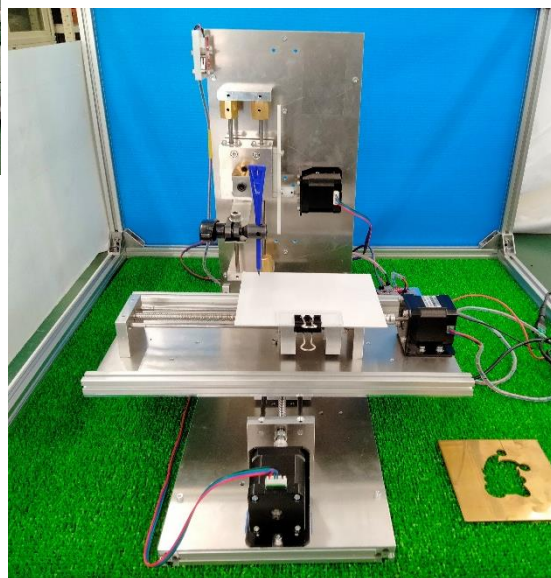
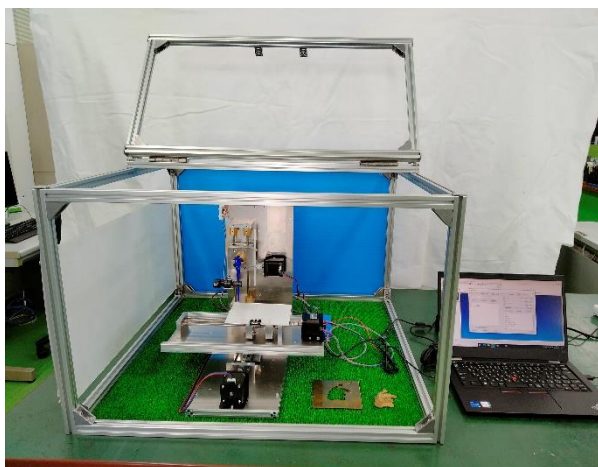


令和4年度 教材研究

NC直動機構の製作（簡易3軸直動）

集中実習課題



- 対象者：専門課程 1年
- 対象科目：Ⅱ期 機械工作実習
- 実習期間：4単位（9日間）

【加工(5日) 製図(2.5日) 組立・調整(0.5日) 検証(1日)】

京都職業能力開発短期大学校
生産技術科
楠本、神川、飯沼、山本、藤原、
岡本（学生）

もくじ

- 0 はじめに
- 1 教材の製作目的
- 2 授業の対象者と購入品
 - 2-1 対象学生の習得科目
 - 2-2 購入品一覧と製作価格
 - 2-2-1 ラック&ピニオン動作の製作費用（1軸分）
 - 2-2-2 ボールねじ動作の製作費用（1軸分）
 - 2-3 加工用準備工具
- 3 訓練実施について
 - 3-1 9日間の進め方（1軸～3軸製作までの工程）
 - 3-2 訓練環境
 - 3-3 班分けとルール
- 4 製作物の説明
 - 4-1 製作物の全体図
 - 4-2 標準品（購入品）と加工品
- 5 機械加工【抜粋】
 - 5-1 設備の使用台数について
 - 5-2 加工作業の進め方
 - 5-3 加工段取りシートの作成
 - 5-3-1 軸受け側板（部品番号4）
 - 5-3-2 共用ベース板（部品番号1）
- 6 組立作業【抜粋】
 - 6-1 組立前の部品チェック
 - 6-2 組み立てに使用する部品名称の予備知識（学生の補足追加）
 - 6-3 ラック&ピニオン
 - 6-3-1 組立準備
 - 6-3-2 組立手順書
- 7 検証作業（NCプログラム動作）
 - 7-1 ステッピングモータのパラメータ調整作業
 - 7-2 パラメータ設定と移動量の測定
 - 7-3 製作物の動作検証
 - 7-4 プログラム動作確認
- 8 まとめ

1 教材の製作目的

生産技術科の学生は、高校では普通科出身がほとんどであり、これまでモノづくりの経験が非常に少ない。

当校に入学し、約3カ月間 “学科と実技教育” を受講し、Ⅱ期の授業に取り組んでいる。学生たちは、本当に実力がついているのか、実際にどの程度のことのできるようになったのか考える学生もいる。

このような学生に対し、集中実習で課題を製作し3カ月で身についた技術力の確認とモノづくりの楽しさを理解してもらいたいと思い、この課題を製作しました。

この集中実習では、仕事で重要な“納期”“価格”“報連相”を考えながら学生たちが授業に取り組み、製品を完成させ最後の検証まで行える製作物教材にしました。

以下の6点が、製作課題の目的です。

- ① 3カ月間で、習得した学科や実技の実感を得られる
- ② 9日間で、製図、加工、組立・調整、検証ができる
- ③ グループでの製作とし、コミュニケーション能力が向上する
- ④ 製作物の加工ミスがあった場合、グループ内で検討できる程度の形状課題
- ⑤ 総合制作を見据えたコストの感覚を養える
(総合制作は、一人当たり5万円。どの程度の製作物が可能かを知る)
- ⑥ 完成品を検証し、モノづくりの楽しさを知る

2 授業の対象者と購入品

2-1 対象学生の習得科目

本課題の製作は集中実習（7月）に実施を行った。

本製作課題に関連する1年生の習得科目（習得途中も含む）を表1に示す。

製作にあたっては、表1に示す内容を習得または習得中の受講生に対して実施可能な製作課題である。

表1 集中実習までの習得科目

	授業科目 (習得途中も含む)	実施時期	集中実習時の 習得状況
実技	精密測定	I期	済
	機械加工実習（旋盤・フライス盤）	I期、II期	途中
	基礎製図	II期	途中
学科	機械加工	I期	済
	機械工作	II期	途中
	メカニズム	I期	済

