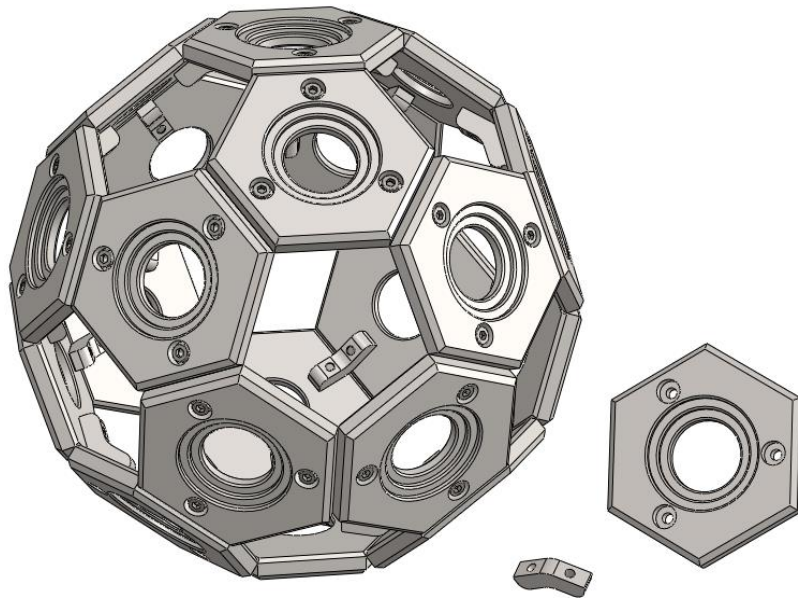


平成 27 年度 教材研究

NC 工作機械 習得用教材

— 切頂二十面体 —



平成 27 年 10 月  
北海道立北見高等技術専門学院  
電子機械科 風間 豊

## もくじ

---

はじめに	.....	1
第1章 NC 工作機械 習得用教材の概要		
第1節 教材開発の背景	.....	2
第2節 本教材について	.....	3
第3節 訓練実施計画について	.....	5
第2章 部品①の課題		
第1節 加工工程1 正面フライス加工	.....	8
第2節 加工工程2 各種穴加工	.....	9
第3節 加工工程3 正面フライスを用いた輪郭加工(荒)	.....	12
第4節 加工工程4 輪郭加工(荒・仕上)	.....	14
第5節 加工工程5 ポケット加工(荒・仕上)	.....	18
第3章 部品②の課題		
第1節 加工工程1		
ワイヤカット放電加工用の下穴加工	.....	21
第2節 加工工程2 ワイヤカット放電加工	.....	23
第3節 加工工程3 M5 メネジ加工	.....	24
第4章 部品①②の製作に用いた治具①～③		
第1節 治具①について	.....	27
第2節 治具②について	.....	31
第3節 治具③について	.....	33
おわりに	.....	35

### 添付資料

- ・ 部品②の角度算出について
- ・ 加工指示の図面など

### データ

- ・ NC プログラム例
- ・ CAD データ
- ・ H26 年度ポスター
- ・ 動画

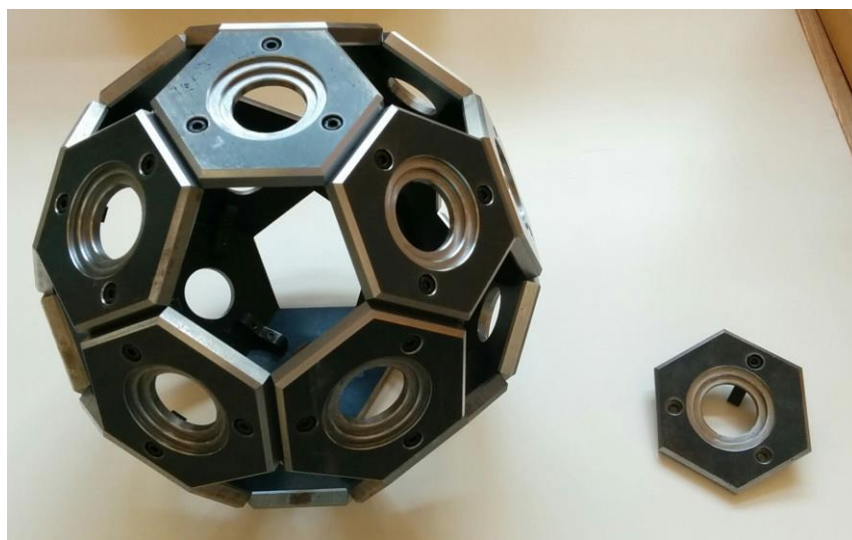
## はじめに

本教材は、北見高等技術専門学院 電子機械科の NC 工作機械実習（平成 26 年度）として、2 年次訓練生 14 名（期間 2014/5 月中旬～7 月中旬）に実施したことをまとめたものです。

当時、2014 FIFA ワールドカップブラジル大会（2014/6/12～7/13）の開催ということもあり、訓練生との会話の中から、NC 工作機械の訓練課題として切頂二十面体のオブジェ（金属製のサッカーボール）を製作してみることにしました。

課題内容としては、NC 工作機械の訓練の初歩段階ということもあり、基本的な加工内容を含み、工程ごとの加工は単純なものとなるように工夫しました。また、訓練生各々が同一の部品を製作し、その部品同士の組立てが行える課題形状としました。

訓練生の学習意欲の向上も図れたと思いますし、ものづくりの楽しさを感じてもらえた課題となったので、教材の一例としてご報告させていただきます。



切頂二十面体のオブジェ（金属製のサッカーボール）の画像

## 訓練で使用している NC 工作機械（北見高等技術専門学院 電子機械科）

NC 工作機械の種類	製造 - 型番	制御装置
マシニングセンタ	日立精機(株) (現 DMG 森精機(株)) - VM40 II	SEIKI-SEICOS MIII
NC フライス盤	(株) 牧野フライス製作所 - KE-55	プロフェッショナル JN
フライス盤 (制御装置あり)	遠州製作(株) - NR	6M-MODEL B
ターニングセンタ	オークマ(株) - LB15 II-MY	OSP7000L
NC 旋盤	(株) 瀧澤鐵工所 - TS-20A	F-6T-B
ワイヤカット放電加工機	三菱電機(株) - DWC-90H	- (表記なし)

## 第1章 NC 工作機械の習得用教材の概要

### 第1節 教材開発の背景

(1) 北見高等技術専門学院 電子機械科における NC 工作機械の訓練

北見高等技術専門学院 電子機械科（メカトロニクス系メカトロニクス科）の訓練の NC 工作機械関連の訓練教科を表 1-1-1 に示す。現在、NC 工作機械に関する訓練は、1 年次に概要的な教育があり、2 年次から本格的な訓練を始めるようなカリキュラムになっている。NC 工作機械は、2 年次の応用課題（修了製作）の部品加工などにも使用しており、使用頻度が高く、訓練の割合も大きい。

表 1-1-1 NC 工作機械関連の訓練教科（電子機械科）

	区分（訓練教科名）	教科名	時間	NC 工作機械の指導の割合
1 年次	専攻学科	機械工作法	40	教科の一部として 訓練する
		CAD・CAM概論	20	
	専攻実技	操作及び保守実習	50	
2 年次	専攻学科	数値制御	40	教科として訓練する
	専攻実技	数値制御実習	160	
		メカ機器組立実習	200	訓練の中で使用する (応用課題の部品加工)
		産業機械マイコン応用	260	

(2) NC 工作機械の特徴

表 1-1-2 に NC 工作機械と汎用工作機械の特徴を示す。NC 工作機械は、複雑形状の加工や省力化に向けており、現在の生産現場にはなくてはならない工作機械となっている。

(ちなみに、NC 工作機械は数値制御工作機械とも呼ばれ、NC とは Numerical Control を意味する。<sup>(1)</sup>)

表 1-1-2 NC 工作機械と汎用工作機械の特徴<sup>(2)</sup>

NC 工作機械	汎用工作機械
<ul style="list-style-type: none"> <li>・汎用工作機械に比べ、機械操作や機械加工が短期間のうちに習熟できる。</li> <li>・機械加工の再現性があるので、加工精度のばらつきが少ない。</li> <li>・プログラミングや機械設定など作業前の準備に時間が掛かるので、中量以上の生産か複雑形状部品、多工程部品の加工に向いている。</li> <li>・長時間の自動運転により、省力化、無人化への対応が取り易い。</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業に精通した熟練者になるためには長い期間の経験が必要である。</li> <li>・機械操作の違いにより、部品加工の品質、精度が左右されやすい。</li> <li>・機械加工までの段取りや工具等の設定が少ないので、単品加工に適している。</li> <li>・省力化には不向きであるが、素材の前加工、治具・取付具の製作など、自動化のための環境づくりに役立つ。</li> </ul> <p style="text-align: right;">など</p>

## (3) NC 工作機械の訓練

表 1-1-3 に NC 工作機械の習得に必要と思われる主な訓練項目を示す。NC 工作機械の習得には、座学的な訓練による NC プログラムの習得①と実技訓練の操作練習②が不可欠であると思われる。加えて、様々な条件下での加工経験③を積み重ねることが技能の向上に結びつくと思われる。

本教材は NC プログラムの習得①と操作練習②用として、各訓練生が機械加工に取り組むことを目的としている。

表 1-1-3 NC 工作機械の習得に必要と思われる主な訓練項目

① NC プログラムの習得
・座標系 (X-Y-Z 軸など)
・各種機能 (G、M、F、S、T など)
② NC 工作機械の操作練習
・工具と工作物の取り付けと管理
・プログラム確認 (テストカット)
・実加工
③ 応用課題の経験
・工作物と工具それぞれにおける材質、形状、把握などの違いを学習

## 第2節 本教材について

図 1-2-1 に本教材の図面を示す。NC 工作機械の訓練として、図に示す部品①と②とを訓練生ごとに製作する。部品①の製作には、正面フライスによる平面の加工やドリルなどによる穴加工、エンドミルを用いた輪郭加工やポケット加工を必要とする。また、部品②は NC 工作機械の一つであるワイヤ放電加工機の習得も必要な課題である。図 1-2-2 に部品①と②を製作するための治具の図面を示す。図に示す治具①～③は、加工機械ごとに必要になる程度なので、加工の手本を提示するのに利用した。治具①と②は、指導員が作成した手本としての NC プログラムを使い、訓練生と共に班ごとに各 1 個製作した。また、治具③は、訓練が先に進んでいる数人の訓練生と共に 2 個製作した。

部品①と②、治具①～③の製作には、NC 工作機械の習得に必要な加工要素を含むものとした。加えて、部品①と②を組立てると、一つの多面体の成果品(切頂二十面体のオブジェ)となる形状とした。本教材では、NC 工作機械を用いた成果品の作成を通して、訓練生のものづくりへの意識向上を試みた。

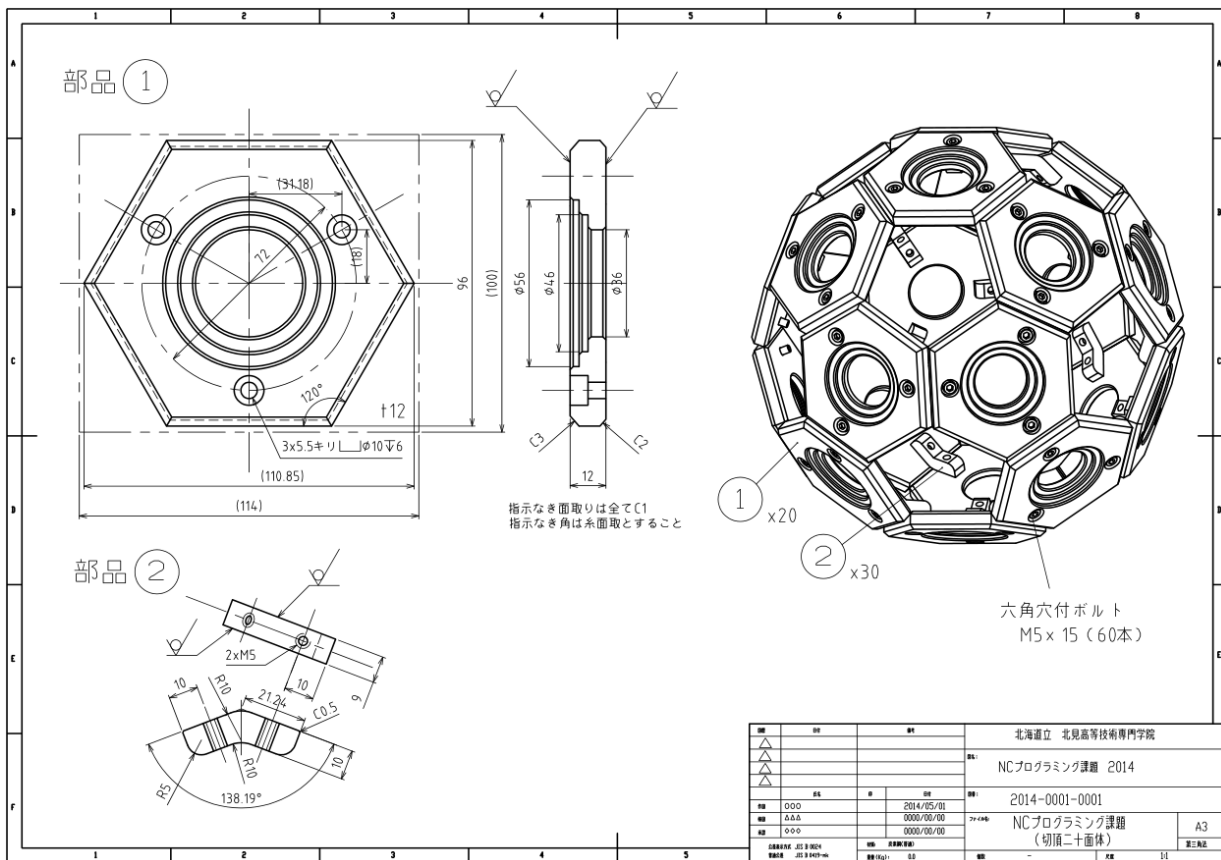


図 1-2-1 加工部品の部品図 (部品①と②)

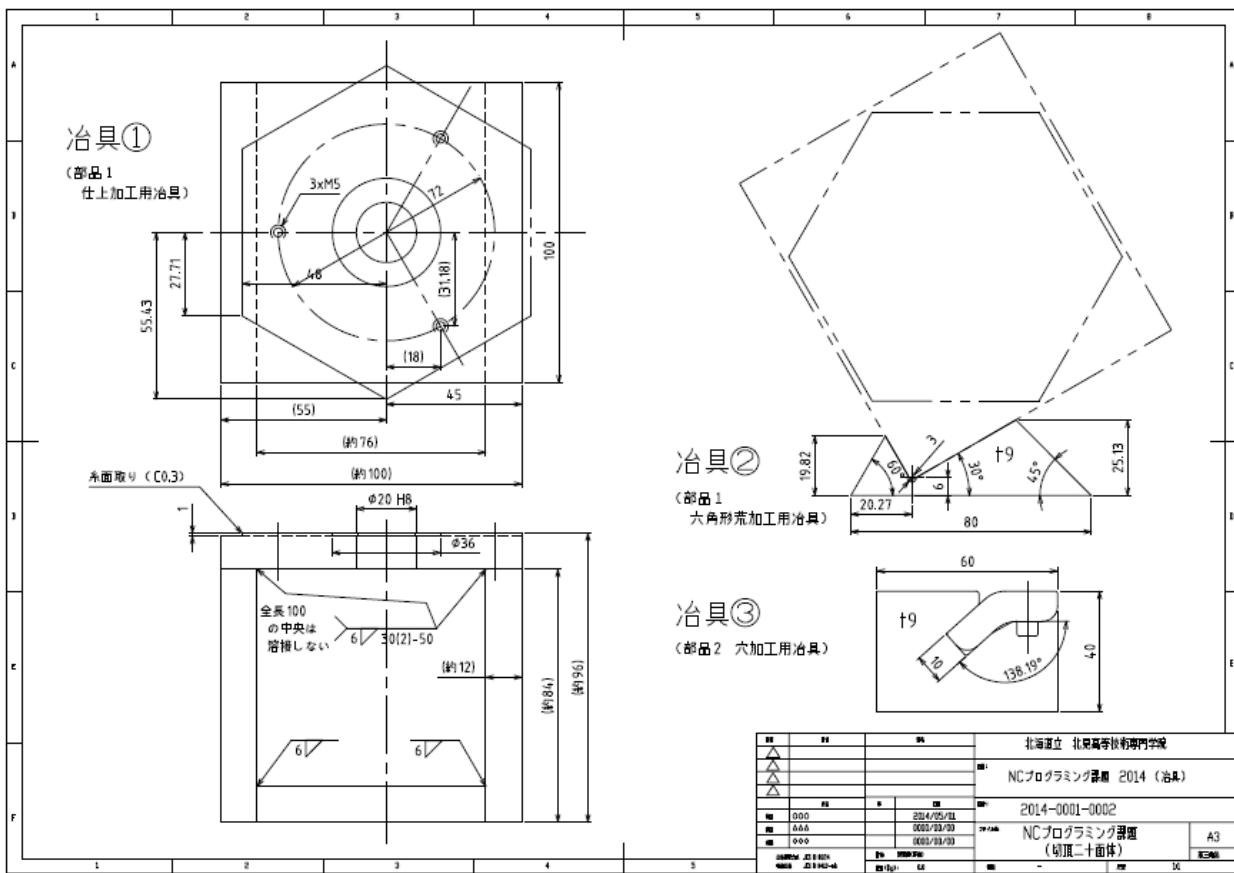


図 1-2-2 治具の部品図 (治具①~③)

### 第3節 本教材を用いた場合の訓練実施計画について

表 1-3-1 に訓練実施計画を示す。表には、「NC 工作機械の訓練」のみの工程を示してある。本教材を訓練していた時期（2014.5月中旬～7月中旬）には、電子機械科2年生は14名在籍していた。教科（実習）としては、「NC 工作機械の訓練」と「汎用旋盤（2級検定練習）の訓練」とを平行して実施していた。NC 工作機械の訓練としては、2年次の学生14名を4班に分けて、班ごとに使える工作機械を振り分けて、本教材の加工をするように指示した。

例えば、表中の期間1は約8日程度であり、1班は4日間、加工機械1を使い、フライス加工の課題を行ったことを表している。また、それと同時期に、2班は加工機械2を使い、同様のフライス加工の課題を行っている。そして、残りの3、4班は、旋盤の訓練（旋盤2級技能検定の練習）を別の担当者のもとで実施していることを表している。

表 1-3-2 に加工部品と治具との製作期間の関係性を示す。部品①、②の製作においては、表に示す治具①～③を部品①と②の把握と位置決めのために使用することとした。部品①、②以外に、治具①と②も班ごとに製作することとしたので、各々製作において、表 1-3-2 に示すような順序や期間的な制約が生じる。表 1-3-1 と表 1-3-2 の加工の工程を表す記号**あ**～**し**は対応させてある。例えば、表 1-3-1 中の期間1における **あ** は表 1-2-2 中の工程 **あ** と同じで、1班は、加工機械1を使い、部品①、②と治具①②のフライス加工を期間1でしたことを意味している。


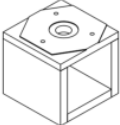


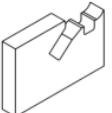
各班の進度や、訓練の日程的（体育、社会、行事など）な違いがあり、各期間（期間1～7）は柔軟な対応をとることとしていたので、各期間的な長さの違いはある。

