とその制御を目的として取り組んできた。制御に注目するとGコードでの制御をマイコンで行い、同期制御・リジッタッピング(高精度タッピング)をテーマとしている。これらは、共同研究としても実施してきたが、FPGAによる高速制御が課題になってきており学生のグループで解決できる問題ではなくなりつつある。しかしながら、Gコードによる加工や、加工機の制作・取り扱い、加工制御、3Dデータの取り扱いは、オープンソースの活用や、その制御、加工精度の向上など、開発課題グループで取り組み、成果をあげられる課題である。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>最近注目される3Dプリンタを中心に、手軽に利用できる3D加工機の制作を行う。オープンソースを活用し、安価な製品として3Dプリンタを代表とする3D加工機を複数制作し、そのノウハウを教材としてまとめる。</p> <p>加工機の本体については、XYZの位置制御と、加工機の主軸に相当するExtruderを装備することで3Dプリンタが構築できる。Extruderをスピンドルモータに変更すれば、3Dプロッタが構築可能であり、炭酸ガスレーザを装備すれば、レーザ加工機となる。</p> <p>これらの3D制御については、オープンソースとして各種情報が提供されており、グループ構成を行い、その制作・利用までを行い、その教材化を行う。</p>			
No	取組目標		
①	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る。		
②	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む。		
③	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、実践する。		
④	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を管理する。		
⑤	グループメンバーの意見に耳を傾け、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認識を持つ。		
⑥	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持する。		
⑦	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する。		
⑧	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行う。		

# 課題実習「テーマ設定シート」グループNo\_\_\_\_(補足)

成果物とその活用	
<p>3Dプリンタとして、利用しやすいポリテク仕様3Dプリンタを設計し、その組み立て・調整・利用について教材を作成する。 作成した教材をもとに、3Dプリンタの製作についてのセミナーコースを計画する。 3Dプリンタの応用課題として、袋詰め機構装置を設計し組み立てて評価を行う。</p>	
学生の構成員数と技術的分野	
生産機械システム技術科	
<p>(人数) &lt;技術分野&gt; 加工系 1名、制御系 2名 工作機械・加工機に対する操作・データ等について説明できる。 機構部について精度・強度についての検討を行い、何をどのように実現すべきかをまとめられる。 加工機の精度、加工品の精度測定ができる。</p>	
生産電子システム技術科	
<p>(人数) &lt;技術分野&gt; マイコン設計(HW, SW 両方)中心 3名。 オープンソースの情報を入手し、それを利用して、仕組みをまとめられる。 作成した製品を評価し、よりよい製品化を実践する。</p>	
生産情報システム技術科	
<p>(人数) &lt;技術分野&gt; マイコン設計・組込(HW, SW 両方)中心 3名+1名。 オープンソースの情報を入手し、それを利用して、仕組みをまとめられる。 作成した製品を評価し、よりよい製品化を実践する。</p>	
予算	
概算	<p>内訳</p> <p>RepRap<sup>TM</sup>プリンタの試作(6台分:評価用3セット、ポリテク仕様3セット) 30万円</p> <p>スピンドル、レーザユニット(20万円)</p> <p>マイコン制御ボードの試作(13万円)</p>
63万円	
その他	
<p>(特記事項)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>この課題は、多機能工作機械についての共同研究6年目のテーマの一部として実施する予定であるが、FPGAマイコン処理の希望者が不在の場合、FPGAによる高速制御についての研究に学生は参加しない。多機能工作機械としての流れを引き継ぐが、開発課題テーマと共同研究とは関連がなくなる。</li> <li>3Dプリンタについてのセミナーは、年度後期に計画しているが、その準備についても、この開発課題で行う(3Dプリンタの活用として、共同研究として実施する予定)。</li> <li>3Dプリンタについての開発対象装置として、饅頭の袋詰め装置に対する試作を行う。(饅頭の袋詰め装置については、共同研究として実施する予定)</li> </ul>	
(開発課題委員会記入欄)	