2-2 購入品一覧と製作価格

※参考価格（令和4年4月現在）

2-2-1 ラック&ピニオン動作の製作費用（1軸分）

製作課題を実施に当たって、購入する加工材料と価格を表2に示す。

表2 ラック&ピニオン直動に必要な加工材料と価格

材質	サイズ	型番	価格	1台製作 価格
アルミフレーム	15角 2m	ミスミ KHFS3-1515-2000	741円	741円
アルミフリープレート A5052P	705×180×3	ミスミ L-PNLNN-705-180-3	7436円	3718円
アルミフリープレート A5052P	510×60×8	ミスミ L-PNLNN-510-60-8	3245円	370円
アルミフリープレート A5052P	510×40×10	ミスミ L-PNLNN-510-40-10	2244円	510円
アルミフリープレート A5052P	510×40×15	ミスミ L-PNLNN-510-40-15	5434円	1235円
ミガキ丸棒	φ5×1m		110円	55円
			合計	6629円

製作課題を実施に当たって、購入する機械要素品と価格を表3に示す。

表3 ラック&ピニオン動作に必要な機械要素品と価格

機械要素名	規格	個数	単価	小計
平座金	M3用	28	10円	280円
平座金	M4用	12	10円	120円
六角ナット1種	M3用	8	15円	120円
六角ナット1種	M4用	4	15円	60円
樹脂ナット	M3用	2	10円	20円
角ナット	M3用	10	6円	60円
十字穴付きなべ小ねじ	M3×20	8	10円	80円
止めねじ	M4×5	8	7円	56円
六角穴付きボルト	M3×5	4	4円	16円
六角穴付きボルト	M3×8	8	4円	32円
六角穴付きボルト	M3×12	2	4円	8円
六角穴付きボルト	M3×20	2	4円	8円
六角穴付きボルト	M4×10	12	4円	48円
六角穴付きボルト	M4×15	2	4円	8円
六角穴付きボルト	M4×20	4	4円	16円
			合計	932円

製作課題を実施に当たって、購入するその他購入品と価格を表4に示す。

表4 その他購入品と価格

品名	型番	個数	単価	1台製作 価格
マイコン ステッピングモータ セット	Kuman 電作キット KB02	1/3	8558円	2853円
ラックギア L寸固定タイプ 300mm	RGEAP 0.8-300-N	1/2	2904円	1452円
平歯車 樹脂	GEABP 0.8-15-7-K-5	1	878円	878円
リニアブッシュ	C-LMU5	4	293円	1172円
15mm角アルミフレーム用 ブラケット	HBLTBS3	8	83円	1172円
			合計	7527円

製作課題を実施に当たって、購入する使用後部と価格を表5に示す。

表5 使用工具購入品

工具	価格
六角レンチセット (1.5~6mm) 7本セット	264 円
ミニスパナセット (4~11mm)	2739 円
合計	3003 円

ラック&ピニオン直動の製作費用を表6に示す

表6 ラック&ピニオン直動の製作費用

項目	価格	備考
加工材料	6629 円	
機械要素品	932 円	
その他	7527 円	
小計	15088 円	工具を含まない
工具	3003 円	
合計	18091 円	工具を含む価格

2-2-2 ボールねじ動作の製作費用 (1軸分)

製作課題を実施に当たって、ボールねじに構造を変更した場合の追加費用を表7に示す。

表7 ボールねじ直動に必要な標準品と工具費用

品名	品番	個数	単価	小計
転造ボールねじ 軸径8リード2	ミスミ C-BSSCK0802-260-F9-P4	1	12298 円	12298 円
カップリング	モノタロウ MST-12-4-5	1	2299 円	2299 円
ベアリング	ミスミ C-B686ZZ	4	154 円	616 円
工具	φ13 エンドミル	1	3509 円	3509 円
			合計	18722 円

ボールねじ直動の製作費用を表8に示す。

表8 ボールねじ直動の製作費用

項目	価格	備考
加工材料	6629 円	
機械要素品	924 円	ラック取り付けねじ不要
マイコンなど	5197 円	ピニオン、ピニオン不要
ボールねじ関係	15213 円	
小計	27963 円	工具を含まない価格
工具	6512 円	スパナなど、エンドミル
合計	34475 円	

2-3 加工用準備工具

表9に各作業に必要な工具を示す。

表9 各作業に必要な工具

旋盤加工用

荒削り用バイト	
仕上げ用バイト	
面取りバイト	
センタードリル	
φ5 ドリル	M6 下穴用

フライス盤

φ20 エンドミル	
φ10 エンドミル	
φ13 エンドミル	ボールねじ直動の場合
センタードリル	
φ3.3 ドリル	M4 下穴、M3 ボルト穴
φ4.2 ドリル	M4 ボルト穴

ボール盤

センタードリル	
φ5 ドリル	

手仕上げ

平目ヤスリ	細目 200mm
タップ	M3 用
タップ	M4 用
ダイス	M6 用
油といし	

3 訓練実施について

3-1 9日間の進め方（1軸～3軸製作までの工程）

説明 1 日（100分×4）

加工 4 日（100分×16）

製図 2.5 日（100分×10）

組立・調整 0.5 日（100分×2）

検証 0.5 日（100分×2）

- ・加工から行い、加工品を見ながら部品図・組立図の作図を行う。
- ・製図が完了後、組立・調整作業を行う。
- ・検証では製作物を動作し、作図機能という身近な課題を行いモノづくりの楽しさと習得意欲を持てるような製作物とした。