表 1-3-1 訓練実施計画 (H26 年度 電子機械科 2 年 5 月中旬～7 月中旬)

期間	班 訓練内容と機械	1班 (4人)			2班 (3人)			3班 (4人)			4班 (3人)		
		工程	材料	加工	工程	材料	加工	工程	材料	加工	工程	材料	加工
1	A	加工機械 1	あ	部品①② 治具①②	フライス加工 (素材の準備)								
		加工機械 2				あ	期間1-A/1班 と同じ						
		その他	い	次のプログラム作成 (穴加工、リヤカット (治具②))									
1	B	加工機械 1						あ	期間1-A/1班 と同じ				
		加工機械 2								あ	期間1-A/1班 と同じ		
		その他					い	期間1-A 1、2班 と同じ					
2	A	加工機械 1				う	部品② 治具②	穴加工 (リヤ加工用穴)					
		加工機械 2	う	期間2-A/2班 と同じ									
		その他	え	次のプログラム作成 (穴加工、輪郭荒加工)									
2	B	加工機械 1								う	期間2-A/2班 と同じ		
		加工機械 2						う	期間2-A/2班 と同じ				
		その他					え	期間2-A 1、2班 と同じ					
3	A	加工機械 1	お	部品①	ボルト穴								
		加工機械 2				お	期間3-A/1班 と同じ						
		その他	か	治具①	溶接、フライス盤	き	部品②治具②	リヤ放電加工					
3	B	加工機械 1						お	期間3-A/1班 と同じ				
		加工機械 2						お	期間3-A/1班 と同じ				
		その他					か	期間3-A/1班 と同じ	き	期間3-A/2班 と同じ			
4	A	加工機械 1				け	部品②	ネジ穴加工					
		加工機械 2											
		加工機械 3	こ	部品①	輪郭荒加工	か	期間3-A/1班 と同じ						
4	B	加工機械 1									け	期間4-A/2班 と同じ	
		加工機械 2						こ	期間4-A 1班 と同じ				
		加工機械 3							か	期間3-A/1班 と同じ			
5	A	加工機械 1	<	治具①	見本加工								
		加工機械 2											
		加工機械 3					こ	期間4-A/1班 と同じ					
5	B	加工機械 1						<	期間5-A/1班 と同じ				
		加工機械 2											
		加工機械 3						き	期間3-A/2班 と同じ		こ	期間4-A/1班 と同じ	
6	A	加工機械 1				<	期間5-A/1班 と同じ						
		加工機械 2	け	期間4-A/2班 と同じ									
		加工機械 3											
6	B	加工機械 1								<	期間5-A/1班 と同じ		
		加工機械 2						け	期間4-A/2班 と同じ				
		加工機械 3						さ	次のプログラム作成				
7	加工機械 1	し											
	加工機械 2		部品①の「輪郭仕上げ加工」、「ポケット荒・仕上げ加工」のプログラム作成、加工										



表 1-3-2 加工部品と（その部品の加工に必要な）治具との製作期間の関係性

加工部品	工程	加工	期間 I	期間 II	期間 III	期間 IV	期間 V		
 部品①	あ	1. 正面フライス加工 (平面荒)	→						
	(え)お	2. 穴加工 (ボルト穴)	加工1. が終わり次第	→					
	(え)こ	3. 正面フライス加工 (輪郭荒)	加工2. が終わり次第 (治具②が必要)		→				
	(さ)し	4. 輪郭加工 (輪郭荒・仕上)	加工3. が終わり次第 (治具①が必要)			→			
		5. ポケット加工 (ポケット荒・仕上)	加工4. が終わり次第					→	
 治具①	あ	1. 正面フライス加工	加工部品①の加工4. エンドミル加工が始まる前には完成させておく必要がある						
	か	2. 溶接 (箱型に溶接)							
	く	3. その他の加工 (見本の提示)				→			
 治具②	あ	1. 側面加工							
	(い)う	2. 穴加工 (ワイヤ加工用下穴)	→						
	き	3. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)							
 部品②	あ	1. 側面加工	加工部品①とは関係性が無く作製可能 (治具③が必要)						
	(い)う	2. 穴加工 (ワイヤ加工用下穴)					→		
	き	3. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)					→		
	け	4. 穴加工 (M5×ネジ)					加工3. が終わり次第		
 治具③	あ	1. 正面フライス加工 (側面仕上)	加工部品②の加工4. 穴加工が始まる前には完成させておく必要がある						
		2. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)							
	き	3. 切断 (半分に切断)					→		
		4. 正面フライス加工 (側面仕上)					→		

第1章 参考資料

- (1) 雇用・能力開発機構 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター（現在 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター）NC 工作概論（職業訓練教材）P7
- (2) 同上 P15

## 第2章 部品①の加工工程

### 第1節 加工工程1 正面フライス加工

#### (1) 加工工程1の訓練内容

図2-1 (a) に加工工程1の概略図を示す。図は、ノコ盤で切断した面を正面フライスで平行に加工することを表している。図2-1 (b) に加工工程1の加工寸法を示す。訓練では、平鉄 (SS材 100×12) を長さ 115~116mm 程度にノコ盤で切断するように指示した。NC 工作機械での加工としては、ノコで切断した面を両面とも正面フライスで削り、仕上がり寸法を 114mm にするものとした。公差は普通公差 (JIS B 0419-mk 程度) として、表面の荒さは荒削り程度 (Ra6.3~25 程度) で良いものとした。仮に、この加工を失敗したとしても素材寸法が 111mm 以上あれば以降の加工工程が行えるものとして、余裕を持った寸法 (仕上がり寸法: 114mm) とした。

加工工程1は、素材の用意程度の課題であるが、NC 工作機械の理解と機械操作 (ワーク原点の測定と設定、NC プログラム作成、NC 工作機械でのプログラム編集、テストカット、実加工) の習得を目標にして、訓練生ごとに一通りの手順を訓練することとした。

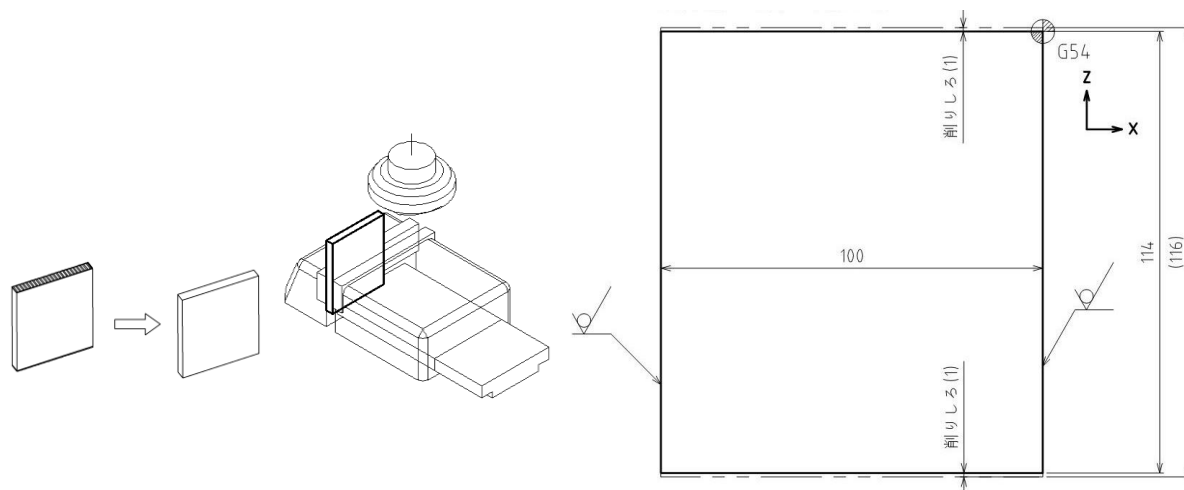


図2-1 (a) 加工工程1の概略図

図2-1 (b) 加工工程1の加工寸法

#### (2) 加工工程1の指示

加工工程1を訓練するにあたって以下の点に注意するように指示をした。

- ・ノコで切断した面を両面削り、仕上がり寸法を 114mm±0.3 とする。
- ・後工程のための把握する面を出す程度なので、荒加工のみとする。
- ・工作物の黒皮を把握することになるので、バイスの口金には銅版を当てる。
- ・バイスからの工作物の突出し量が少なくなるように低い平行台を使用する。
- ・工作物は、バイスの左端に把握し測定のし易さを考慮する。
- ・ワーク原点 G54 の X 座標は、バイスの固定口金左端を基準として、外部オフセット X100. で調整する。Y 座標も、固定口金の面を基準として、外部オフセット Y-7. 程度 (エンゲージ角≒デイスエンゲージ角) で調整する。Z 座標は、工作物の表面とフライスの刃先が当たった面とを基準とする。(加工は、外部オフセットの Z 値で調節して所定の寸法にすることになる。)
- ・NC プログラムの作成は、座標上の Z0 が仕上がり面とする。
- ・削り込みは素材寸法を考慮して行い、最大切込みを 2mm までとする。

## (3) 加工工程1の加工条件例

表 2-1-1 に加工工程1の加工条件例を示す。「(2) 加工工程1の指示」に示したように、正面フライス1本だけの荒加工とした。加工工程1では、NC 工作機械側の工具設定を考慮しないとした。

表 2-1-1 加工工程1の加工条件例(日立 MC、牧野 NC フライス盤兼用)

切削条件 (工作物: SS400 相当)							NC 工作機械側の工具設定		
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向 切削 (穴)	1 刃当 [mm/刃]	1 回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
正面フライス -φ100 (超硬)	5	100	—	—	0.1	—	—	—	—

## (4) 加工工程1の NC プログラム例

表 2-1-2 に加工工程1の NC プログラム例を示す。訓練の初期に位置している課題なので、複雑なこと(工具交換、工具長、仕上げ加工等)は考慮しない内容としてある。

表 2-1-2 正面フライスφ100 (歯数5枚) の場合(日立 MC、牧野 NC フライス兼用)

<b>00100</b> G54G17 G90G00Z50. S318M03	M01 X55.Y0 Z5. G01Z0F300	X-55.F159 G00Z50. X55.M05 M30
---	-----------------------------------	--

## 第2節 加工工程2 各種穴加工

## (1) 加工工程2の訓練内容

図 2-2 (a) に加工工程2の概略図を示す。図は、加工工程1で加工した面を把握し、114×100面に各種穴加工をすることを表している。図 2-2 (b) 加工工程2の加工寸法を示す。課題としては、板の中心にφ20の穴とその周りに六角穴付ボルト(M5)用のボルト穴及びザグリを加工するものとした。φ20の穴は、治具との位置決め用の穴であり、エンドミルで仕上げることを指示した。また、「加工工程5 ポケット加工」のときに工具の進入経路となるため、使用する工具径よりも大きな穴とした。課題としては、次の「(2) 加工工程2の指示」に示す手順①～⑥で加工することとした。手順①～⑥ごとに工作物を外しても良いこととして、訓練生各自がプログラム確認とテストカット、実加工を繰り返す訓練とした。加工効率よりも NC 工作機械の操作の反復練習を重視した。手順⑤のφ13とφ19.5の穴は、同様のキリ穴加工を一カ所ずつなので、手動操作の練習として工具長設定とプログラム作成を行わない加工とした。

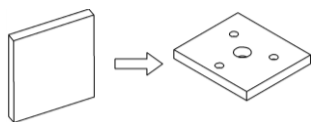


図 2-2 (a) 加工工程 2 の概略図

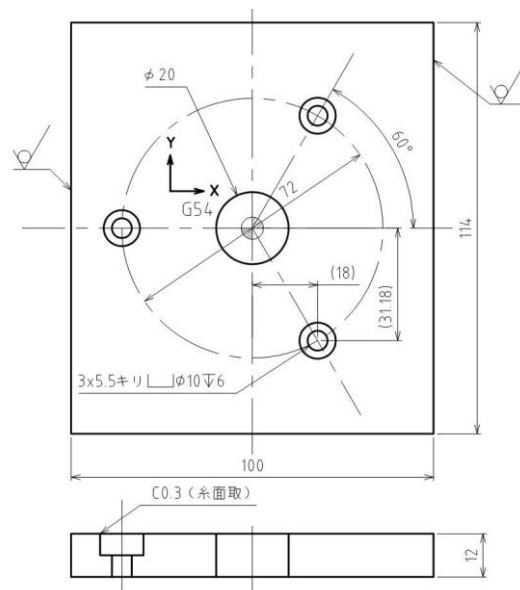
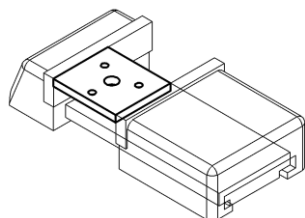


図 2-2 (b) 加工工程 2 の加工寸法

## (2) 加工工程 2 の指示

加工工程 2 を訓練するにあたって以下の点に注意するように指示をした。

- ・加工工程 1 で加工した面をバイスで把握する。
- ・工作物は、バイスの固定口金に左端で揃えて把握し、段差が無いことを確認する。
- ・加工工程 1 と同様に、ワーク原点 G54 の X と Y 座標は、バイスの固定口金左端を基準とする。外部オフセット X50. Y-57. 程度で工作物の中心になるように調整する。Z 座標は、工作物の表面を基準とする。
- ・ワーク原点 G54 の設定は班ごとに行い、各自の工作物に大きな寸法誤差が無い限り共通の設定を使うこととする。
- ・加工手順を下記①～⑥として、①～④、⑥のプログラムを作成する。(⑤は作成しない)
  - ① φ3 センタードリルで、4ヶ所に穴を加工する。
  - ② φ5.5 ドリルで、4ヶ所 (φ20 の下穴、M5 のボルト穴用) に穴を加工する。
  - ③ φ10 エンドミルで、3ヶ所にザグリを加工する。
  - ④ センターボーイで、3ヶ所に (③のザグリに) 面取り加工する。
  - ⑤ 手動操作にてφ13 とφ19.5 のドリルで1ヶ所 (φ20 穴荒削り用) に穴を加工する。
  - ⑥ φ20 フラットエンドミル1ヶ所 (φ20 穴仕上げ用) に穴を加工する。
- ・NC プログラムは、日立 MC と牧野 NC フライス共通として、上記①～④、⑥ごとに作成する。  
(※ 固定サイクルの回数指定の違い  
： 北見技専で使用している日立 MC は L\_、牧野 NC フライス K\_ である。)
- ・加工手順の⑤は、MDI 操作で G54 の中心座標に移動して、パルスハンドルにて手送り加工する。
- ・貫通穴の加工の場合、平行台の位置に注意する。

## (3) 加工工程2の加工条件例

表 2-2-1 に加工工程2の加工条件例を示す。「(2) 加工工程2の指示」の加工手順⑤で使用する工具（φ13 と φ19.5 のドリル）は、NC 工作機械側の工具設定を考慮しないものとした。

表 2-2-1 加工工程2の加工条件例(日立 MC、牧野 NC フライス盤兼用)

切削条件（工作物：SS400 相当）							NC 工作機械側の工具設定		
工具名-直径 (材質)	刃数 〔枚〕	切削速度〔m/min〕			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向切削 (穴)	1 刃当 〔mm/刃〕	1 回転当 〔mm/rev〕	工具	長 補正	径 補正
センタードリル-φ3 (ハイス)	—	—	—	10	—	0.1	T2	H2	—
ドリル-φ5.5 (ハイス)	—	—	—	15	—	0.1	T6	H6	—
フラットエンドミル -φ10 (ハイス)	2	—	—	10	—	0.05	T7	H7	—
センターボーイ (ハイス・TiN コーティング)	2	—	—	15	—	0.1	T8	H8	—
ドリル-φ13 (ハイス)	—	—	—	15	—	手送り	—	—	—
ドリル-φ19.5 (ハイス)	—	—	—	15	—	手送り	—	—	—
フラットエンドミル- φ20 (ハイス)	2	—	—	10	—	0.05	T1	H1	—

## (4) 加工工程2の NC プログラム例

表 2-2-2 に加工工程2の NC プログラム例を示す。前記の加工工程2の指示に示した加工手順①～④、⑥ごとにメインプログラム 00201～00204、00206 とし、工具交換は考慮しない内容とした。この加工工程2の課題では、穴加工の固定サイクルとサブプログラムの習得に重点をおいたプログラム作成になっている。穴位置はサブプログラム 01001 とした。機械原点復帰は、北見技専の牧野 NC フライスと日立マシニングセンタとで共有できる内容のサブプログラム 00001 とした。表 2-2-2 に示す NC プログラム例は、牧野 NC フライスの加工用であるが、固定サイクルの繰返す表記 K を L に書き換えれば、日立マシニングセンタでの加工も可能であり、訓練生には両方の工作機械で加工することを想定したプログラム作成を考慮させた。

表 2-2-2 NC プログラム例(牧野 NC フライス盤)

<b>00201</b> G54M98P1 (D3-CENTER) G43Z50. H02 M01 S1000M03 Z5. G99G81X0Y0Z-5. R3. F100K0 M98P1001 G80G00Z50. M98P0001 M30	<b>00202</b> G54M98P1 (D5. 5-DRILL) G43Z50. H06 M01 S868M03 Z5. G99G73X0Y0Z-15. R3. Q2. F87K0 M98P1001 G80G00Z50. M98P0001 M30	<b>00203</b> G54M98P1 (D10-MILL) G43Z50. H07 M01 S318M03 Z5. G99G82X0Y0Z-6. R3. Q377F32K0 M98P1001 G80G00Z50. M98P0001 M30
<b>00204</b> G54M98P1 (D13-CENTERBOY) G43Z50. H08 M01 S477M03 Z5. G99G82X0Y0Z-5. 3R3. Q251F48K0 M98P1001 G80G00Z50. M98P1 M30	<b>00206</b> G54M98P1 (D20-MILL) G43Z50. H01 M01 S159M03 Z5. G99G81X0Y0Z-15. R3. F16K0 M98P1001 G80G00Z50. M98P1 M30	<b>00001 (G28X0Y0Z0G49)</b> G17G40G80G00 G49G91G28Z0M09 G28X0Y0M05 G90 M99  <b>01001</b> X0Y0 X-36. X18. Y31. 18 Y-31. 18 M99

### 第3節 加工工程3 正面フライスを用いた輪郭加工(荒)

#### (1) 加工工程3の訓練内容

図 3-1 (a)、図 3-2 (a) に加工工程 3 の概略図を示す。図は、前節までの板を六角形の形状にするための加工をすることを表している。図 3-1 (a) は治具②を用いて角度を 30° 傾け、正面フライスの加工することを表している。図 3-2 (a) は図 3-1 (a) で加工した面を基準として、同様にフライスの加工することを表している。図 3-1 (b)、図 3-2 (b) に加工工程 3 の加工寸法を示す。加工寸法としては、次節の「加工工程 4 輪郭加工(仕上)」の荒削りとして、仕上がり寸法よりも 1.36mm 程度大きな形状とした。寸法精度は、仕上げしろが残っていれば良いので、多少の誤差(±1.0mm 程度)は許容範囲である。課題としては、サブプログラムの繰り返しを考慮した NC プログラム作成をすることを指示した。この加工工程 3 は、1 つの工作物につき加工する面が 4 ヶ所あり、1 台の NC 工作機械で加工する場合には他の工程よりも時間を必要とする。実際の訓練(H26 年度)では、各訓練生の待ち時間を短縮するため、班ごとに NC 工作機械 1 台と汎用フライス盤を数台使用した。NC 工作機械を用いた加工は 4 ヶ所のうち 2、3 ヶ所までとして、残りの加工は、汎用フライス盤で同様の加工をすることを指示した。

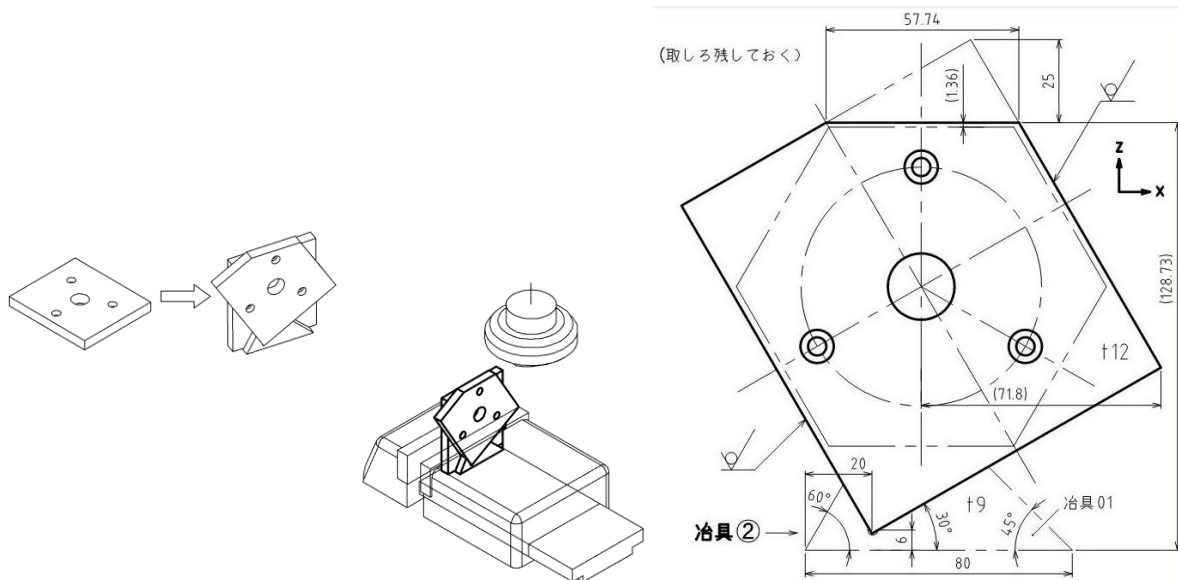


図 3-1 (a) 加工工程 3 (治具②有) の概略図      図 3-1 (b) 加工工程 3 (治具②有) の加工寸法

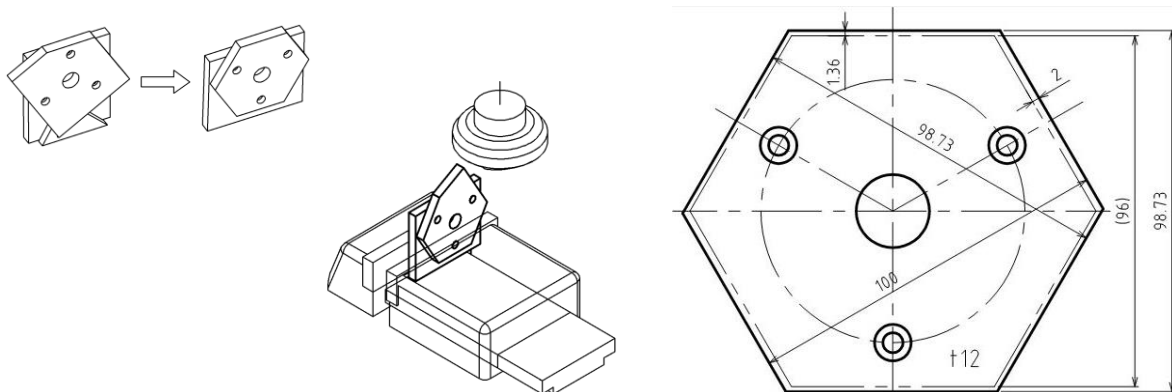


図 3-2 (a) 加工工程 3 (治具②無) の概略図      図 3-2 (b) 加工工程 3 (治具②無) の加工寸法

(2) 加工工程 3 の指示

- ・ 削りすぎをしないために、ケガキ線をつけておく。ケガキは、図 3-1 (b) のように治具②の上に乗せた状態で底辺から高さ約 128.73mm 位置にする。板の両面とも 4 隅にケガキをしておき、加工形状を確認すること。
- ・ 工作物は、バイスの左端に把握し、繰り返し作業できるような位置を決めておく。
- ・ バイスからの突き出し量が多いので、バイスの固定側に板をはさみ剛性を高める。
- ・ 工作物は黒皮を把握することになるので、バイスの口金には銅版を当てる。
- ・ 後工程（輪郭加工（仕上））があるので、寸法公差は±1.0mm 程度でも良い。
- ・ ワーク原点の X 座標は、把握した工作物の中心穴を基準とする。
- ・ Y-Z 方向の移動で、正面フライスの加工をする。
- ・ 1 回の切込みを 1mm としたサブプログラムを作成し、Z-24mm まで加工する。
- ・ バリを取り易くするため、最後の切込みは 0.2mm とする。
- ・ 治具②を使用した加工と使用しない加工は、同一のプログラムを使用する。ただし、ワーク原点が異なるので注意する。
- ・ 班内で、NC 工作機械と汎用フライス盤の両方を使用しても良い。

## (3) 加工工程3の加工条件例

実際の訓練（H26年度）では、NCフライス盤：遠州NR（NC装置：ファナック6M）で加工した。表2-3-1に加工工程3の加工条件例を示す。正面フライスのみの加工のため、工具設定をしないこととした。

表2-3-1 加工工程3の加工条件例(遠州NCフライス盤用)

切削条件（工作物：SS400相当）						NC工作機械側の工具設定			
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z方向 切削 (穴)	1刃当 [mm/刃]	1回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
正面フライス -φ100（超硬）	5	(100)	—	—	0.1	—	—	—	—

## (4) 加工工程3のNCプログラム例

表2-3-2に加工工程3のNCプログラム例を示す。表記のプログラムは、回転数指定、ワーク原点の設定がないNC装置を使用した場合を表している。遠州NRには、早送りのオーバーライド機能が効かないため、ドライランでの確認がし易いように切削送りF1000指令での工具アプローチと退避とした。

表2-3-2 NCプログラム例(遠州NCフライス盤用)

<b>00301</b> G91G28G00Z0 G28X0Y0 G92X289.4Y158.74Z199.132 G90X0Y0 Z50. M03 G01Z5. F1000 Z1. F300 M98P1002L24	G90Z-24.8 G01Y53. F150 Z-24. F1000 Y-3. Z-25. Y53. F150 G49G01Z50. F1000 M05 G91G00G28Z0 G28Y0 M30	<b>01002</b> G91G01Z-2. G90Y53. F150 G91Z1. F1000 G90Y-3. M99
---	--	--

## 第4節 加工工程4 輪郭加工（荒・仕上）

## (1) 加工工程4の訓練内容

図4-1(a)、図4-2(a)に加工工程4の概略図を示す。図は、前節までの六角形の板を治具①に取付け、輪郭の仕上げ加工することを表している。加工工程4は、まず、表側に取付け輪郭加工と面取加工(図4-1(a))をした後、裏側に付け直し面取加工(図4-2(a))をする。図4-1(b)、図4-2(b)に加工工程4の加工寸法を示す。加工寸法としては、六角対辺を96mm、表の面取りを



C3、裏の面取り C2 とした。公差は普通公差（JIS B 0419-mk 程度）とした。

加工工程 4 は、ラフィングエンドミル、フラットエンドミル、面取工具（BIG Cカッター）の 3 本の工具を使用する。工具交換、工具長補正、工具径補正、加工軌跡のサブプログラムの習得を目標にして、訓練生ごとに一通りの手順を訓練することとした。

実際の訓練（H26 年度）では、班ごとに治具①の加工を通して工具交換を伴うプログラム例を学習させた。その後、その治具①のプログラム例を参考にして、加工工程 4 の工具交換をしながら複数の加工工程を連続して行うプログラムの作成と加工の訓練を行った。

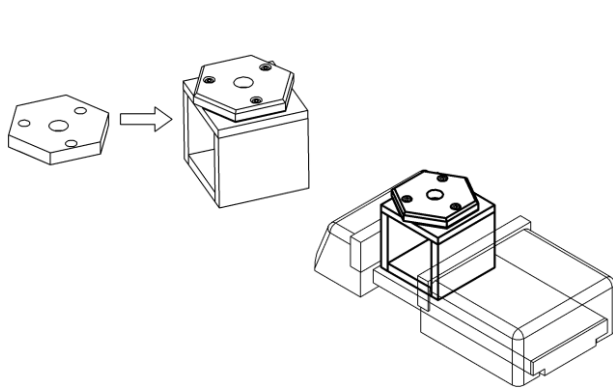


図 4-1 (a) 加工工程 4 (表) の概略図

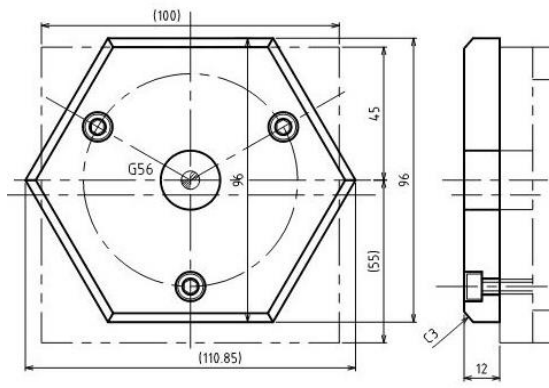


図 4-1 (b) 加工工程 4 (表) の加工寸法

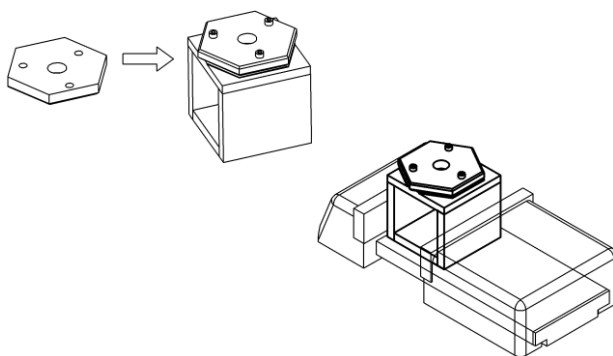


図 4-2 (a) 加工工程 4 (裏) の概略図

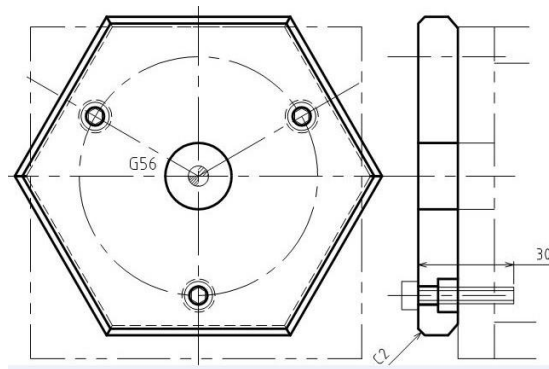


図 4-2 (b) 加工工程 4 (裏) の加工寸法

(2) 加工工程 4 の指示

- ・班ごとに治具①をバイスに取り付けて工作物のみの交換で両面を加工する。
- ・穴の中心を基準として測定し、班ごとに G56 のワーク原点を設定する。
- ・工作物を取付けるとき、治具①の加工された形状と平行になるように微調整してネジを締める。
- ・輪郭の荒加工は、深さ Z-6.0 と Z-12.5 の 2 回に分けて加工する。  
(工作物はネジ 3 点での固定であり、把握が弱いため 2 回とした。)
- ・輪郭の仕上げ寸法は、普通公差で良い。
- ・面取工具の工具径補正は 7.5mm (番号 : 31) とする。
- ・面取工具の回転数は、Z-8.0 切込んだ時の直径の大きい方の値 (φ21 程度) を基準とする。
- ・表からの面取り C3 は深さ Z-7.8 と Z-8.0 の 2 回に分けて加工する。
- ・裏からの面取り C2 は深さ Z-6.8 と Z-7.0 の 2 回に分けて加工する。  
(面取工具の最大切込が 2mm なのと、サブプログラム練習のため 2 回とした。)

## (3) 加工工程4の加工条件例

表2-4-1に加工工程4の加工条件例を示す。訓練に用いた面取工具BIG Cカッター (ST20-C0525C) は、最大面取量がC2なので、荒と仕上げの2回に分けて加工をした。面取工具の工具径補正は7.5mm (番号: 31) とした。

表2-4-1 加工工程4の加工条件例(日立MC、牧野NCフライス盤兼用)

切削条件 (工作物: SS400 相当)							NC 工作機械側の工具設定		
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向 切削 (穴)	1 刃当 [mm/刃]	1 回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
ラフィングエンド ミル-φ20 (ハイス)	4	20	—	—	0.1	—	T10	H10	D30
フラットエンドミ ル-φ20 (ハイス)	2	—	40	—	0.05	—	T1	H1	D23
面取 (BIG Cカッター) (超硬) C2 以上	1	60	90	—	荒 0.2 仕上 0.1	—	T11	H11	D31

## (4) 加工工程4のNCプログラム例

表2-4-2に加工工程4のNCプログラム例を示す。表記のNCプログラム例は、工具交換を考慮出来るマシニングセンタ用である。表側と裏側の加工のメインプログラムを00401、00402とし、工具軌跡はサブプログラム01003とした。サブプログラム00001は、前述した加工工程2と同様の内容である。

実際の訓練 (H26年度) では、NCフライス盤で加工する班もあり、シーケンス番号ごとにプログラムを分割し直して加工することを指示した。

表 2-4-2 加工工程4のNCプログラム例(日立MC用)

<p><b>00401 (4-OMOTE)</b> G56M98P1 <b>N01 (RINKAKU-ARA)</b> T10 (D20R-MILL) M06 G90X0Y0 G43Z50. H10 M01 S318M03 X55. Y-48. Z5. /M08 G01Z-6. F127 D30M98P1003 G00Z5. X55. Y-48. G01Z-12. 5 D30M98P1003 G00Z50. M98P1 M01</p>	<p><b>N02 (RINKAKU-SIAGE)</b> T1 (D20F-MILL) M06 G90X0Y0 G43Z50. H01 M01 S637M03 X55. Y-48. Z5. /M08 G01Z-12. 5 F127 D23M98P1003 G00Z50. M98P1 M01 <b>N03 (C3-MENTORI)</b> T11 (C-CUT) M06 G90X0Y0 G43Z50. H11 M01</p>	<p>S909M03 X55. Y-48. Z5. /M08 G01Z-7. 8 F182 D31M98P1003 G00Z5. X55. Y-48. S1364 G01Z-8. F136 D31M98P1003 G00Z50. M98P1 M30</p>
<p><b>00402 (4-URA)</b> G56M98P1 <b>N01 (C2-MENTORI)</b> T11 (C-CUT) M06 G90X0Y0 G43Z50. H11 M01 S909M03 X55. Y-48. Z5. /M08 G01Z-6. 8 F182 D31M98P1003 G00Z5. X55. Y-48. Z5. S1364</p>	<p>G01Z-7. F136 D31M98P1003 G00Z50. M98P1 M30</p>	<p><b>01003</b> (X55. Y-48.) G41X45. X-27. 7Y-48. X-55. 425Y0 X-27. 7Y48. X27. 7 X55. 425Y0 X16. 17Y-68. G40Y-78. M99</p> <p><b>00001 (G28X0Y0Z0G49)</b> G17G40G80G00 G49G91G28Z0M09 G28X0Y0M05 G90 M99</p>

第5節 加工工程5 ポケット加工（荒・仕上）

(1) 加工工程5の訓練内容

図5-1 (a)、図5-2 (a) に加工工程5の概略図を示す。図は、前節と同様に工作物を治具①に取付け、ポケット加工の荒・仕上げ加工することを表している。加工工程5は、まず、表側に取付けポケット加工と面取加工（図5-1 (a)）をした後、裏側に付け直し面取加工（図5-2 (a)）をする。図5-1 (b)、図5-2 (b) に加工工程5の加工寸法を示す。加工寸法としては、1段目は直径56mmで深さ3mm、2段目は直径46mmで深さ6mm、3段目は直径36mmの貫通穴とした。また、各段に面取りC1を加工するように指示した。公差は普通公差（JIS B 0419-mk程度）とした。

加工工程5は、加工工程4と同様にラフィングエンドミル、フラットエンドミル、面取工具（BIG Cカッター）の3本の工具を使用する。訓練としては、ポケット加工の習得を目標として、加工工程4と同様に訓練生ごとに機械操作を確認させた。