図 1 に製作にあたっての流れを示す。

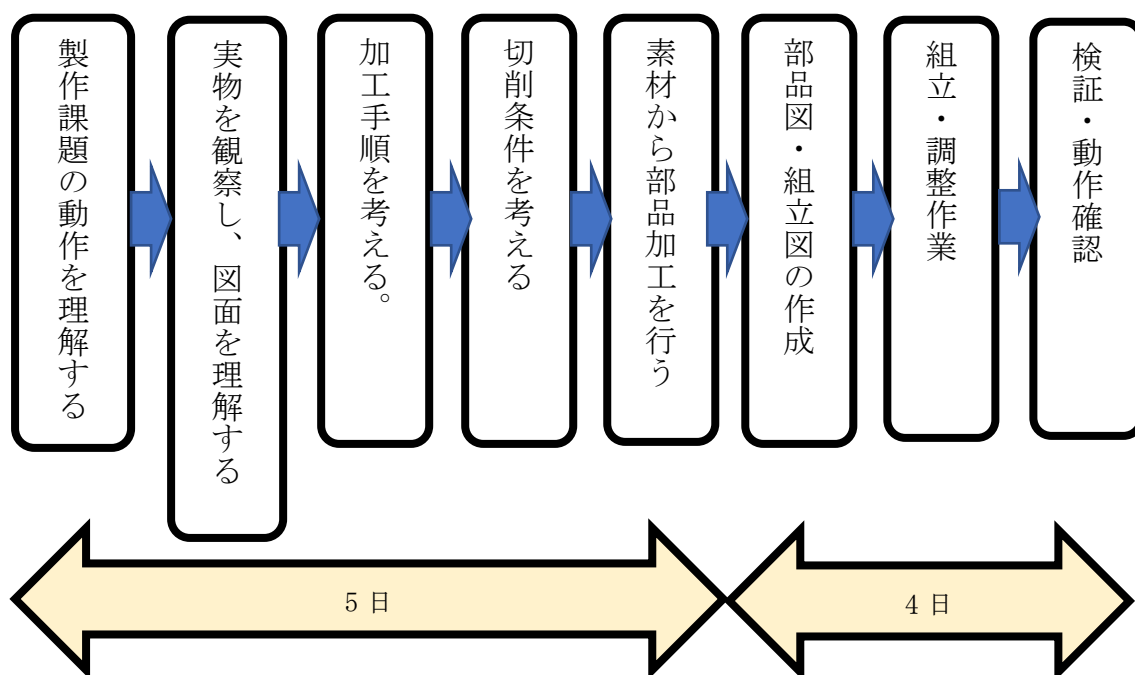


図 1 製作にあたっての流れ

※9日目は、制作物の検証として、3台を組み合わせ、3軸動作を製作する。
そして、NCプログラム動作で正確に動作するよう制御を行う。
これから習得する科目の関連と重要性をまとめとする。

3-2 訓練環境

授業の進め方は学生数と指導員数（表 10）ならびに使用する設備台数（表 11）によって決まる。今回の実施に環境を示す。

表 10 学生数と指導員数

学生数	20 名	専門課程 生産技術科 1 年生
担当指導員	1 名	

表 11 使用可能設備台数

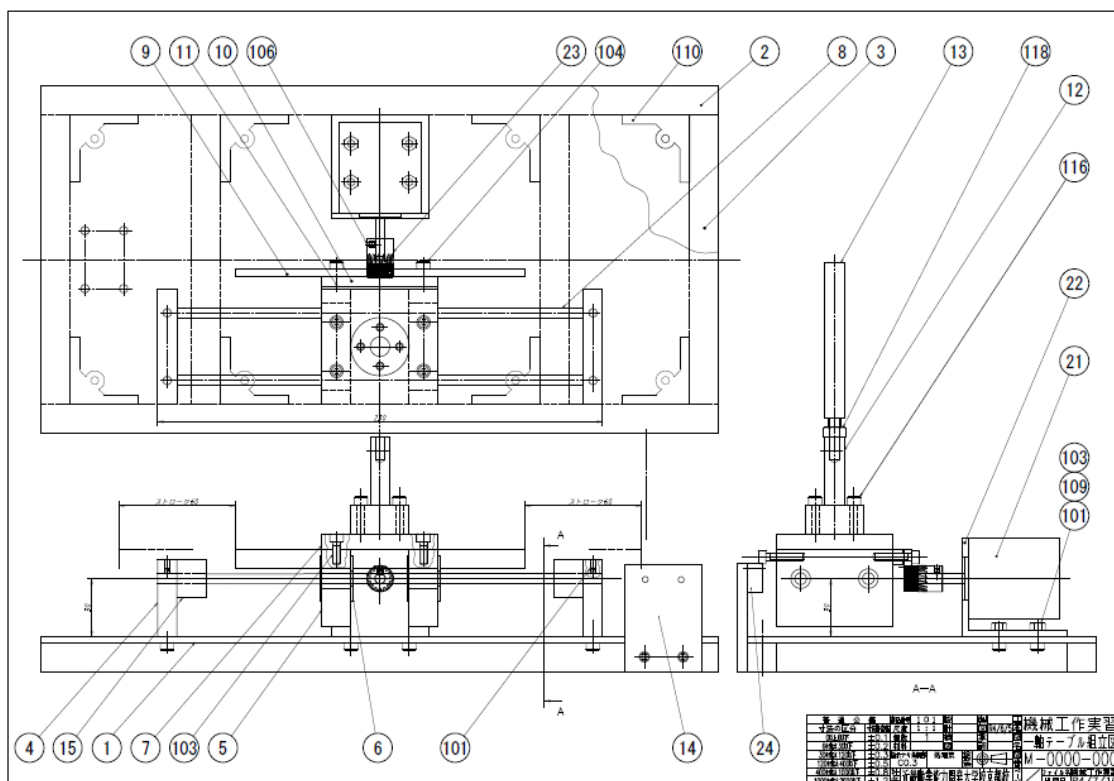
旋盤	10 台	
フライス盤	6 台	
卓上ボール盤	3 台	
万力（手仕上げ用）	7 台	作業テーブル 2 台
定盤	2 台	0.9m × 1.2m
帯のこ盤	1 台	
コンタマシン	1 台	
NC ワイヤ放電	1 台	