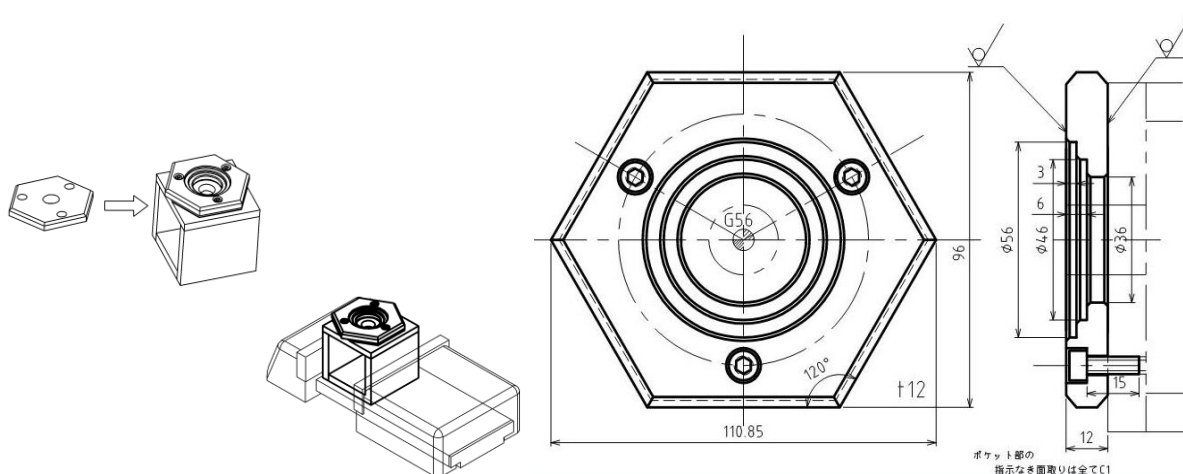


図5-1 (a) 加工工程5 (表) の概略図

図5-1 (b) 加工工程5 (表) の加工寸法

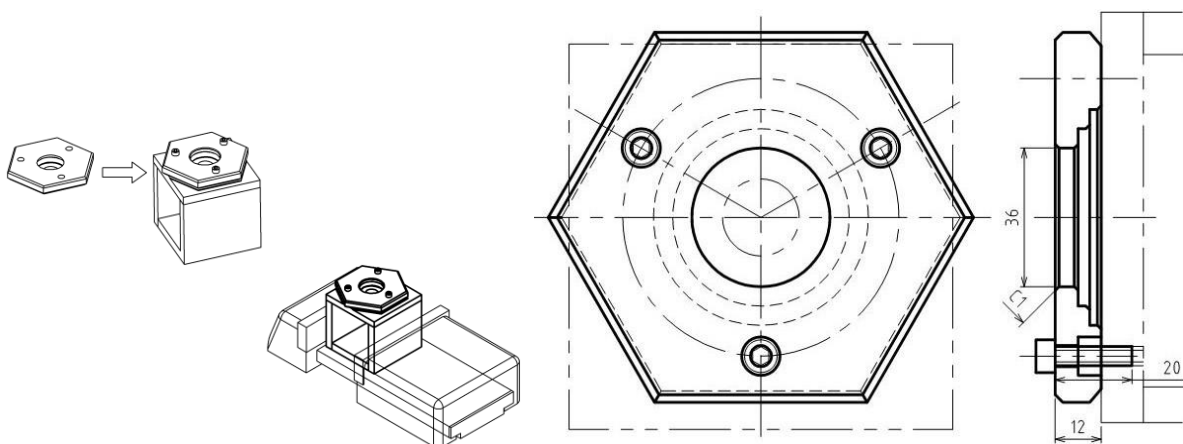


図5-2 (a) 加工工程5 (裏) の概略図

図5-2 (b) 加工工程5 (裏) の加工寸法

## (2) 加工工程 5 の指示

- ・加工工程 4 の続きとして、治具①をバイスに取付けて工作物のみの交換で両面を加工する。
- ・班ごとに G56 のワーク原点を設定する。(加工工程 4 の G56 のワーク原点を使用して良い。)
- ・工作物を取付けるとき、治具①の加工された形状と平行になるように微調整してネジを締める。
- ・ポケットの荒加工は、側面側の切込みを 5mm 程度、底側の切込みを 3mm とする。
  - 1 段目の荒加工は、直径 36mm と 46mm、56mm の工具軌跡のサブプログラムを使用する。
  - 2 段目の荒加工は、直径 36mm と 46mm の工具軌跡のサブプログラムを使用する。
  - 3 段目の荒加工は、直径 36mm の工具軌跡のサブプログラムを使用する。
- ・ポケットの仕上げ寸法は、普通公差が良い。
- ・1、2 段目の底面は、仕上げ加工しないものとする。
  - 荒加工：1 段目切込み Z-3.0、2 段目切込み Z-6.0 とする。
  - 仕上げ加工：1 段目切込み Z-2.95、2 段目切込み Z-5.95 とする。
- ・3 段目の切込み深さは、荒・仕上げ加工とも Z-12.5 とする。
- ・面取工具の工具径補正は 3.5mm (番号：32) とする。
- ・面取工具の回転数は、Z-2.0 切込んだ時の直径の大きい方の値 (φ9 程度) を基準とする。
- ・表側からの面取り C1 の 3 ヶ所は、Z-2.0 と Z-5.0、Z-8.0 の 3 回加工する。
- ・裏側に付け直し加工するときは、工作物の中心位置に把握するように注意する。
- ・裏側からの面取り C1 の 1 ヶ所は、Z-2.0 で加工する。

## (3) 加工工程 5 の加工条件例

表 2-5-1 に加工工程 5 の加工条件例を示す。加工に使用するラフィングエンドミル-φ20 (ハイス) とフラットエンドミル-φ20 (ハイス) は、前記の表 2-4-1 加工工程 4 の加工条件例と同様とした。面取工具は、C2 以下の加工なので、仕上げ加工のみとした。面取工具の工具径補正は 3.5mm (番号：32) とした。

表 2-5-1 加工工程 5 の加工条件例(日立 MC、牧野 NC フライス盤兼用)

切削条件 (工作物：SS400 相当)					NC 工作機械側の工具設定				
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向 切削 (穴)	1 刃当 [mm/刃]	1 回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
面取 (BIG Cカッター) (超硬) C2 以下	1	—	80	—	仕上 0.1	—	T11	H11	D32

## (4) 加工工程5のNCプログラム例

表2-5-2に加工工程5のNCプログラム例を示す。表側と裏側の加工のメインプログラムを00501、00502とし、ポケット加工する工具軌跡はサブプログラム01004と01005、01006とした。サブプログラム00001は、前述した加工工程2と4と同様の内容である。

NCフライス盤で加工する班は、加工工程4と同様にシーケンス番号ごとにプログラムを分割し直して加工することを指示した。

表2-5-2 加工工程5のNCプログラム例(日立MC用)

<b>00501 (5-OMOTE)</b> G56M98P1 <b>N01 (POCKET-ARA)</b> T10 (D20R-MILL) M06 G90X0Y0 G43Z50. H10 M01 S318M03 Z5. G01Z-3. F127 D30M98P1004 (D36) M98P1005 (D46) M98P1006 (D56) Z-6. M98P1004 (D36) M98P1005 (D46) Z-12. 5F63 M98P1004 (D36) G00Z50. M98P1 M01 <b>N02 (POCKET - SIAGE)</b> T1 (D20F-MILL) G54M98P1 M6 G90X0Y0 G43Z50. H01 M01 S637M03 Z5. G01Z-2. 95F63 D23M98P1006 (D56) Z-5. 95 M98P1005 (D46) Z-12. 5 M98P1004 (D36) G00Z50. M98P1 M01	<b>N03 (POCKET-C1-MENTORI)</b> T11 (C-CUT) M06 G90X0Y0 G43Z50. H11 M01 S2829M03 Z5. G01Z-2. F283 D32M98P1006 (D56) G01Z-5. M98P1005 (D46) G01Z-8. M98P1004 (D36) G00Z50. M98P1 M30  <b>00502 (5-URA)</b> G56M98P1 <b>N01 (POCKET-C1-MENTORI)</b> T11 M06 G90X0Y0 G43Z50. H11 M01 S2829M03 Z5. G01Z-2. F283 D32M98P1004 (D36) G00Z50. M98P1 M30	<b>01004 (D36)</b> (X0Y0) G01G41X14. Y4. G03X0Y18. I-14. J-18. X-14. Y4. J-14. G01G40X0Y0 M99  <b>01005 (D46)</b> (X0Y0) G01G41X14. Y9. G03X0Y23. I-14. J-23. X-14. Y9. J-14. G01G40X0Y0 M99  <b>01006 (D56)</b> (X0Y0) G01G41X14. Y14. G03X0Y28. I-14. J-28. X-14. Y14. J-14. G01G40X0Y0 M99  <b>00001 (G28X0Y0Z0G49)</b> G17G40G80G00 G49G91G28Z0M09 G28X0Y0M05 G90 M99
---	--	---

### 第3章 部品②の課題の加工工程

#### 第1節 加工工程1 ワイヤカット放電加工用の下穴加工

##### (1) 加工工程1の訓練内容

図3-1 (a) に加工工程1の概略図を示す。工作物の用意として、平鉄 (SS材 125×9) を長さ180mm程度で切断し、125mm側の片側 (X軸+側) をエンドミルで切削するように指示をした。図3-1 (b) に加工工程1の加工寸法を示す。図中の加工は、次の加工工程であるワイヤカット放電加工用の下穴を9ヶ所加工することを示してある。同工作物から部品②を8個と治具②を1個製作することとした。工作物を大きめ (約180mm) にとっているのは、ワイヤカット放電加工時の固定に用いるためである。そして、2つの班に対して工作物1枚を兼用するように指示し、結果的には工作物に対して両側の加工をすることになる。実際の訓練 (H26年度) は、4班体制であったので工作物を合計2枚用意させて、NC工作機械2台で同時進行の訓練が可能であった。この加工工程は、穴加工を失敗してもすぐに取り返しがつくので、部品①の加工工程2 (各種穴加工) の手本として、班ごとに機械設定と実加工の訓練をした。

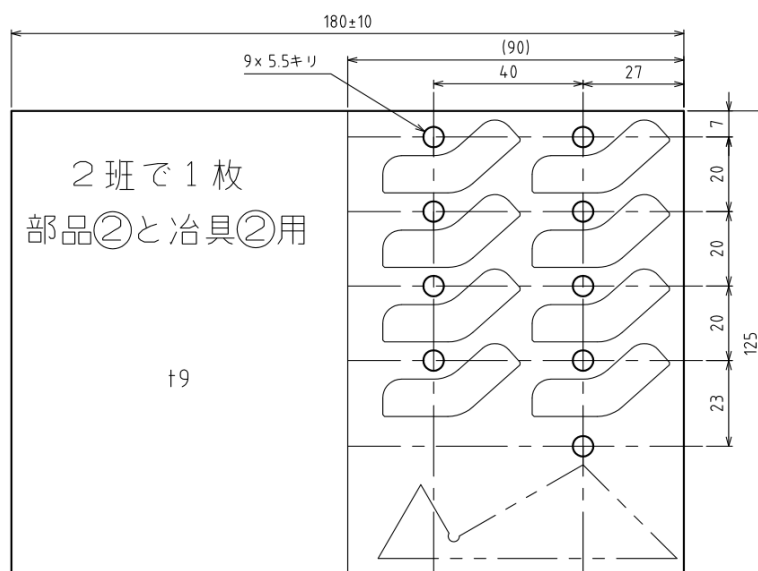
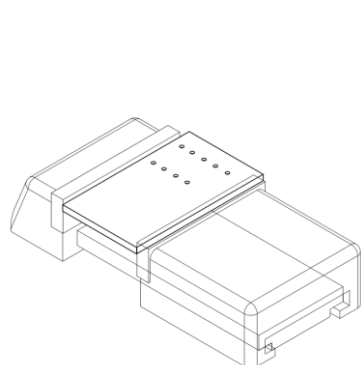


図3-1 (a) 加工工程1の概略図

図3-1 (b) 加工工程1の加工寸法

##### (2) 加工工程1の指示

加工工程1を訓練するにあたって以下の点に注意するように指示をした。

- ・工作物の黒皮を把握することになるので、バイスの口金には銅版を当てる。
- ・工作物は、バイスの右端に把握し、エンドミルでの側面加工ができるようにする。
- ・バイスの中に完全に納まるように低い平行台を使用する。
- ・ノコで切断した面をエンドミルで片側削り、向かって右側 (X+) に基準面をつくる。
- ・エンドミルでの側面加工は手動で操作し、荒は手動送り、仕上げは自動送りを使う。
- ・全長180mmは目安なので、長さは気にしない。
- ・班ごとに機械設定、NCプログラム作成を行う。(部品①の各種穴加工の手本とする。)
- ・ワーク原点G54のX、Yは、工作物の右端として、Zは工作物表面とする。
- ・加工手順を下記①と②として、NCプログラムを作成する。

- ① φ3センタードリルで、9ヶ所にセンタ穴を加工する。
- ② φ5.5ドリルで、9ヶ所にキリ穴を加工する。
- ・NCプログラムは、日立MCと牧野NCフライス共通として、上記①と②ごとに作成する。
- (※ 固定サイクルの回数指定の違い  
 : 北見技専で使用している日立MCはL\_、牧野NCフライスK\_である。)
- ・φ5.5ドリルは貫通穴なので、平行台の位置に注意する。

(3) 加工工程1の加工条件例

表3-1-1に加工工程1の加工条件例を示す。P11の第2章第2節(3)と同様である。

表3-1-1 加工工程1の加工条件例(日立MC、牧野NCフライス盤兼用)

切削条件 (工作物: SS400 相当)						NC 工作機械側の工具設定			
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z方向切削 (穴)	1刃当 [mm/刃]	1回転当 [mm/rev]	工具	長補正	径補正
センタードリル-φ3 (ハイス)	2	—	—	10	—	0.1	T2	H2	—
ドリル-φ5.5 (ハイス)	—	—	—	15	—	0.1	T6	H6	—

(4) 加工工程1のNCプログラム例

表3-1-2に加工工程1のNCプログラム例を示す。前記の加工工程1の指示に示した加工手順①と②ごとにメインプログラム02201と02202とし、工具交換は考慮しない内容とした。穴位置はサブプログラム02001とした。他は、P11の第2章第2節(4)と同様である。

この加工工程1の課題は、次の訓練となる部品①の各種穴加工の手本として、各班のNCプログラム作成とした。

表3-1-2 NCプログラム例(牧野NCフライス盤)

<b>02201</b> G54M98P1 (D3-CENTER) G43Z50. H02 M01 S1000M03 Z5. G99G81X0Y0Z-5. R3. F100K0 M98P2001 G80G00Z50. M98P0001 M30	<b>02202</b> G54M98P1 (D5.5-DRILL) G43Z50. H06 M01 S868M03 Z5. G99G73X0Y0Z-12. R3. Q2. F87K0 M98P2001 G80G00Z50. M98P0001 M30	<b>02001</b> X-27. Y-7. Y-27. Y-47. Y-67. Y-90. X-67. Y-7. Y-27. Y-47. Y-67. M99
--	--	--



第2節 加工工程2 ワイヤカット放電加工

(1) 加工工程2の訓練内容

図3-2(a)に加工工程2の概略図を示す。図はワイヤカット放電加工機に取付けた様子を示している。部品②は、部品①とネジで締結して使用する部品なので、形状のダレは緩いものとして片持ちでの固定している。図3-2(b)に加工工程2の加工寸法を示す。ワイヤカットの進入は、部品①と部品②とが接する面の精度を確保するため、反対側(図中のG92)とした。訓練生ごとにNCプログラムを作成させて、機械操作やワイヤの結線の訓練をした。多面体の成果品として組立てる場合、部品②は合計30個必要となるので、一人2個ずつ加工させた。

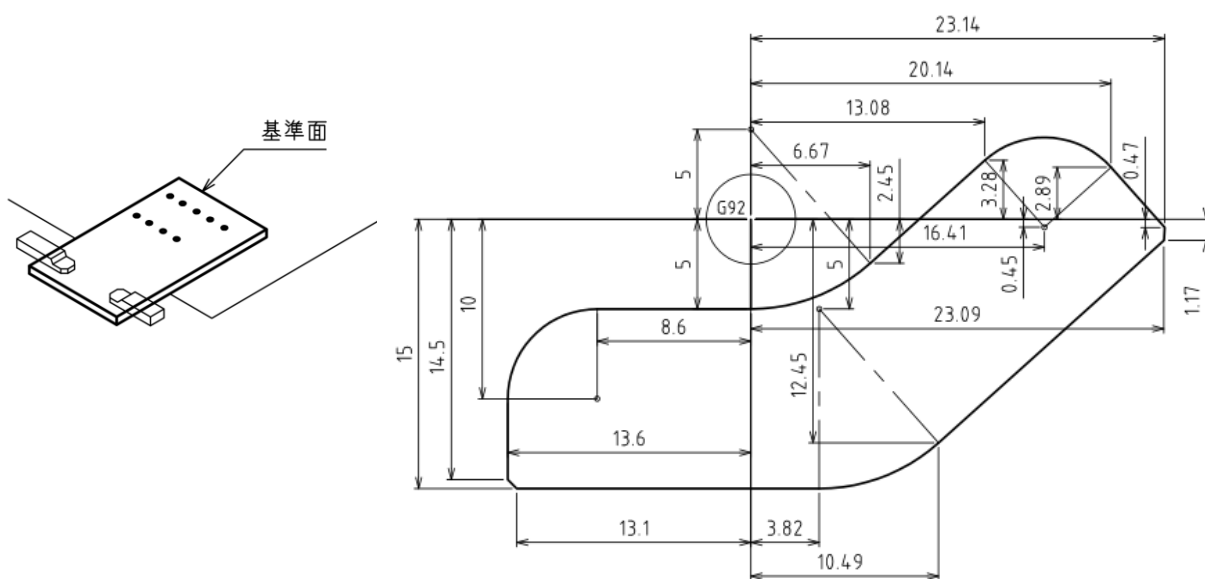


図3-2(a) 加工工程2の概略図

図3-2(b) 加工工程2の加工寸法

(2) 加工工程2の指示

加工工程2を訓練するにあたって以下の点に注意するように指示をした。

- ・まずは、加工領域内に加工形状(部品②x8、治具②x1)が入るように位置させて、基準面側が自由端になるように仮の固定をする。
- ・その後、基準面が加工機の機械座標と平行になるようにインジゲータで確認して固定する。
- ・Eパックは助走条件(E111)とファーストカット(E112)を使用する。
- ・部品②は、一人2個製作する。(加工後にできる段差(へそ)はヤスリで削る。)

(3) 加工工程2の加工条件例

表3-2-1に加工工程2の加工条件例を示す。加工条件は、精度よりも加工速度を重視した。

表3-2-1 加工工程2の加工条件例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

切削条件(工作物:SKD-11相当)				NC工作機械側の設定	
ワイヤ	Eパック			番号	補正值
	番号	IP [ノッチ]	FA [mm/min]	H2	0.123 (mm)
φ0.2 (黄銅系)	E111 (板厚10mm 助走加工)	5	1.0		
	E112 (板厚20mm ファーストカット)	8	6.7		

(4) 加工工程2のNCプログラム例

表3-2-2に加工工程2のNCプログラム例を示す。ワイヤのアプローチは組立面の裏側として、形状には問題のない点(位置)とした。プログラムストップ(M00)はNC工作機械側の描画設定をするために入れてある。各訓練生にワイヤカット放電加工機のNCプログラムを作成させた。

表3-2-2 NCプログラム例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

M00	G42G01Y-5.	X23.14Y-0.47
M80	E112(T20-FIRST CAT)	X20.14Y2.89
M82	X-8.6	G03X13.08Y3.28I-3.727J-3.333
M84	G03X-13.6Y-10.J-5.	G01X6.667Y-2.454
M90	G01Y-14.5	G02X0Y-5.I-6.667J7.454
G90	X-13.1Y-15.	M81
E111(T10-APPROACH CAT)	X3.82	M02
H2(0.123 OFFSET)	G03X10.49Y-12.45J10.	
G92X0Y0	G01X23.1Y-1.17	

第3節 加工工程3 M5メネジ加工

(1) 加工工程3の訓練内容

図3-3(a)に加工工程3の概略図を示す。図は部品②を2個と治具③とを組立て、バイスに把握しメネジ加工することを示してある。治具③は、部品②を加工する面を水平に維持するためのものであり、バイスには部品②を2個把握する形になる。図3-3(b)に加工工程3の加工寸法を示す。前工程のワイヤカット放電加工後の形状に対して2つのM5メネジを加工することを意味している。加工する面は角度(138.19°)を持っているため、3軸制御のNC工作機械では、把握のし直しが必要になる。この加工では、片側のM5メネジを2ヶ所加工後、把握し直し同じ加工を繰り返すことで効率化を図っている。