3-3 班分けとルール

- ① 1 グループを 4 人の 5 班を作り、それぞれを 1 課～5 課と班分けを行う
- ② 各課に課長の役割をつくり、毎日の進捗状況の確認をする役割を持たせた
- ③ 製作納期を最終日とし、図面の製作、部品の加工、部品管理など各班で相談し行わせた。
- ④ 機械の割り振りは、各課旋盤 1 台、フライス盤 1 台とし、その他の機械は空き状況を各課の課長がグループの代表として調整をすることとした。
- ⑤ 部品の加工ミスは、グループ内で相談し、見栄えは変わるがそのまま続行するか、新たな部品を最初から加工するかをグループ内で相談し判断させ、指導員から強制的に指示することは避けることとした
- ⑥ 各課の目標は提出最終日までに、製作物加工、組立・調整・図面の作成を行い提出する。

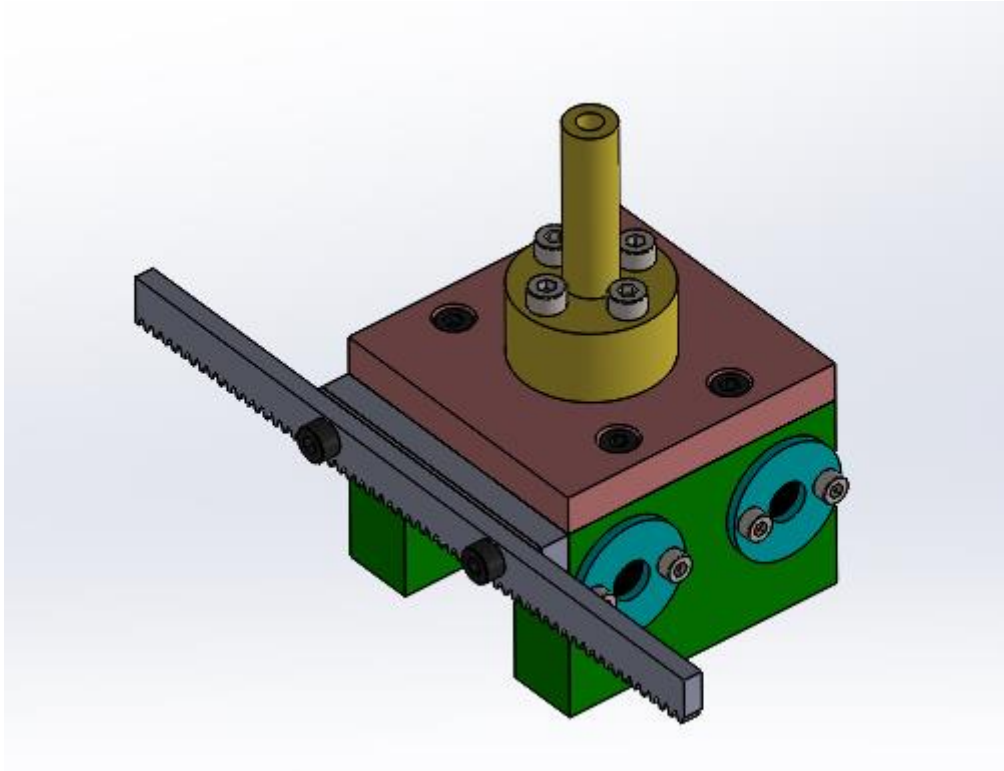
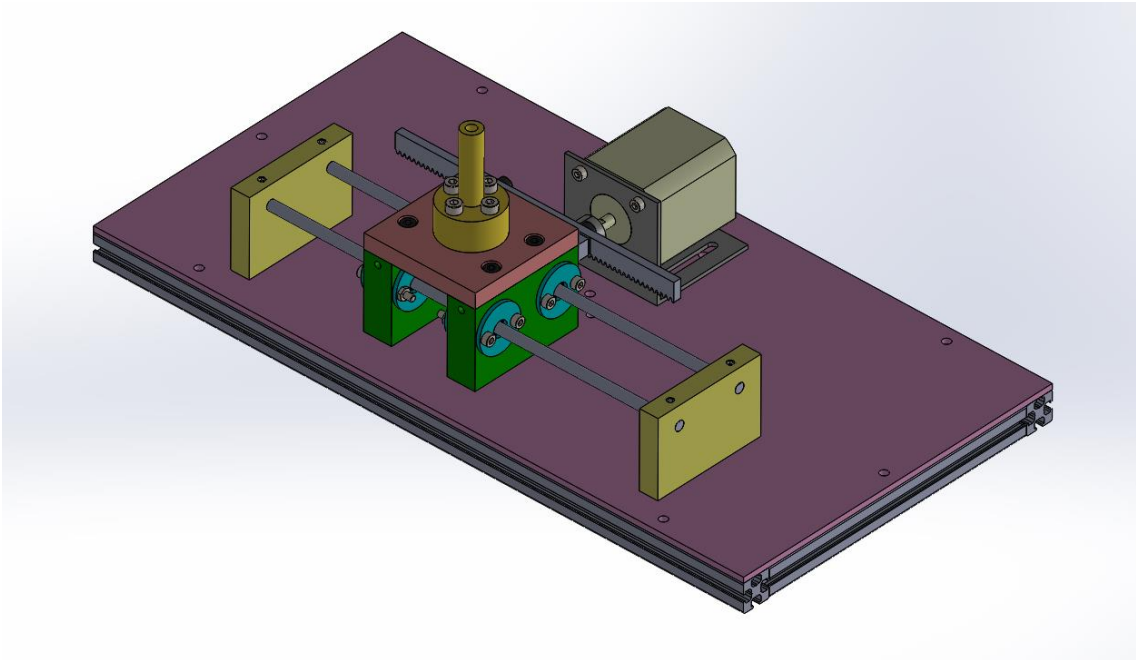
4 製作物の説明

4-1 製作物の全体図 (※学生には、部品図を配布)



24	センサー	1	
23	ピニオン	1	
22	モータブラケット	1	
21	ステッピングモータ	1	
15	ストッパー	4	
14	センサ取り付け板	1	
13	取り付け棒	1	
12	作業部フランジ	1	
11	フック取り付け板2	1	
10	ラック取り付け板1	1	
9	ラック追加工	1	
8	スライド用軸	2	
7	テーブル	1	
6	リニアブッシュカバー	8	
5	摺動板(フック用)	2	
4	軸受け側板	2	
3	アルミフレーム(短)	4	
2	アルミフレーム(長)	2	
1	共用ベース板	1	
No	名称	個数	備考