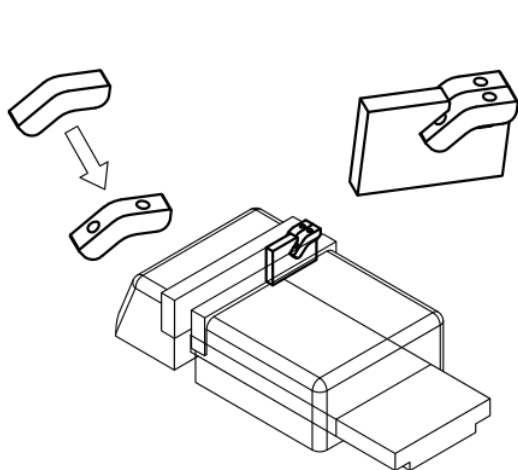


図3-3(a) 加工工程3の概略図

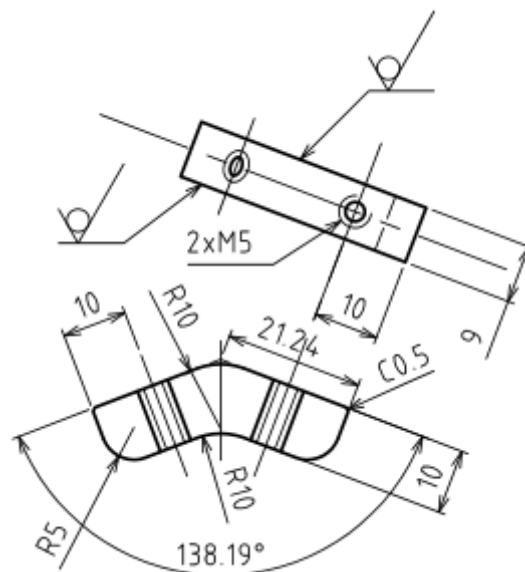


図3-3(b) 加工工程3の加工寸法

(2) 加工工程 3 の指示

加工工程 3 を訓練するにあたって以下の点に注意するように指示をした。

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 工作物 (部品②) を治具③を中央として 2 個組立てる。</li> <li>・ バイスの右端に、治具②の端面が揃うように把握する。</li> <li>・ ワーク原点 G54 の X、Y は、バイスの右端として、Z は工作物表面とする。</li> <li>・ 班ごとに G54 のワーク原点を設定し、NC プログラム作成と機械操作は各訓練生が行う。</li> <li>・ 平鉄 9mm の板厚は実測値 8.6mm として NC プログラムを作成する。</li> <li>・ 加工手順を下記①～③として、NC プログラムを作成する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>① φ3 センタードリルで、2ヶ所にセンタ穴を加工する。</li> <li>② φ4.2 ドリルで、2ヶ所に下穴を加工する。</li> <li>③ M5 タップで、2ヶ所にメネジを加工する。</li> </ul> </li> <li>・ ②は貫通穴、③は貫通したメネジなので、加工深さに注意する。</li> <li>・ NC プログラムは、日立 MC と牧野 NC フライス共通として、上記①～③ごとに作成する。 <p>(※ 固定サイクルの回数指定の違い</p> <p style="margin-left: 40px;">: 北見技専で使用している日立 MC は L_、牧野 NC フライス K_ である。)</p> </li> <li>・ M5 のツーリングは、フロートタッパーなので復帰点 (R 点) を大きめにとるか、もしくは、イニシャル点 (I 点) 復帰とした NC プログラムとする。</li> </ul>
--

(3) 加工工程 3 の加工条件例

表 3-3-1 に加工工程 3 の加工条件例を示す。M5 メネジの下穴径を φ4.2 として等級 6H (旧 JIS2 級) 程度の加工とした。M5 タップの回転数は、NC 工作機械側の同期が取れる範囲内の低速な回転数 300 [min<sup>-1</sup>] (切削速度 5 [m/min] 程度) とし、送り 240 [mm/min] (=ピッチ 0.8x 回転数 300) とした。

表 3-3-1 加工工程 3 の加工条件例(日立 MC、牧野 NC フライス盤兼用)

切削条件 (工作物 : SS400 相当)						NC 工作機械側の工具設定			
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向切削 (穴)	1 刃当 [mm/刃]	1 回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
センタードリル-φ3 (ハイス)	—	—	—	10	—	0.1	T2	H2	—
ドリル-φ4.2 (ハイス)	—	—	—	15	—	0.1	T3	H3	—
M5x0.8 タップ (ハイス)	—	—	—	回転数 S300	—	0.8 (ピッチ)	T5	H5	—

(4) 加工工程3のNCプログラム例

表 3-3-2 に加工工程3のNCプログラム例を示す。前記の加工工程3の指示に示した加工手順①～③ごとにメインプログラム 02301～02303 とし、工具交換は考慮しない内容とした。穴位置はサブプログラム 02002 とした。他は、P11 の第2章第2節(4)と同様である。

この加工工程3の課題は、タップ加工を含むので、部品①の第2章第2節に示した各種穴加工後の訓練後に行い、各訓練生が穴加工の復習として訓練をした。

表 3-3-2 NCプログラム例(牧野NCフライス盤)

<p><b>02301</b> G54M98P1 (D3-CENTER) G43Z50. H02 M01 S1000M03 Z5. G99G81X0Y0Z-5. R3. F100K0 M98P2002 G80G00Z50. M98P1 M30</p>	<p><b>02302</b> G54M98P1 (D4. 2-DRILL) G43Z50. H03 M01 S1137M03 Z5. G99G73X0Y0Z-12. R3. Q1. F114K0 M98P2002 G80G00Z50. M98P1 M30</p>	<p><b>02303</b> G54M98P1 (M5-TAPPER) G43Z50. H05 M01 S300M03 Z20. G99G84X0Y0Z-12. R10. F240K0 M98P2002 G80G00Z50. M98P1 M30</p> <p><b>02002</b> (X0Y0) X-10. Y-4. 3 Y-12. 9 M99</p>
---	--	---

## 第4章 部品①②の製作に用いた治具①～③

### 第1節 治具①について

治具①は、部品①の輪郭加工とポケット加工をするときの位置決めと固定のために使用する。治具①は、経費をかけないため、部品①と同じ平鉄 (SS材 100×12) から製作できる形状とした。

実際の訓練 (H26年度) では、部品①の正面フライス加工 (第2章第1節 P8) と同時に、各班に図4-1 (a) に示す工作物 (計4枚) を製作させた。その後、第1章第3節 (P6) に示した訓練実施計画の表1-3-1の**か**の工程で、図4-1 (b) に示す工作物同士の溶接と正面フライスでの基準面の加工を訓練した。加えて、工具交換を考慮したNCプログラム作成と加工手順の手本として、各班に治具①の製作 (P6 訓練実施計画の**く**の工程) を指導した。ただし、当時の訓練において治具①は、図4-1 (b) に示す溶接を守れなくても良いものとした (溶接の訓練ではないので、用途として使用できる範囲内の箱形状が出来れば良いものとした)。

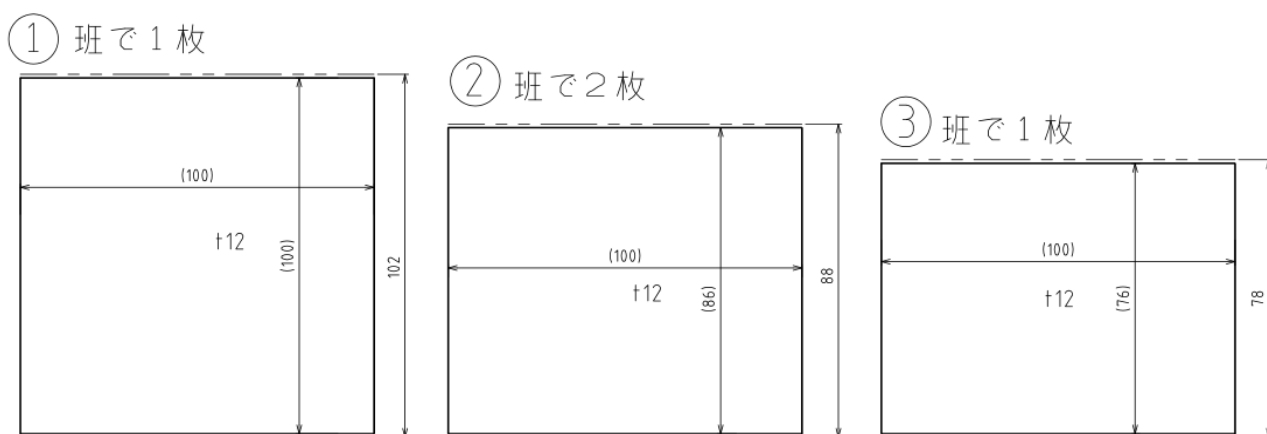


図4-1 (a) 工作物の寸法

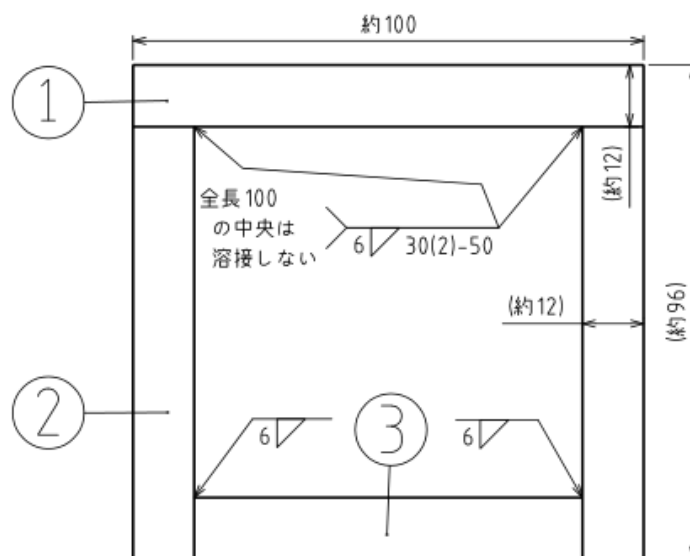


図4-1 (b) 溶接の指示

図 4-1 (c) に治具①の製作の概略図を示す。図 4-1 (b) に示した溶接した工作物に、部品①を固定するための M5 メネジ加工や位置決めと工具の逃がし用の輪郭加工、ポケット加工を含んだ形状を加工する。図 4-1 (d) に 治具①の加工寸法を示す。中心位置が 5mm ずれているのは、M5 のメネジ加工が板側面に重なることを避けたためである。部品①の輪郭加工とポケット加工（第 2 章第 4、5 節 P14～20）は、治具①の  $\phi 20$  の穴位置を基準とする。図面（図 4-1 (d)）には指示を施していないが、側面からの  $\phi 20$  の穴位置を正確にしておくワーク原点の設定が簡易的に行えるので、側面側の基準となる面をエンドミルで加工するように指示した。

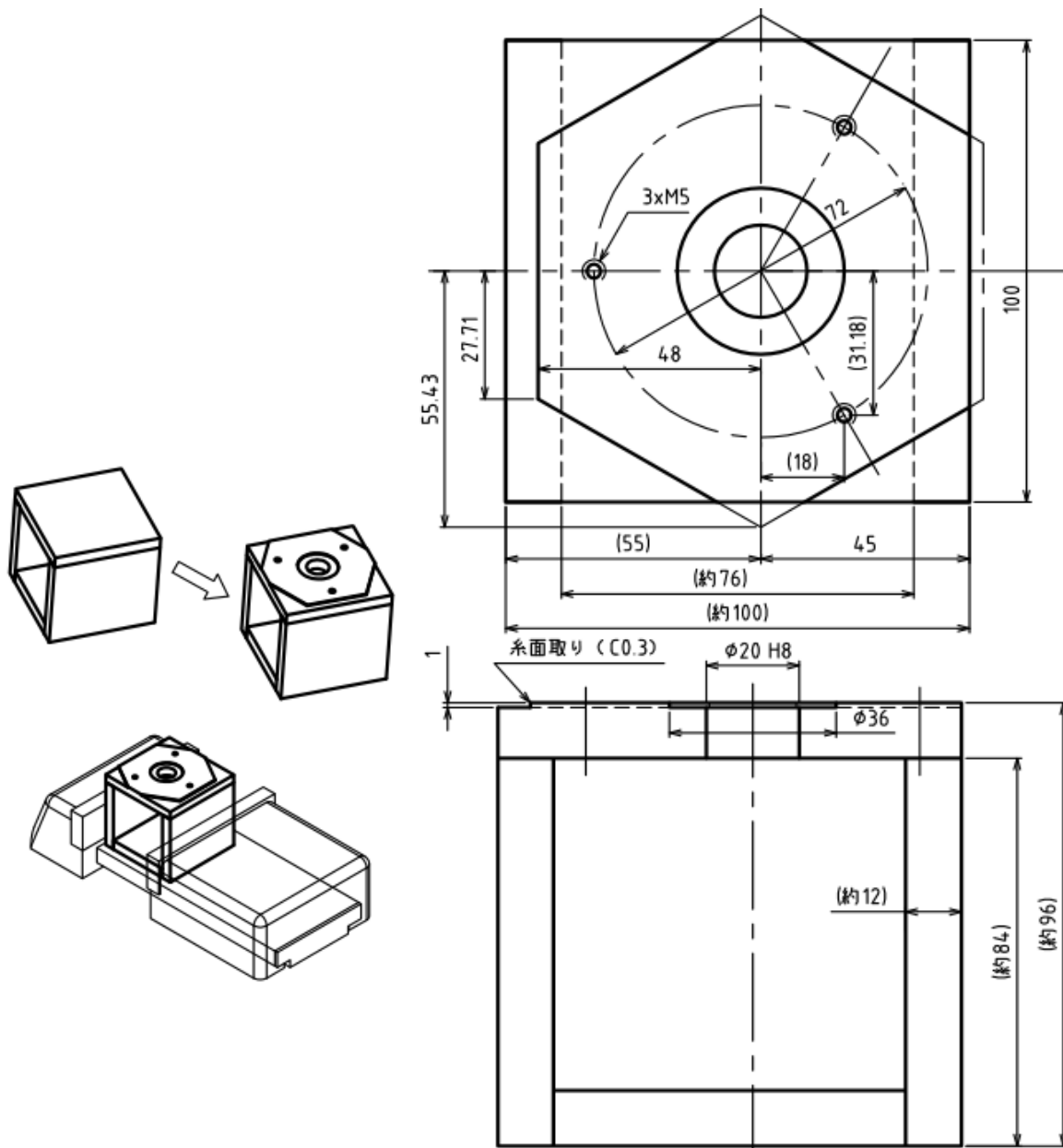


図 4-1 (c) 治具①の製作の概略図

図 4-1 (d) 治具①の加工寸法

表 4-1-1 に治具①の加工条件例を示す。手動で加工する工具（ $\phi 13$  と  $\phi 19.5$  のドリル）は、NC 工作機械側の工具設定を考慮しないもとした。治具①の製作で用いた面取りの切削速度は、回転数の上限（ $2000 [\text{min}^{-1}]$ ）を指定する条件とした。

表 4-1-1 治具①の加工条件例(日立 MC 用)

切削条件（工作物：SS400 相当）							NC 工作機械側の工具設定		
工具名-直径 (材質)	刃数 [枚]	切削速度 [m/min]			切込み量		番号		
		荒	仕上	Z 方向切削 (穴)	1 刃当 [mm/刃]	1 回転当 [mm/rev]	工具	長 補正	径 補正
フラットエンドミル- $\phi 20$ (ハイス)	2	20	40	—	荒 0.1 仕上 0.05	—	T1	H1	D22 (10.1) D23 (10.0)
センタードリル- $\phi 3$ (ハイス)	—	—	—	10	—	0.1	T2	H2	—
ドリル- $\phi 4.2$ (ハイス)	—	—	—	15	—	0.1	T3	H3	—
面取 (ハイス)	2	回転数 S2000		—	0.1	—	T4	H4	D24 (0.6)
M5x0.8 タップ (ハイス)	—	—	—	回転数 S300	—	0.8 (ピッチ)	T5	H5	—
ドリル- $\phi 13$ (ハイス)	—	—	—	15	—	手送り	—	—	—
ドリル- $\phi 19.5$ (ハイス)	—	—	—	15	—	手送り	—	—	—

表 4-1-2 に治具①の製作ための NC プログラム例を示す。メインプログラムを 03000 とし、サブプログラムは 00001 と 03001~03005 とした。表に示した NC プログラムを見本として、マシンニグセンタでの工具交換や多数の工程を含めたプログラミングの説明を班ごとに行った。

表 4-1-2 治具①の製作ための NC プログラム例(日立 MC 用)

<p><b>03000 (JIGU-01)</b>  G54M98P1  <b>N01 (CENTER-ANA)</b>  T02 (D3-CENTER)  M06  G90X0Y0  G43Z50. H02  M01  S1061M03  Z5.  G99G81X0Y0Z-5. R3. F106L0  M98P3001  G80G00Z50.  M98P1  M01  <b>N02 (DRILL-ANA)</b>  T03 (D4. 2-DRILL)  M06  G90X0Y0  G43Z50. H03  M01  S1137M03  Z5.  G99G83X0Y0Z-15. R3. Q1. F114L0  M98P3001  G80G00Z50.  M98P1  M00 (STOP)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>手動にて G54X0Y0 の位置に  <math>\phi 13</math>、19.5 のキリ穴加工</p> </div>	<p>G54M98P1 (RESTART)  <b>N03 (D20-ANA)</b>  T01 (D20F-MILL)  M06  G90X0Y0  G43Z50. H01  M01  S239M03  Z5.  G99G81X0Y0Z-15. R3. F12  G80S318  G01Z-1. F64  D22M98P3002  S637  G01Z-0. 95  D23M98P3002  G00Z30.  X65. 49Y-12. 57  Z5. S239  G01Z-1.  D22M98P3004  X77. 71Y-48. F500  F64D22M98P3005  G00Z30.  X77. 71Y-48.  Z5.  G01Z-0. 95S637  D23M98P3005  G00Z50.  M98P1  M01</p>	<p><b>N04 (CO. 3-MENTORI)</b>  T04 (MENTORI)  M06  G90X0Y0  G43Z50. H04  M01  S2000M03  Z5.  G01Z-0. 9F200  D24M98P3002  G01Z-1. 9  D24M98P3003  G00Z30.  X77. 71Y-48.  Z5.  G01Z-0. 9  D24M98P3005  G00Z50.  M98P1  M01  <b>N05 (M5-TAPP)</b>  T05 (M5-TAPPER)  M06  G90X0Y0  G43Z50. H05  M01  S300M03  Z20.  G99G84X0Y0Z-12. R10. F240L0  M98P3001  G80G00Z50.  M98P1  M30</p>
---	--	---



<p><b>03001 (ANA-CENTER-PCD72)</b> X0Y0 Y-36. X31. 18Y18. X-31. 18 M99</p> <p><b>03002 (POCKET-D36)</b> (X0Y0) G41X14. Y4. G03X0Y18. I-14. J-18. X-14. Y4. J-14. G01G40X0Y0 M99</p>	<p><b>03003 (POCKET -D20)</b> (X0Y0) G41G01X8. Y2. G03X0Y10. I-8. J-10. X-8. Y2. J-8. G40G01X0Y0 M99</p> <p><b>03004 (RINKAKU-ARA)</b> (X65. 49Y-12. 57) G01X33. 2Y-68. 49 G00X-33. 2 G01X-65. 49Y-12. 57 G00Y12. 57 G01X-39. 94Y56. 83 G00X39. 94 G01X65. 49Y12. 57 M99</p>	<p><b>03005 (RINKAKU-SIAGE)</b> (X77. 71Y-48.) G41G01G01X67. 71 X-27. 71 X-55. 43Y0 X-27. 71Y48. X27. 71 X55. 43Y0 X12. 12Y-75. G40Y-85. M99</p> <p><b>00001 (G28X0Y0Z0G49)</b> G17G40G80G00 G49G91G28Z0M09 G28X0Y0M05 G90 M99</p>
---	--	--

第2節 治具②について

治具②は、部品①の六角形の荒加工をするときの位置決めのために使用する。治具②は、経費をかけないため、部品②と同じ平鉄（SS材 125×9）から製作できる形状とした。

図4-2 (a) に治具②の製作の概略図を示す。この図は部品②（第3章第1節 P21）の説明に用いた図3-1 (b)の一部を表している。治具②は、班ごとに1個ずつ製作させ、ワイヤカット放電加工機の操作手順の説明と部品②の製作の手本として利用した。図4-2 (b) に治具②の加工寸法を示す。部品①の輪郭の荒削り用の治具として板を30°傾かせて位置決めする形状になっている。加えて、両側に45°と60°の傾きを持たせて、その他の用途（板の面取りや開先加工など）にも使える形状とした。治具②の鋭角な部分には、図4-2 (c)に示すようなR0.3、R2.0をつけ、先端部の処理を考慮したNCプログラムでの加工をした。

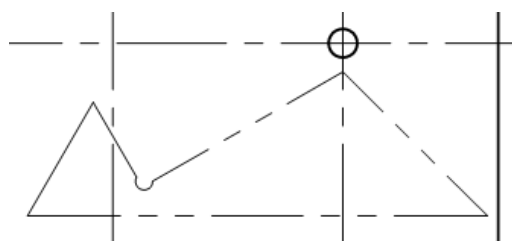


図4-2 (a) 治具②の製作の概略図

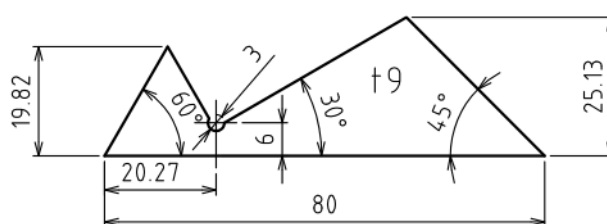


図4-2 (b) 治具②の加工寸法

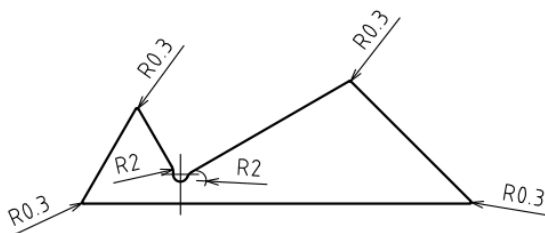


図 4-2 (c) 治具②の先端部の処理

表 4-2-1 に治具②の加工条件例を示す。ワイヤの結線（当学院の自動結線機能が故障しているため）には手間がかかるので、ワイヤが断線しない程度の加工条件とした。

表 4-2-1 治具②の加工条件例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

切削条件（工作物：SKD-11 相当）				NC 工作機械側の設定	
ワイヤ	E パック			番号	補正值
φ0.2 (黄銅系)	番号	IP [ノッチ]	FA [mm/min]	H1	0.140 (mm)
	E111 (板厚 10mm 助走加工)	5	1.0		
	E108 (板厚 10mm サドカット)	4	3.2		

表 4-2-2 に治具②の NC プログラム例を示す。ワイヤのアプローチは形状の頂点として、治具と使用した場合、他の工作物と接しない点（位置）とした。訓練では、班ごとに表の NC プログラムを手本として提示し、機械操作やワイヤカット放電加工機の NC プログラムの特徴を説明した。

表 4-2-2 治具②の NC プログラム例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

M00	G02X-36.078Y-23.906I-1.397J0.546
M80	G03X-36.324Y-22.611I-1.978J0.295
M82	G01X-43.165Y-10.761
M84	G03X-43.685I-0.260J-0.150
M90	G01X-54.609Y-29.681
G90	G03X-54.349Y-30.131I0.260J-0.150
E111 (T10-APPROACH CAT)	G01X24.407
H1 (0.140 OFFSET)	G03X24.619Y-29.619J0.300
G92X0Y0	G01X0.163Y-5.163
G42G01Y-5.079	G03X0Y-5.079I-0.212J-0.212
E108 (T10-THITD CAT)	M81
G03X-0.199Y-5.115I-0.049J-0.296	M02
G01X-32.334Y-23.668	
G03X-33.197Y-24.673I1. J-1.732	

第3節 治具③について

治具③は、部品②のM5メネジを加工するときの位置決めのために使用する。治具③は、経費をかけないため、部品②と同じ平鉄（SS材 125×9）から製作できる形状とした。

図4-3 (a) に治具③の製作の概略図を示す。図に示した工作物（平鉄 85x60x9）を1個用意し、ワイヤカット放電加工機を用いて上下の2ヶ所を加工することを意味している。図4-3 (b) に 治具③の加工寸法を示す。寸法精度としては、部品②がしっかりと収まりガタツキが無いことに注意した。加工手順としては、ワイヤカット放電加工後にノコ盤で半分に切断し、図面の寸法になるようにフライス加工で仕上げる。

当時の訓練においては、製作する工作物が1個の2個取りと少ないため、訓練が先に進んでいる数人の訓練生に製作の協力を頼むこととした。

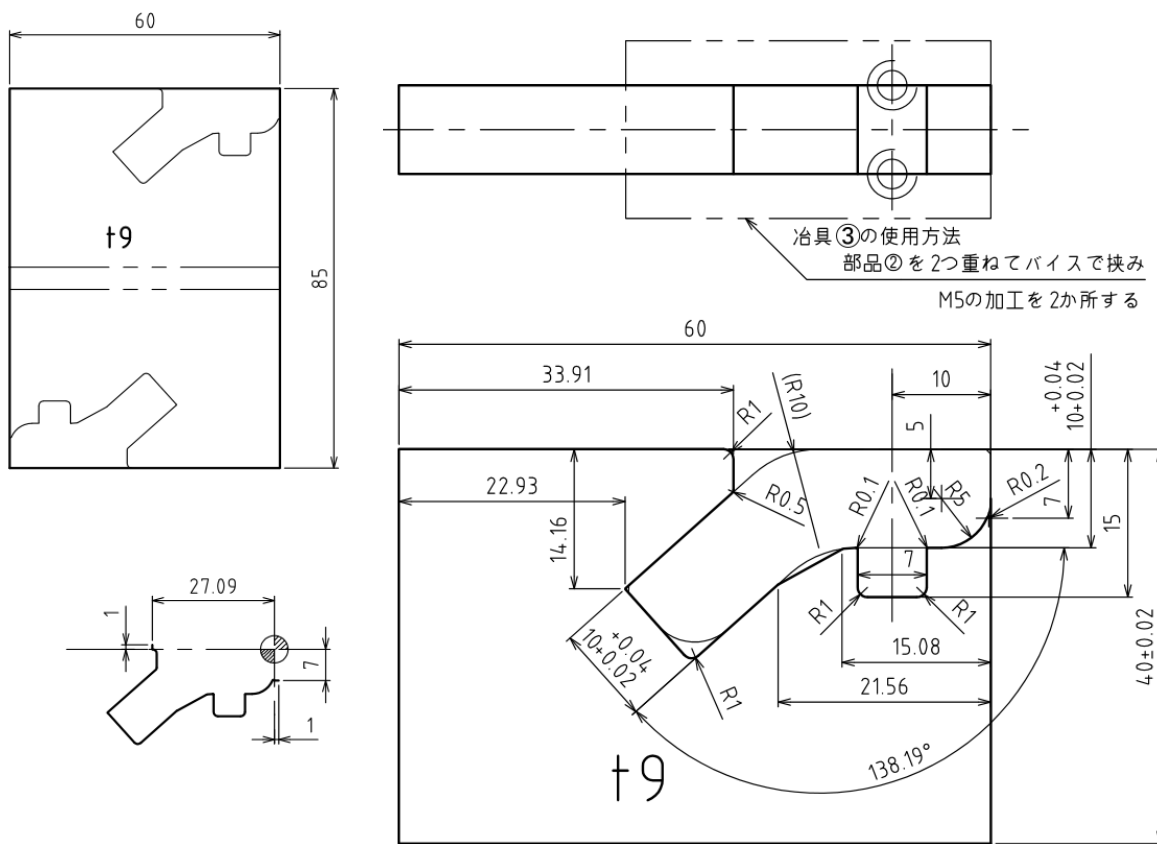


図 4-3 (a) 治具③の製作の概略図

図 4-3 (b) 治具③の加工寸法

表 4-3-1 に治具③の加工条件例を示す。加工個数が少なく、加工距離が短いため低速な助走加工の条件のままで加工した。

表 4-3-1 治具③の加工条件例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

切削条件 (工作物: SKD-11 相当)				NC 工作機械側の設定	
ワイヤ	E パック			番号	補正值
φ 0.2	番号	IP [ノッチ]	FA [mm/min]	H3	0.120 (mm)
(黄銅系)	E111 (板厚 10mm 助走加工)	5	1.0		

表 4-3-2 に治具③の NC プログラム例を示す。ワイヤのアプローチは工作物の側面として、必要な形状のみの加工とした。訓練では、この NC プログラム例を用いて治具③の製作をさせた。

表 4-3-2 治具③の NC プログラム例(三菱ワイヤカット放電加工機用)

M00	G02X-14. 5Y-7. J1.
M80	G01Y-3. 101
M82	X-14. 600Y-3. 001
M84	X-15. 908Y-3. 086
M90	X-22. 556Y-6. 716
G90	G03X-22. 648Y-6. 781I0. 242J-0. 438
E111	G01X-30. 659Y-13. 947
H3	G02X-32. 071Y-13. 868I-0. 667J0. 745
G92X0Y0	G01X-38. 005Y-7. 234
G42G01X-1.	G02X-37. 997Y-7. 093I0. 075J0. 067
G01X-1. 385Y0. 077	G01X-27. 254Y2. 516
G02X-6. 000Y-3. I-4. 615J1. 923	G03X-27. 087Y2. 888I-0. 333J0. 373
G01X-7. 4	G01Y6.
G03X-7. 5Y-3. 1J-0. 100	G03X-28. 087Y7. I-1.
G01Y-7.	G01Y8.
G02X-8. 5Y-8. I-1.	M81
G01X-13. 5	M02

## おわりに

平成 27 年度 教材研究「NC 工作機械 習得用教材一切頂二十面体」として、NC 工作機械を習得するための課題を提案しました。本教材の目的としては、NC 工作機械を学び始めた訓練生に対して、目標を持って訓練に取り組ませることにあります。本来の部品加工ならば、ワンチャックで多工程の加工をするべきですが、訓練生に対して NC 工作機械の台数が少なく、待ち時間が発生してしまうので、このような課題を考えてみました。また、1 回の加工時間が長いと訓練間隔が間延びになり訓練生の理解度が低下すると思われるので、その点も考慮してみました。

NC 工作機械は、1 つの NC プログラムがあれば、同じ部品を多数加工できる点で優れています。しかし、その点で、訓練生にとっては同様の加工訓練をすることの目的意識が希薄になりやすいと思われます。汎用機械の訓練であれば、同様のものを加工するのが難しく、そこに訓練成果を見出せるので訓練生は反復練習を疎かにせず訓練に取り組んでいるかと思えます。NC 工作機械の訓練では、形状や寸法が多少異なる課題や加工精度を高める方法を検討させる課題などを用いる方法があると思います。しかし、訓練生の理解度が低い段階、訓練の導入段階では、一人の指導員が多数の訓練生を対応するには限界があると思われます。本教材では、同じ部品を訓練生同士が作ることに目的を持たせ、学習意欲の向上に結び付けようと試みました。

本教材は、未完成で終われない点や部品加工に失敗した場合の対応などの問題点もあると思います。また、高度な内容（加工効率やノウハウ的な要素）は含んでおらず、導入程度にしか使えない点など改善を必要とする部分もあると思います。今回の教材を一例として、より良い訓練を考案して頂ければ幸いです。

本教材は、訓練生に提示することを念頭におき、参考資料をもとに全て作成しました。（内容に誤りが含まれているかと思いますが、その点はご了承頂きたいと思えます。）

本教材を作成にする機会を与えて下さった経済部労働政策局人材育成課のご担当者様、また、日頃何かとご協力をいただいている北見高等技術専門学院の学院長をはじめ職員の方々に感謝いたします。また、本教材に関わりました電子機械科の修了生ならびに在學生に感謝いたします。

平成 27 年 10 月 吉日



図 切頂二十面体のオブジェ（金属製のサッカーボール）

### 添付資料

- 部品②の角度算出について
- 加工指示の図面など

### データ

- NC プログラム例
- CAD データ
- H26 年度ポスター
- 動画

部品②の角度 (138.19°) 算出について



図1 課題形状

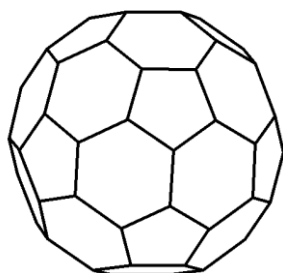


図2 切頂二十面体

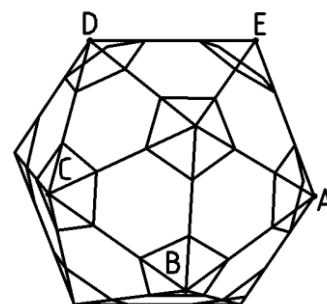


図3 正二十面体

図1は、本課題のモデル形状である。図1を簡略した形状を図2に示す。図2の頂点を延長したのが図3の正二十面体であり、正三角形を20枚つなぎ合わせた多面体形状である。

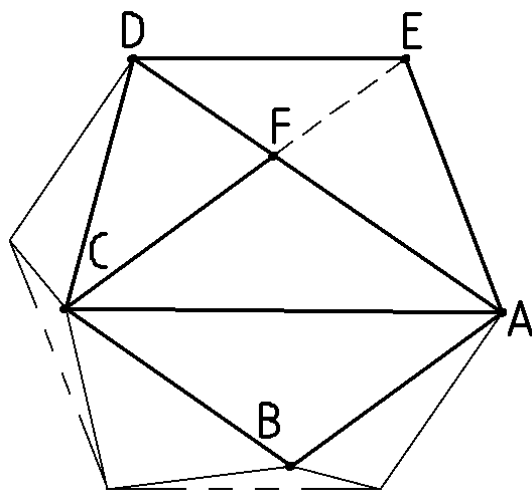


図4 正五角形 ABCDE

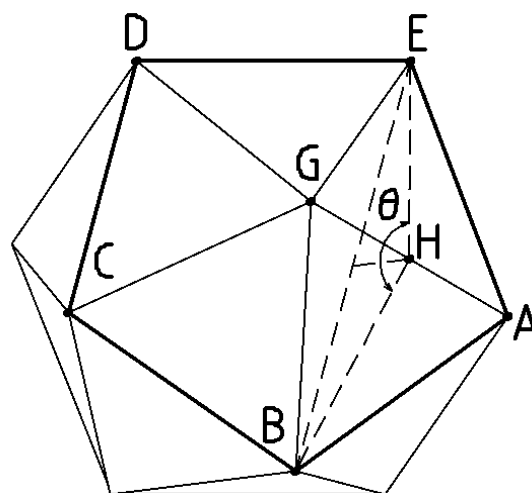


図5 線分BHとHEのなす角∠BHE

図4の正五角形の頂点をABCDEとおき、線分ADとCEの交点をFとする。  
図4より△ACD∽△CDFの関係であるから  $AC : CD = CD : DF$  とおける。  
線分ACの長さを $\chi$ とおくと  $\chi : 1 = 1 : \chi - 1$  となり、

$$\chi^2 - \chi - 1 = 0 \quad , \quad \chi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \quad (\chi \geq 0) \text{ が求まる。}$$

次に図5に示すように正五角形ABCDEの中心となる点の上方にある頂点をGとおき、線分AGの中点をHとする。さらに、線分BHとHEのなす角∠BHEを $\theta$ とおく。

図5の△ABGの頂点から下ろした線分BHは、△ABGが正三角形なので  $AB : BH = 1 : \frac{\sqrt{3}}{2}$  の関係にある。

余弦定理から

$$\cos \theta = \frac{(BH)^2 + (BH)^2 - (BE)^2}{2 \times (BH)^2} \quad \text{図より、} BE = AC \text{なので、}$$

$$\cos \theta = \frac{(BH)^2 + (BH)^2 - (AC)^2}{2 \times (BH)^2} = \frac{\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 - \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^2}{2 \times \left(\frac{\sqrt{3}}{2}\right)^2} = -\frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( -\frac{\sqrt{5}}{3} \right) = 138.18968510422... \quad \doteq \quad 138.19^\circ \text{ が求まる。}$$

ゆえに、図6に示すように、部品②の角度を  $138.19^\circ$  とした。

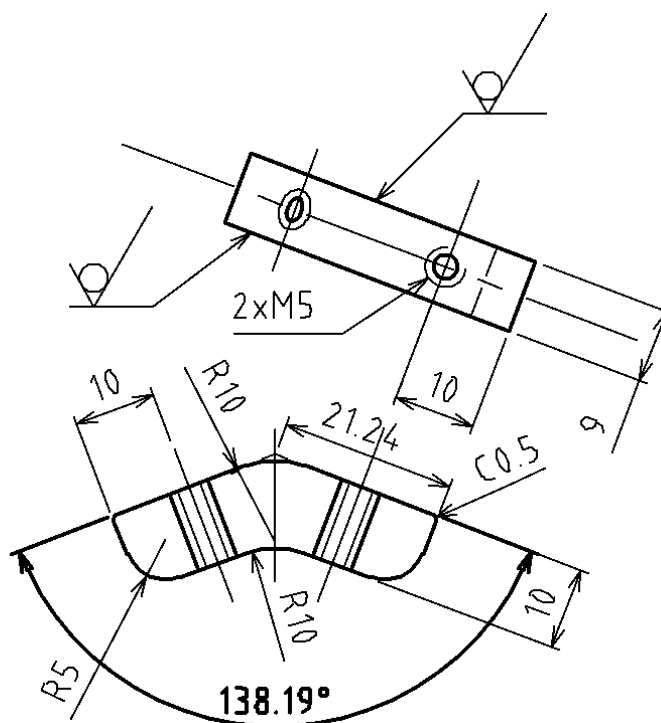


図6 部品②の図面



訓練期間内に使用する機械と班分ごとの訓練内容 (H26年度 北見高等技術専門学院の例)

期間	1班 (4人)			2班 (3人)			3班 (4人)			4班 (3人)			
	訓練内容と機械	工程	材料	加工	工程	材料	加工	工程	材料	加工	工程	材料	加工
期間1	A	加工機械1	あ	部品①② 治具①②	フライス加工 (素材の準備)						旋盤訓練		
		加工機械2				あ	期間1-A/1班と同じ						
		その他	い	次のプログラム作成 (穴加工、ワヤカット (治具②))									
1	B	加工機械1						あ	期間1-A/1班と同じ				
		加工機械2								あ	期間1-A/1班と同じ		
		その他						い	期間1-A 1、2班と同じ				
期間2	A	加工機械1				う	部品② 治具②	穴加工 (ワヤ 加工用穴)			旋盤訓練		
		加工機械2	う	期間2-A/2班と同じ									
		その他	え	次のプログラム作成 (穴加工、輪郭荒加工)									
2	B	加工機械1								う	期間2-A/2班と同じ		
		加工機械2								う	期間2-A/2班と同じ		
		その他							え	期間2-A 1、2班と同じ			
期間3	A	加工機械1	お	部品①	ボルト穴						旋盤訓練		
		加工機械2				お	期間3-A/1班と同じ						
		その他	か	治具①	溶接、フライス盤		き	部品②治具②	ワヤ放電加工				
3	B	加工機械1								お	期間3-A/1班と同じ		
		加工機械2								お	期間3-A/1班と同じ		
		その他							か	期間3-A/1班と同じ	き	期間3-A/2班と同じ	
期間4	A	加工機械1									旋盤訓練		
		加工機械2				け	部品②	ネジ穴加工					
		加工機械3	こ	部品①	輪郭荒加工								
	その他			フライス盤	か	期間3-A/1班と同じ							
4	B	加工機械1									け	期間4-A/2班と同じ	
		加工機械2									け	期間4-A/2班と同じ	
		加工機械3							こ	期間4-A 1班と同じ	か	期間3-A/1班と同じ	
	その他												
期間5	A	加工機械1	く	治具①	見本加工						旋盤訓練		
		加工機械2											
		加工機械3					こ	期間4-A/1班と同じ					
	その他												
5	B	加工機械1								く	期間5-A/1班と同じ		
		加工機械2											
		加工機械3									こ	期間4-A/1班と同じ	
	その他							き	期間3-A/2班と同じ				
期間6	A	加工機械1				く	期間5-A/1班と同じ					旋盤訓練	
		加工機械2	け	期間4-A/2班と同じ									
		加工機械3											
	その他	き	期間3-A/4班と同じ			さ	次のプログラム作成						
6	B	加工機械1								く	期間5-A/1班と同じ		
		加工機械2								け	期間4-A/2班と同じ		
		加工機械3											
	その他							さ	次のプログラム作成 (部品①の輪郭仕上、ポケット加工)				
期間7	加工機械1	し	部品①の「輪郭仕上加工」、「ポケット荒・仕上加工」のプログラム作成、加工										
	加工機械2												