◎3次元モデルにより、製作物の説明



4-2 標準品（購入品）と加工品

ラック&ピニオンの1軸に必要な部品を図2に示す。



図2 ラック&ピニオン動作（1軸）

購入品を表12に、加工品を表13にそれぞれ示す。

表12 購入品一覧

購入品	マイコン、ステッピングモータセット	Kuman 電作キット KB02	1
	平歯車 樹脂	GEABP 0.8-15-7-K-5	1
	リニアブッシュ	C-LMU5	4
	15mm角アルミフレーム用ブラケット	HBLTBS3	8
	平座金	M3用	28
	平座金	M4用	12
	六角ナット1種	M3用	8
	六角ナット1種	M4用	4
	樹脂ナット	M3用	2
	角ナット	M3用	10
	十字穴付きなべ小ねじ	M3×20	8
	止めねじ	M4×5	8
	六角穴付きボルト	M3×5	4
	六角穴付きボルト	M3×8	8
	六角穴付きボルト	M3×12	2
	六角穴付きボルト	M3×20	2
	六角穴付きボルト	M4×10	12
	六角穴付きボルト	M4×15	2
	六角穴付きボルト	M4×20	4

表 13 加工品

加工品	名称	部品番号	個数
	共用ベース板	1	1
	アルミフレーム（長）	2	2
	アルミフレーム（短）	3	4
	軸受け側板	4	2
	摺動板（ラック用）	5	2
	リニアブッシュカバー	6	8
	テーブル	7	1
	スライド用軸	8	2
	ラックギア追加工 RGEAP 0.8-300-N	9	1
	ラック取り付け板 1	10	1
	ラック取り付け板 2	11	1
	作業部フランジ	12	1
	取り付け棒	13	2
	センサー取り付け板	14	1
	ストッパー	15	4

5 機械加工

5-1 設備の使用台数について

使用可能な設備台数は、前項の表 11 に示した。すべての工作機械などの作業を監視することができないため、稼働台数を 10 台程度に抑えて実習を行った。

使用可能な台数と実際に使用した台数を表 14 に示す。

表 14 使用可能な台数と実際に使用した台数

設備機械など	台数	実際に使用した台数	備考
旋盤	10 台	6 台 (5 台 + 予備 1 台)	予備 3 ツ爪 1 台
フライス盤	6 台	6 台 (5 台 + 予備 1 台)	
卓上ボール盤	3 台	1 台	タップ機能のない機械を使用
万力（手仕上げ用）	7 台	7 台	
定盤	2 台	1m × 1m	
帯のこ盤	1 台		
コンタマシン	1 台		
NC ワイヤ放電	1 台	1 台	加工方法を見せるために使用

5-2 加工作業の進め方

機械加工作業は、最大でも稼働工作機械を 10 台程度に抑えるように行う。

授業の 1 限目は、その日の製作加工品の指示を行い、実習場全体に学生ができるだけ分散しないように行う。

その日に製作する製品を決めることで、全員が同じ加工条件で取り組むことができスムーズに製作が行えた。実際に行った 9 日間の日程を表 15 に示す。それぞれの部品の加工期限を示すことで、各部品の加工期限を守れるように学生が集中し製作に取り組んだ。

また工作機械は 2 年生と使用する日を決め、工作機械は自由な時間に使えないことも理解し、使用可能な時間に製作しないと製作課題が完成しないため、学生が自ら計画的に製品ができるように考えながら進めることができた。

表 15 日程表

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目
	素材準備					製図作業 (組立図、部品図)			製作物の 検証
帯のご盤 コンタマシン	①アルミフレーム	②アルミフレーム							
	【部品3】 150×4本	【部品31】 500×12本 (2m×3本)							
	【部品2】 350×2本	【部品32】 380×6本 (2m×2本)							
	【部品30】 455×2本								
	計 5班・・2m×6本								
旋盤		【部品12】 φ30×50							
		【部品13】 端面、段付き加工							
手仕上げ		【部品13】 金切りのこ、ヤスリ、ダイス		【部品4】					
		【部品8】 金切りのこ、ヤスリ		【部品5】					
			【部品15】 ケガキ、タップ	【部品7】					
ボール盤		【部品15】 穴あけ		【部品2】					
		【部品1】 ケガキ、アルミフレーム用穴あけ		【部品3】					
				【部品4】					
フライス盤		【部品31】 500×12本 (2m×3本)	【部品31】						
	【部品3】 150×4本	【部品32】 380×6本 (2m×2本)	【部品32】						
		【部品2】 350×2本	【部品2】						
		【部品30】 455×2本	【部品1】						
NCワイヤー放電			【部品6】						
			【部品10】						
			【部品11】						

5-3 加工段取りシートの作成

目標の加工品を製作するため、材料の切り出しや使用する機械や使用工具、切削条件など手順説明を1限目に実施を行う。手順説明後に、班で作業の役割分担を決め、その日の各班の計画が決まれば加工作業を行う流れで行う。

5-3-1 軸受け側板（部品番号4）

図3に加工図面を示す。

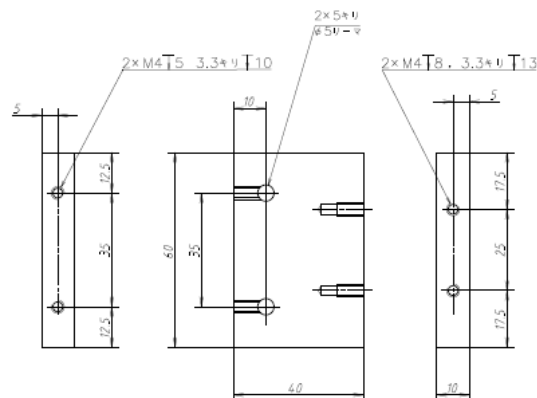


図3 軸受け側板図面

加工段取りシート		課	
図番	M-R4-004		
部品名称	側板		
仕上がり寸法	60×40×10		
購入素材			
素材寸法	作業内容	作業方法	備考
加工手順	① 材料切断	コンタマシーン	
	② バリ取り	ヤスリ、油といし	
	③ 端面切削	フライス盤 エンドミル	
	④ 寸法出し		
	●切削工具・・・エンドミル 直径20	材質 ハイス	
		切削速度 30×(1.5~2) = 45~60m/min	
	●被削材・・・	60×0.8 = 48 ~ 50 m/min	
	アルミニウム A2017 (ジュラルミン)	回転数 $N=1000 \cdot 50 / (\pi \cdot 20)$	
		= 790 $[\text{min}^{-1}]$ $[\text{rpm}]$	
	●仕上げ 自動送り量		
	※機械加工実習（フライス盤）の指導内容を参考にする		
	材質 SS400、ハイス工具φ20刃数4（記号Z）、仕上げ	回転速度500 $[\text{min}^{-1}]$ $[\text{rpm}]$	
	仕上げ	回転速度500 $[\text{min}^{-1}]$ $[\text{rpm}]$ （記号N）	
	送り量250 $[\text{mm}/\text{min}]$ （記号F）		
	1刃当たりの送り量 $[\text{mm}/\text{tooth}]$ （記号f）		
	送り量250 $[\text{mm}/\text{min}]$ （記号F）		
	$F=fNZ$ → $f=F/(NZ)$		
	$f=250/(500 \times 4) = 0.125$ $[\text{mm}/\text{tooth}]$		
	アルミの場合 $F=0.125 \times 800 \times 4 = 400$ $[\text{mm}/\text{min}]$		
	※構成刃先の対策・・・切削油		

6 組立作業

6-1 組立前の部品チェック

バリの確認

加工部品と図面の確認事項

加工位置と形状寸法

穴の形状と深さ

ネジ穴、ボルトねじ部の切粉の有無

6-2 組み立てに使用する部品名称の予備知識（学生の補足追加）

- ・モータブラケット



【ブラケットとは】

部品を結合するために使用する支持具や取付け具のこと。

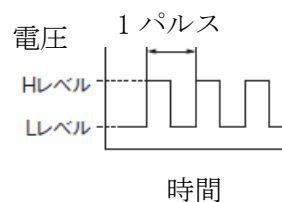
部品を固定するために用いられる。

- ・ステッピングモータ

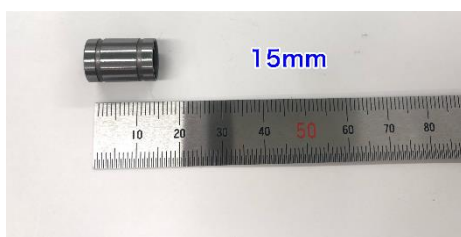


【ステッピングモータとは】

パルス信号によって、1パルスごとに一定の角度ずつ回転するモータである。



- ・直動ガイドブッシュ



- ・アルミフレーム



6-3 ラック&ピニオン

6-3-1 組立準備

組立の事前準備として、配布物をトレーに入れ準備した。

配布した組立準備品を表 16 に示す。

表 16 組立準備

平歯車 樹脂	GEABP 0.8-15-7-K-5	1
リニアブッシュ	C-LMU5	4
15mm 角アルミフレーム用ブラケット	HBLTBS3	8
平座金	M3 用	28
平座金	M4 用	12
六角ナット 1 種	M3 用	8
六角ナット 1 種	M4 用	4
樹脂ナット	M3 用	2
角ナット	M3 用	10
十字穴付きなべ小ねじ	M3×20	8
止めねじ	M4×5	8
六角穴付きボルト	M3×5	4
六角穴付きボルト	M3×8	8
六角穴付きボルト	M3×12	2
六角穴付きボルト	M3×20	2
六角穴付きボルト	M4×10	12
六角穴付きボルト	M4×15	2
六角穴付きボルト	M4×20	4

以下のように、機械要素部品は個袋に分け、組立工具と共に配布を行った。



図 5 組立準備

6-3-2 組立手順書 (ラック&ピニオン)