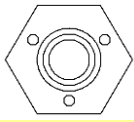
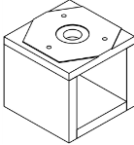
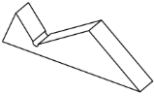

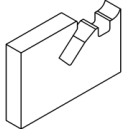
※ 加工機械1 : マシニングセンタ (日立) 、 加工機械2 : NCフライス盤 (牧野) 、  
加工機械3 : NCに対応したフライス盤 (遠州)

工作機械の特徴

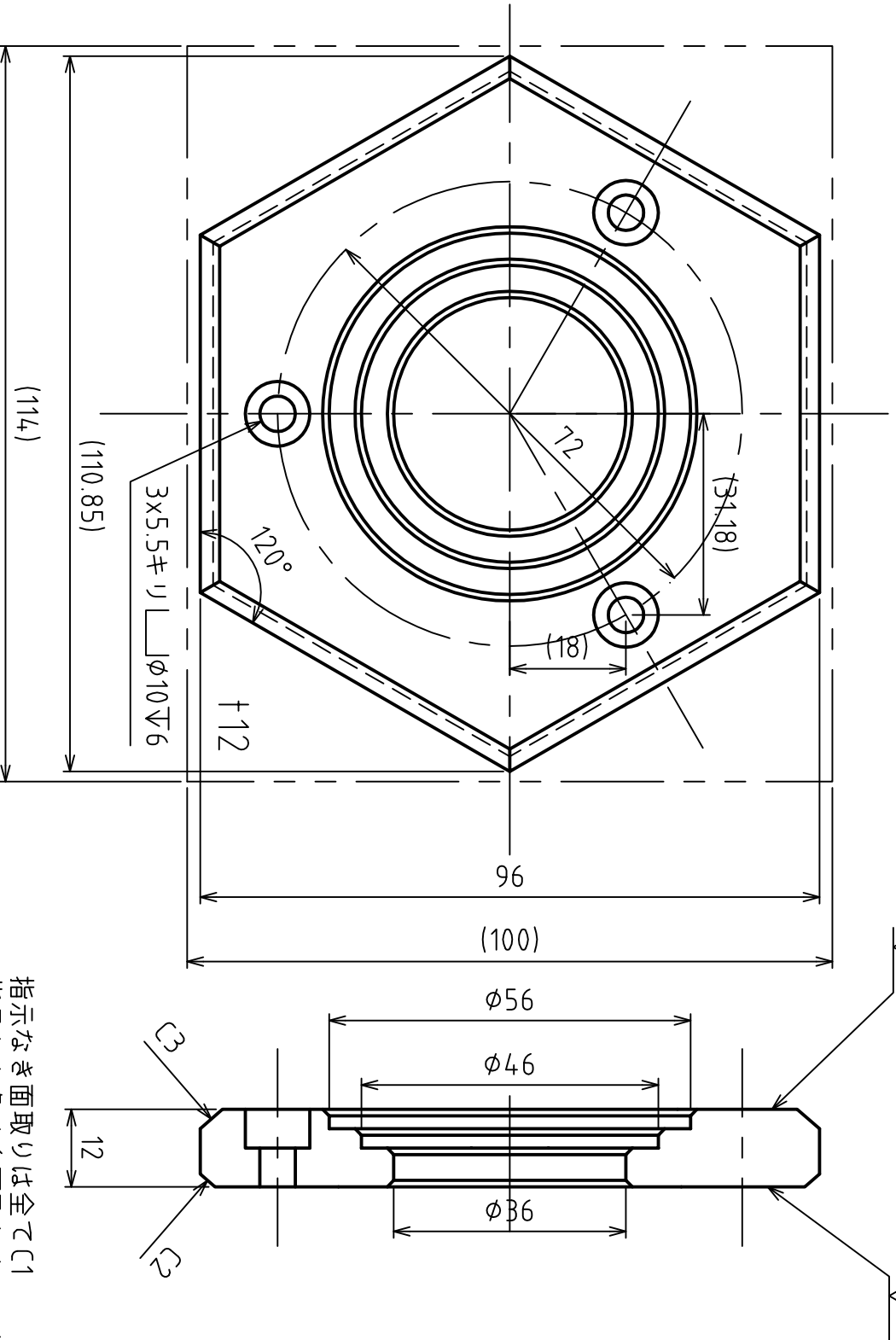
- ・加工機械1は、マシニングセンタであり、工具交換が自動で出来る。
- ・加工機械2は、NCフライス盤であり、工具の脱着はボタン一つで可能な仕様になっている。
- ・加工機械3は、NCプログラムは読み込めるが、工具がドローイングバーで直接ついており工具交換に時間が掛かる。

※ 治具①のサンプル加工でマシニングセンタ的なプログラム作成を提示する。  
(それ以前は、手で工具交換させるようなプログラムの作成とした。)

## 加工部品と（その部品の加工に必要な）治具との作製期間の関係性

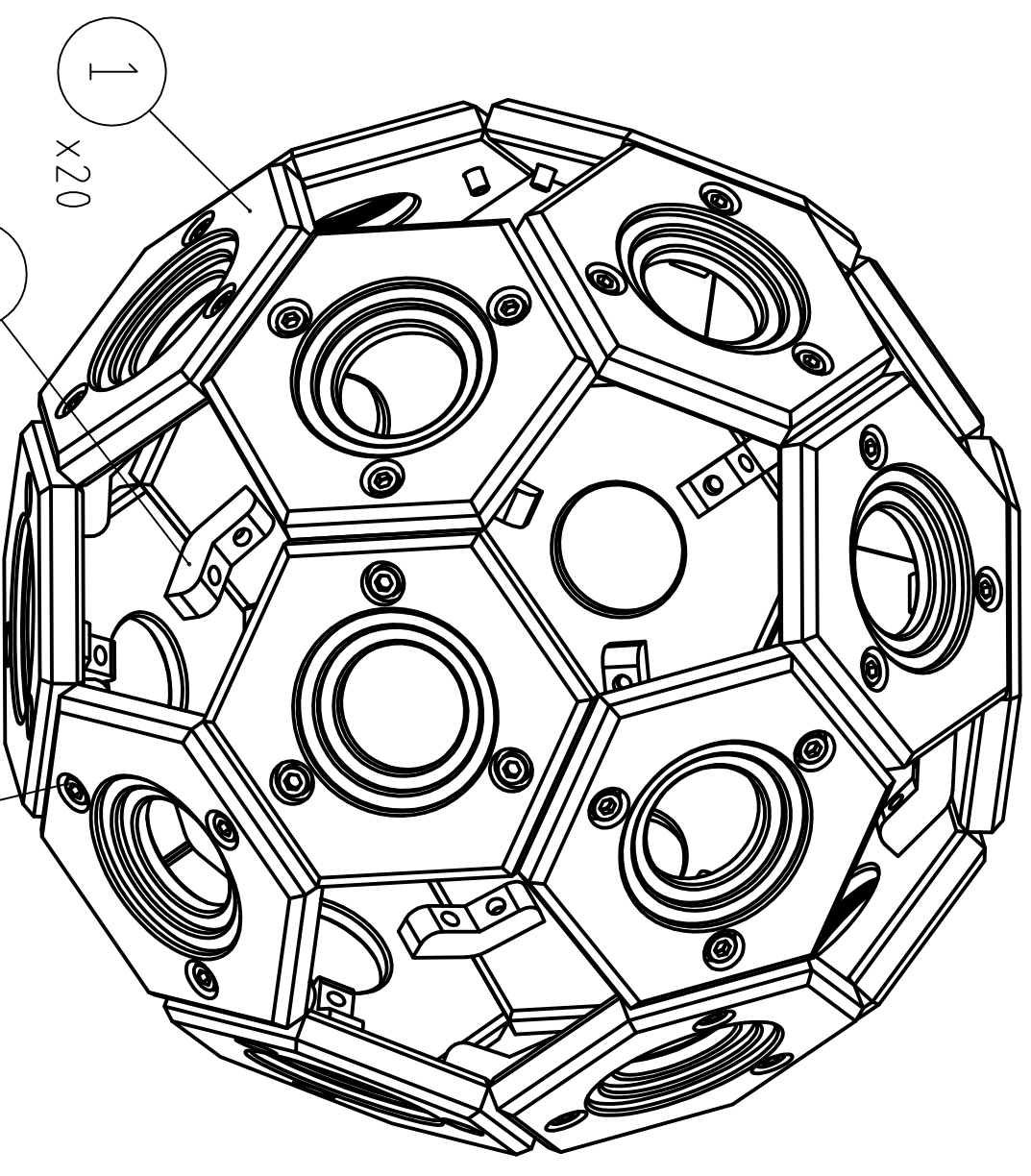
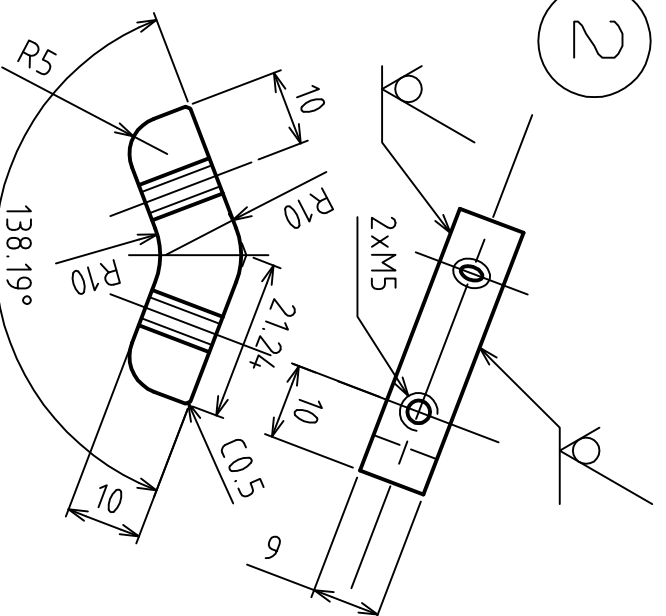
加工部品	工程	加工	期間 I	期間 II	期間 III	期間 IV	期間 V										
<b>部品①</b> 	あ	1. 正面フライス加工 (平面荒)	→														
	(え)お	2. 穴加工 (ボルト穴)	加工1. が終わり次第 →														
	(え)こ	3. 正面フライス加工 (輪郭荒)	加工2. が終わり次第 (治具②が必要) →														
	(さ)し	4. 輪郭加工 (輪郭荒・仕上)	加工3. が終わり次第 (治具①が必要) →														
		5. ポケット加工 (ポケット荒・仕上)	加工4. が終わり次第 →														
<b>治具①</b> 	あ	1. 正面フライス加工	加工部品①の加工4. エンドミル加工が始まる前には完成させておく必要がある														
	か	2. 溶接 (箱型に溶接)					→										
	く	3. その他の加工 (見本の提示)					→										
<b>治具②</b> 	あ	1. 側面加工															
	(い)う	2. 穴加工 (ワイヤ加工用下穴)	→														
	き	3. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)	→														
<b>部品②</b> 	あ	1. 側面加工	加工部品①とは関係性が無く作製可能 (治具③が必要)														
	(い)う	2. 穴加工 (ワイヤ加工用下穴)	→														
	き	3. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)	→														
	け	4. 穴加工 (M5メネジ)	加工3. が終わり次第 →														
<b>治具③</b> 	あ	1. 正面フライス加工 (側面仕上)	加工部品②の加工4. 穴加工が始まる前には完成させておく必要がある														
	き	2. ワイヤカット加工 (輪郭仕上)						→									
		3. 切断 (半分に切断)											→				
		4. 正面フライス加工 (側面仕上)															

部品 1



指示なき面取りは全てC1  
指示なき角は糸面取とすること

部品 2



六角穴付ボルト  
M5 x 15 (60本)