【ラックとは】

板状または棒状の歯車のこと

【ピニオンとは】

小さい円筒歯車のこと

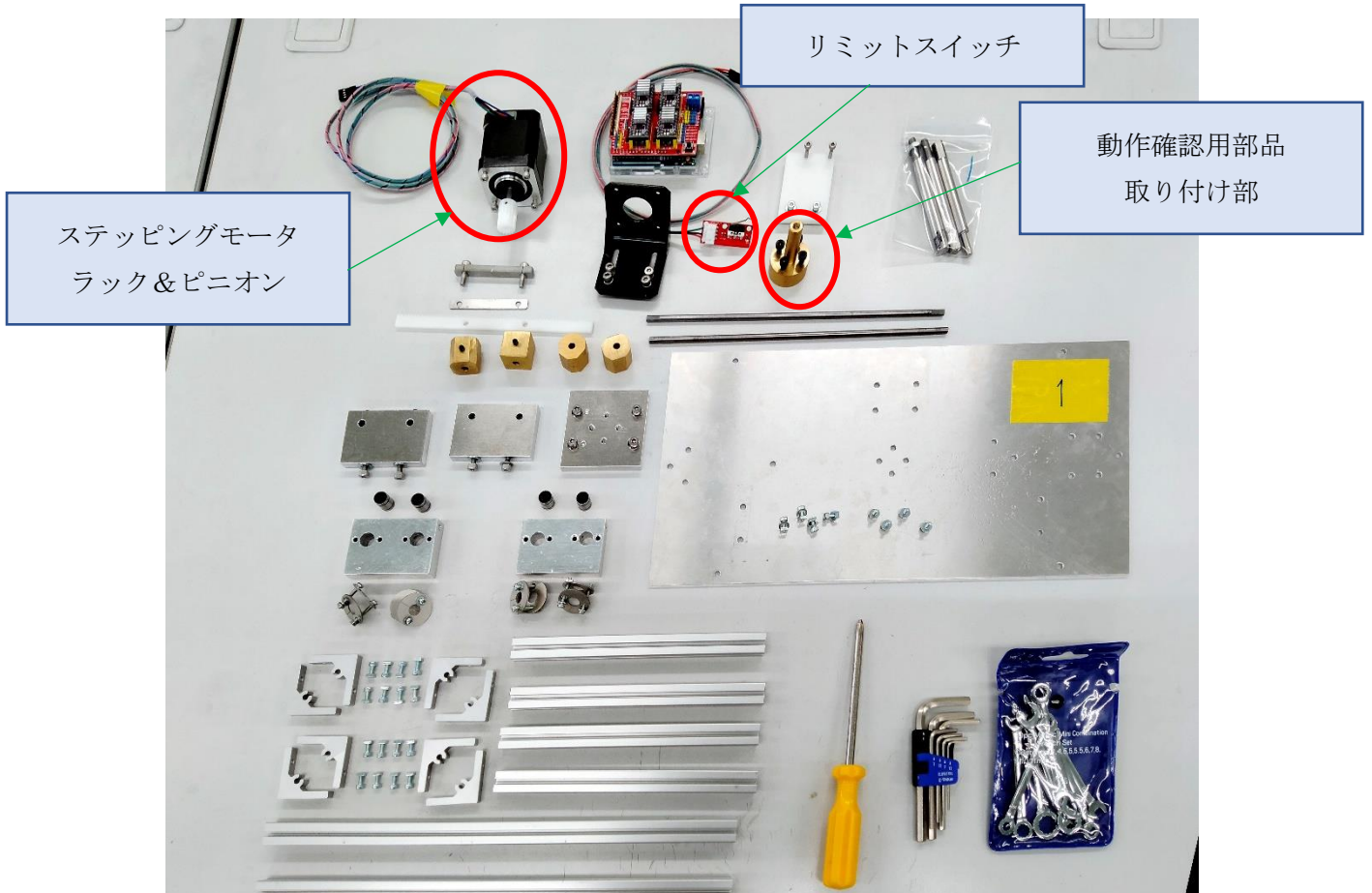


図6 組立部品 ラック&ピニオン1軸分

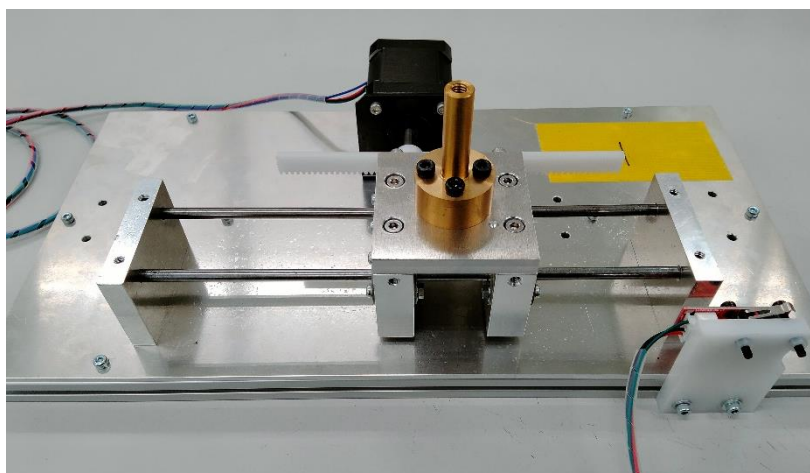


図7 ラック&ピニオン直動完成品

●ラックの取り付け

◎組立に必要な部品など

- ・ラック
- ・ラック調整板 (2枚)
- ・六角穴付きボルト M4×15 (2本)



図8 ラック組立部品

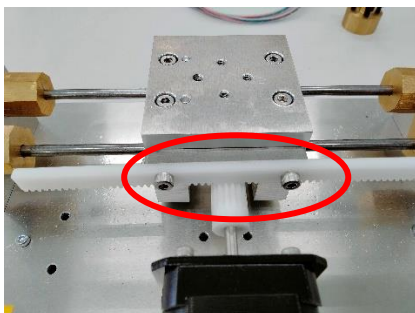


図9 摺動板に取り付け

●ラック&ピニオン調整

ラックの上面に、図10のようにてこ式ダイヤルゲージを当て、水平になるように取り付ける。

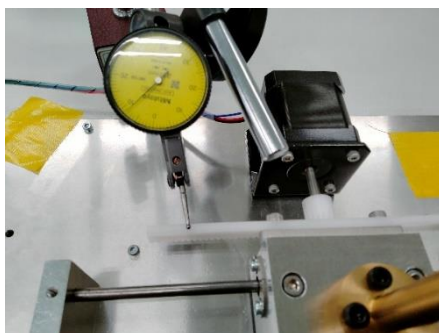


図10 てこ式ダイヤルゲージによる調整

※水平がでないときは、ラックの取り付け穴を広げ、上下の移動距離を大きくする。

●作業部フランジの取り付け

◎組立に必要な部品など

- ・作業部フランジ
- ・六角穴付きボルト M4×20 (4本)

テーブルに作業部フランジを取り付ける。

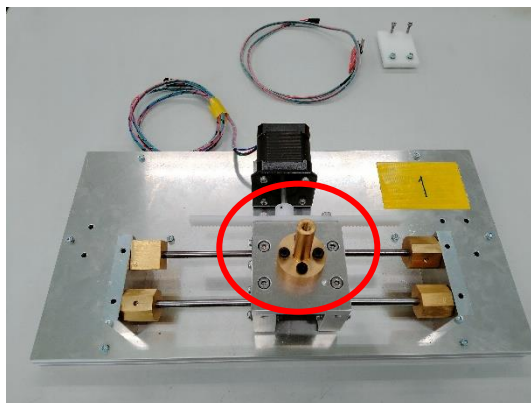


図11 作業部フランジ取り付け完了

7 検証作業 (NC プログラム動作)

7-1 ステッピングモータのパラメータ調整作業

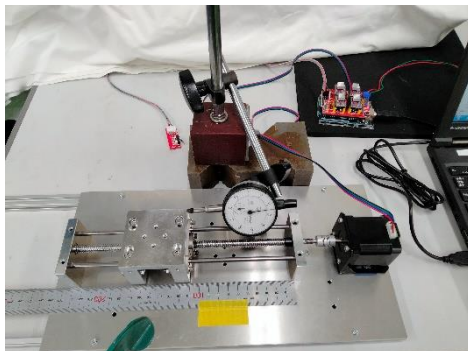


図 12 パラメータ設定

NC プログラムで動作させるため、フリーソフトを活用する。
手順を以下に示す。 **【※ 提出教材 DVD】**

◎マイコン (アルディーノ) + NC プログラム動作

※マイコンと使用するパソコンの接続をする。



図 13 マイコンとパソコンの接続

ドライバやモータの接続がなくてもソフト設定までは可能である。

“Grbl ファームウェア” をダウンロードする。

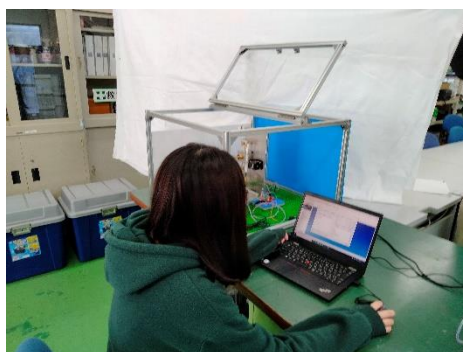


図 14 設定作業を行う学生

◎Grbl のパラメータ設定

★ボールねじによる直動

ステッピングモータの分解能 1.8° /パルス

$360^\circ / 1.8 = 200\text{pls}$

今回、ボールねじのリード 2

1mm 動作させるには 100pls

★ラック&ピニオン

ラック モジュール $m=0.8$

ピニオン モジュール $m=0.8$ 歯数 $Z=15$

P. C. D. $=0.8*15=12$

1回転あたり $\pi * \text{P. C. D.} = \pi * 12 = 37.6991\text{mm}$

$200/37.699=5.305\text{pls}$

★パラメータの設定

\$ 3 . . . XYZ の + 方向

\$ 100 X 軸 step/mm

\$ 101 Y 軸 step/mm

\$ 102 Z 軸 step/mm

\$ 110 X max mm/min

\$ 111 X max mm/min

\$ 112 X max mm/min

7-2 パラメータ設定と移動量の測定

NC プログラムと実際の移動量の確認を行う。

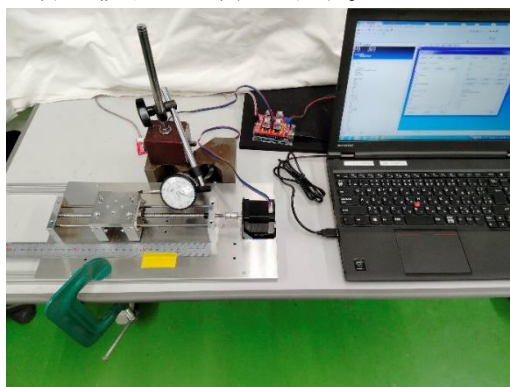


図 15 移動量の確認

7-3 製作物の動作検証

□30 の正方形と、直径 30mm の円を描画し比較を行う。

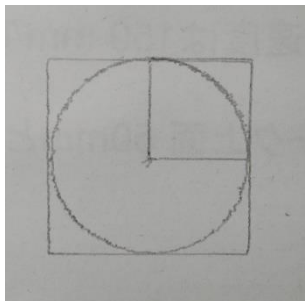


図 16 ラック&ピニオン

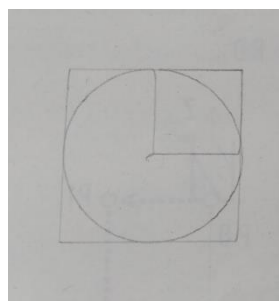


図 17 ボールねじ

7-4 プログラム動作確認

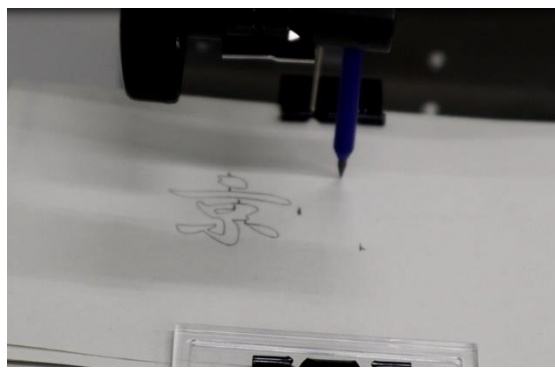
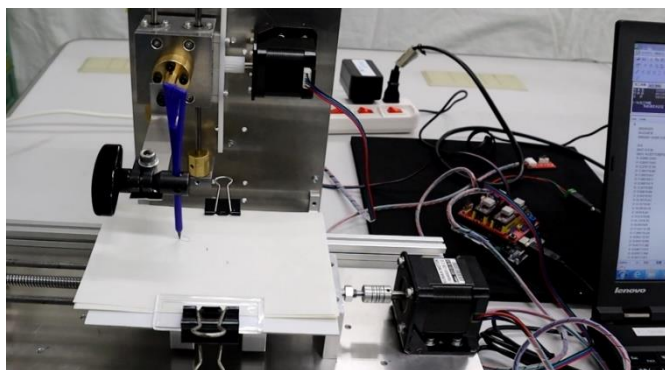


図 18 作図動作

8 まとめ

製作した教材は、今後 1 年生が学習する数値制御，機械制御，CAD 製図などの授業に興味を持つことができ、短期間でモノづくり体験のできる教材に仕上げることができました。集中実習、低価格の教材作成を目指したので、その点をご理解をお願いいたします。



図19 学生コメント『簡単に設定でき、動作することができます。』

以上