項目	内容	単位	数量
△	部品 1		
△	部品 2		
△	六角穴付ボルト		

種別	名称	規格	単位	数量
材料	鋼	JIS S 40C		
寸法	114 x 114 x 12			
仕様	六角穴付ボルト M5 x 15			

種別	名称	規格	単位	数量
設計	設計			
製造	製造			
検査	検査			
承認	承認			

種別	名称	規格	単位	数量
設計	設計			
製造	製造			
検査	検査			
承認	承認			

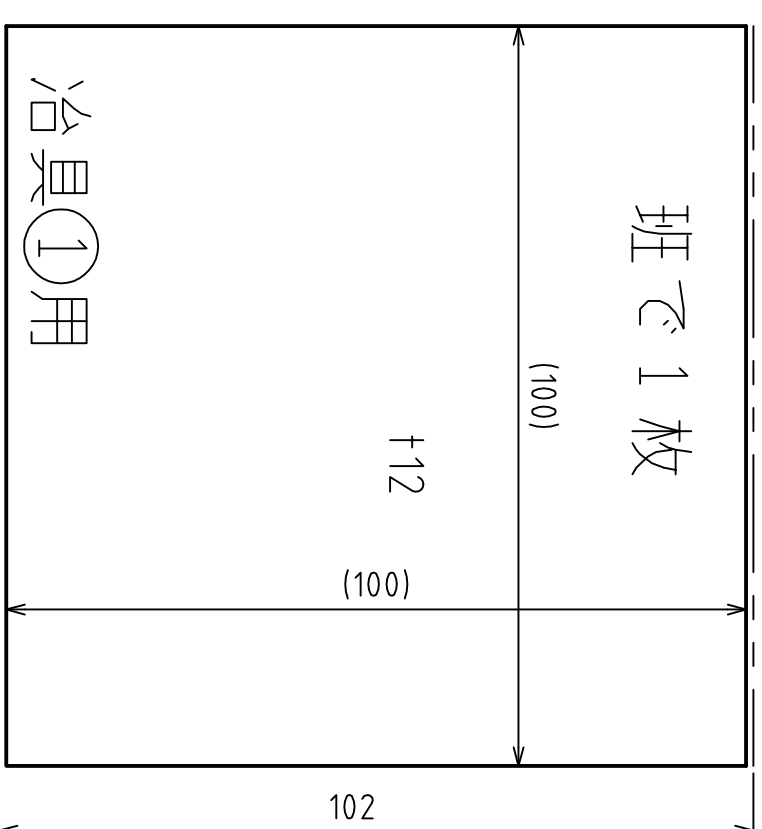
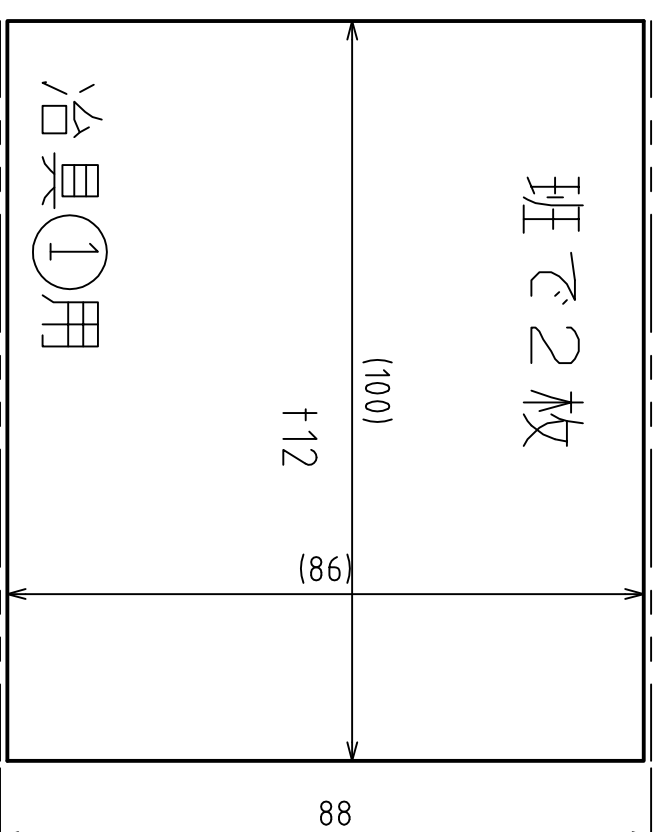
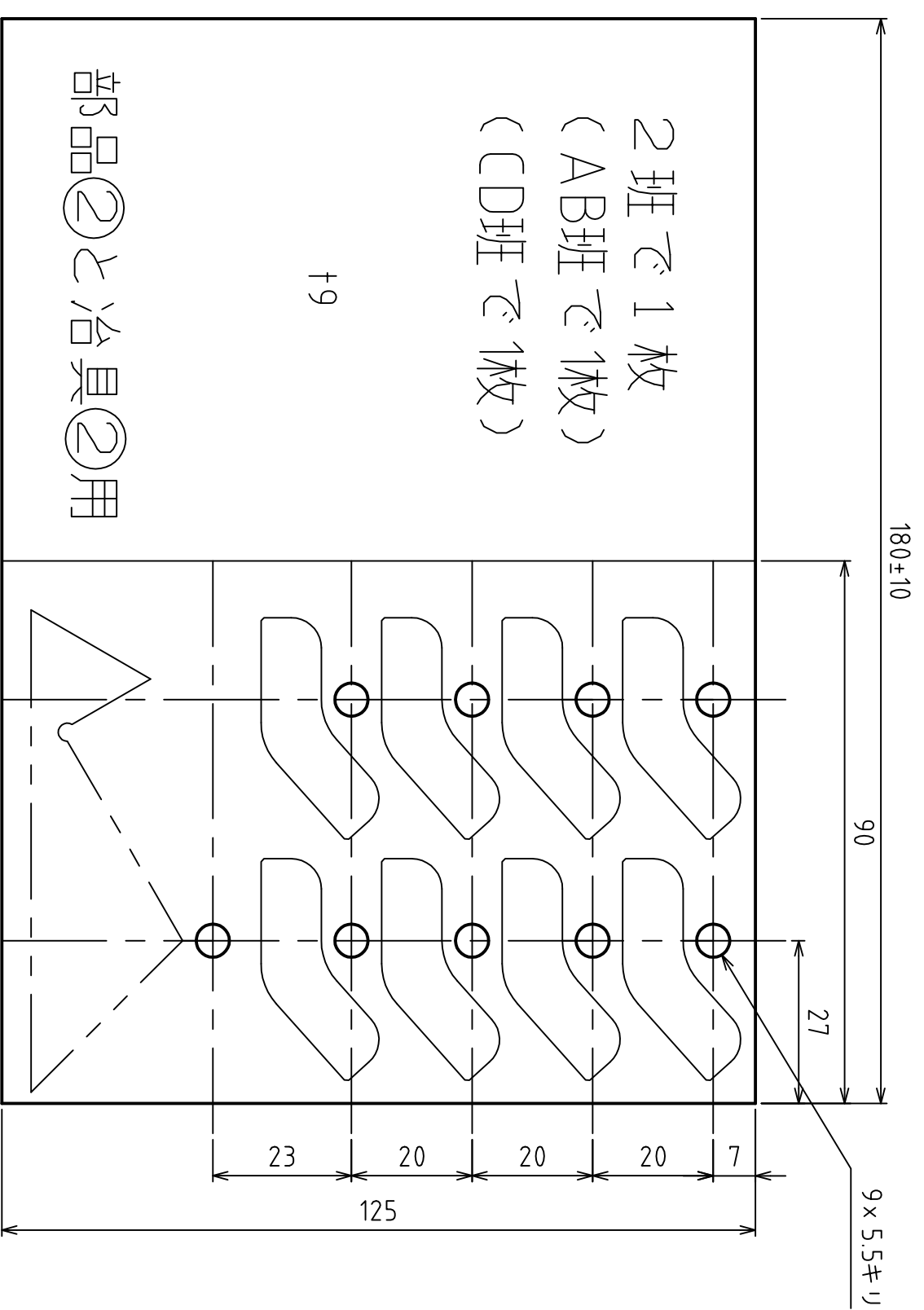
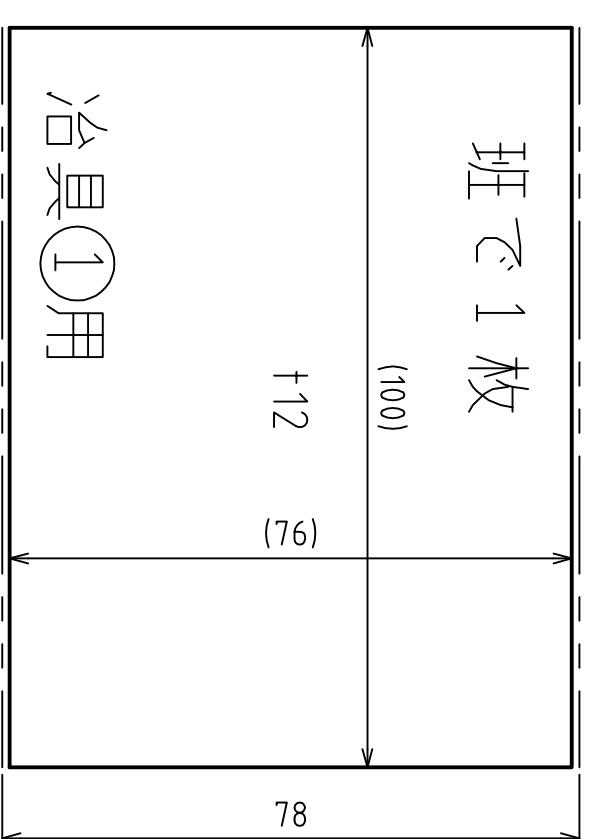
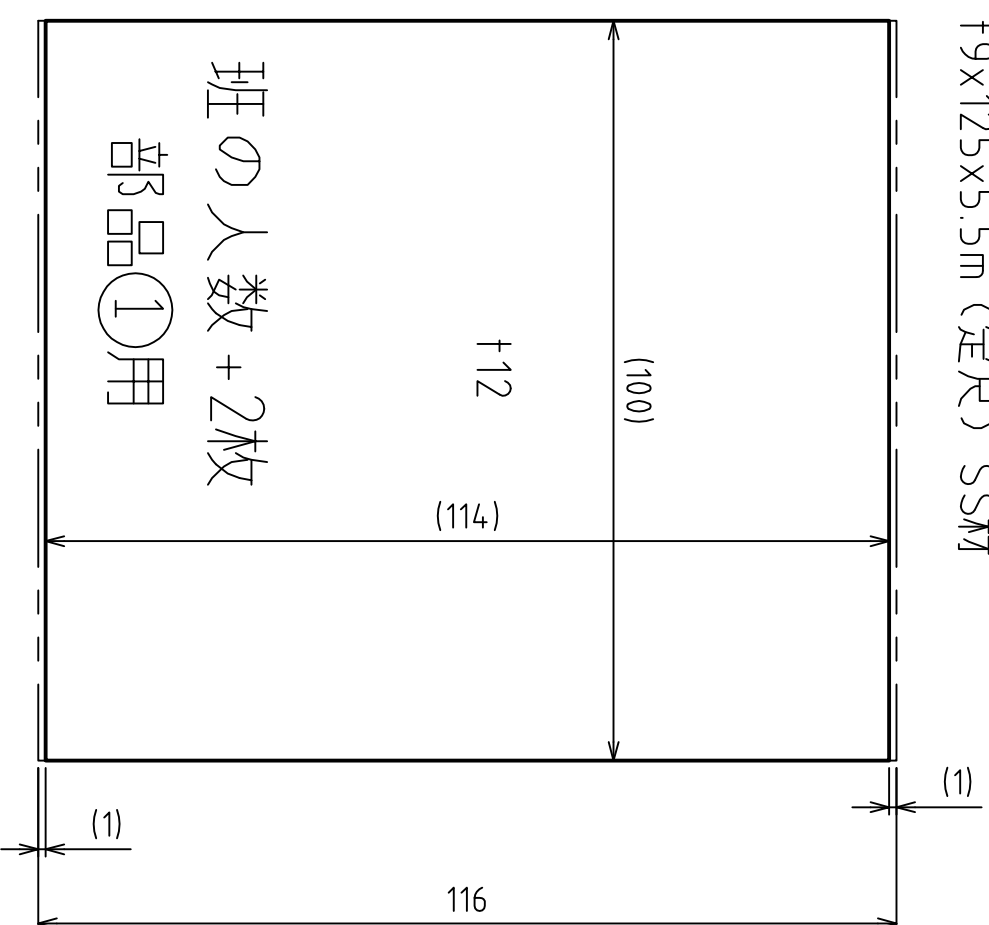
種別	名称	規格	単位	数量
設計	設計			
製造	製造			
検査	検査			
承認	承認			

種別	名称	規格	単位	数量
設計	設計			
製造	製造			
検査	検査			
承認	承認			

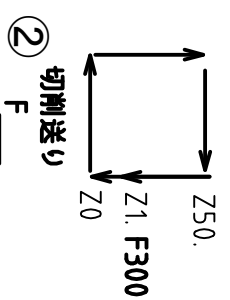
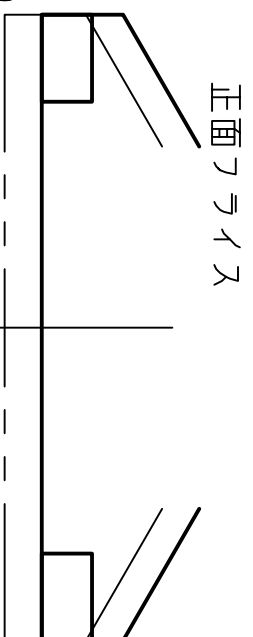
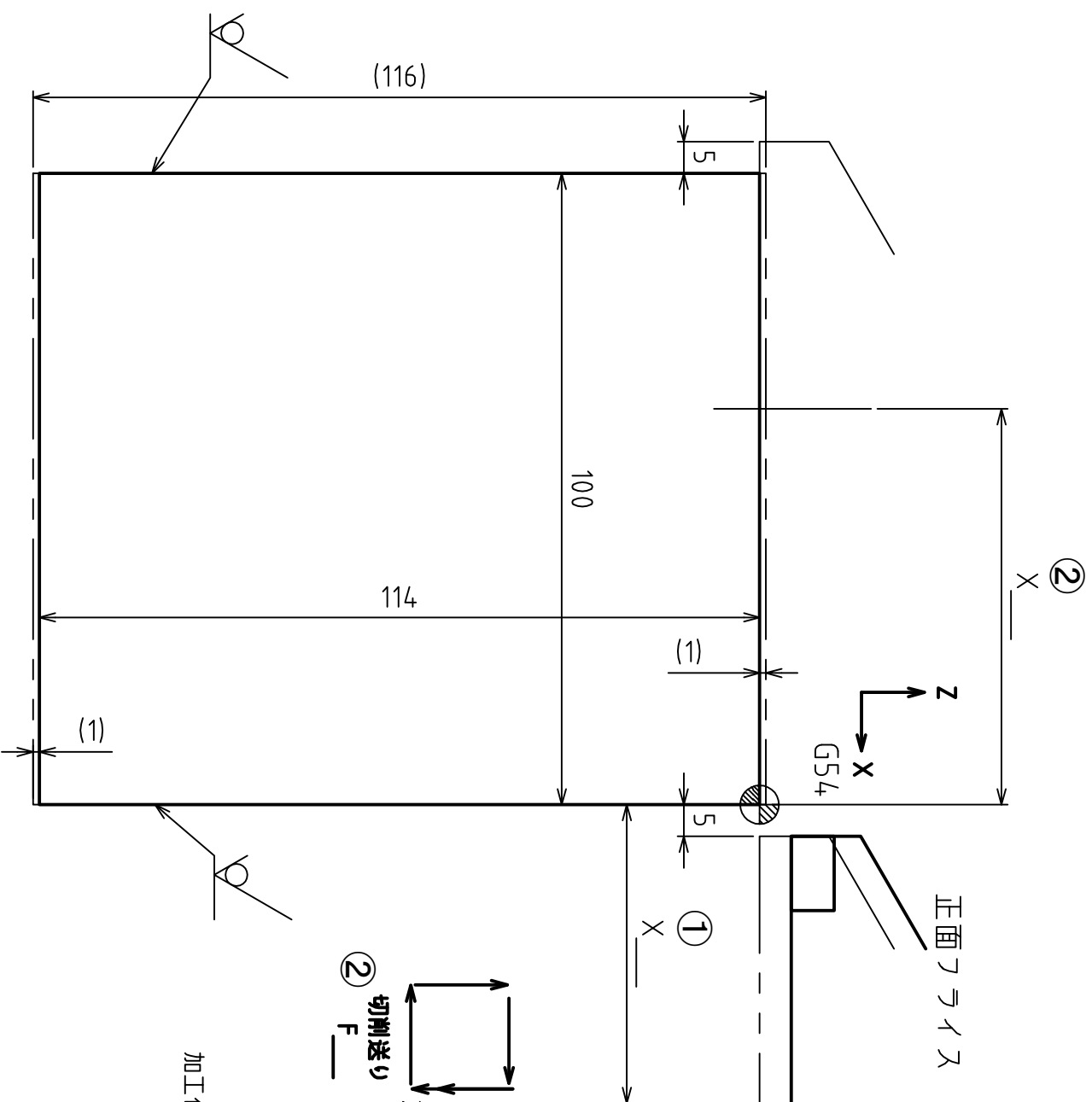
# 素材の切断

+12×100×5.5m (定尺) SS材  
+9×125×5.5m (定尺) SS材



# 工程1 正面フライス加工 (側面加工—治具なし)

SS400 100×116×12



**プログラム例**

```

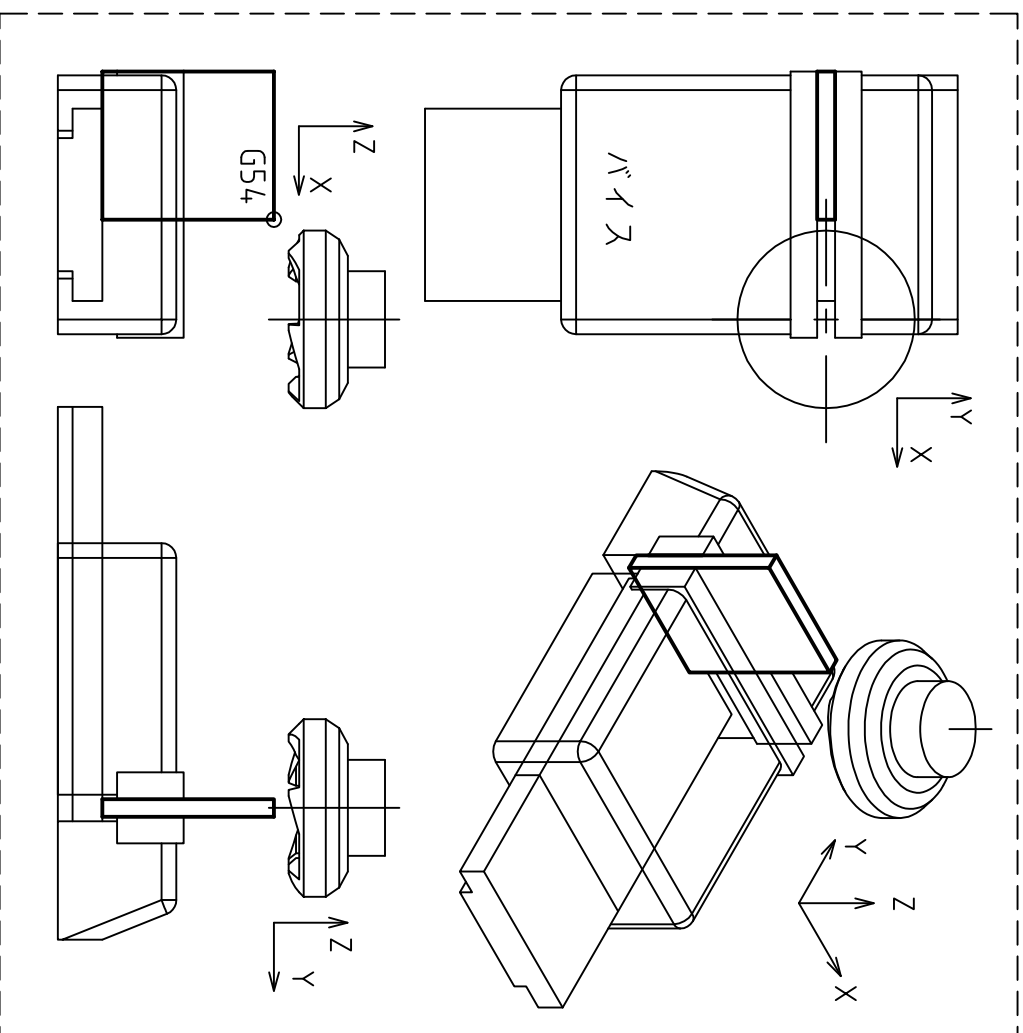
00100
G54,G17
G90G00Z50.
S_____M03
M01
① X____Y0
G01Z1.F300
Z0
② X____F_____
G00Z50.
① X____M05
M30

```

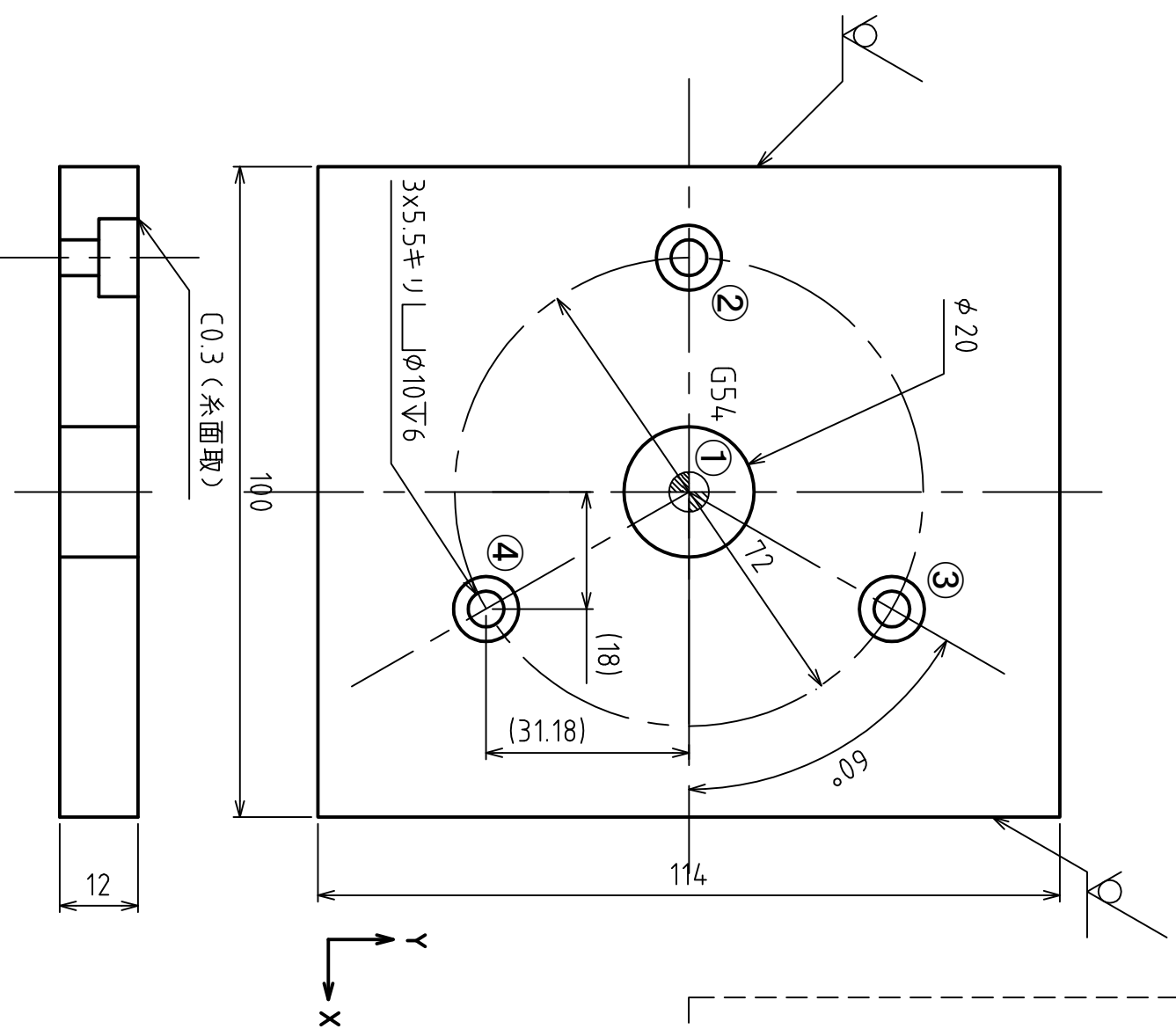
加工位置 →

## 加工手順

- ・ 手動にてG54のZ値を調べ設定する (XYは共通)
- ・ 取りしるを考慮して外部オフセットのZ値を調整する (全長が仕上げ+2mm以上あれば外部オフセットのZ値を  程度にする)
- ・ 1回目の加工をする
- ・ 工作物を上下反転して、先ほど同じ場所に加える
- ・ 取りしるを考慮して外部オフセット調整する (0.2~0.5の取りしる残しておくようにZ値をさらに下げる)
- ・ 2回目の加工をする
- ・ 全長を測定して、外部オフセットのZ値を調整する (仕上がり寸法になるようにZ値をさらに下げる)
- ・ 仕上げ加工する (自分の番が終われば、外部オフセットのZ値を0に戻す)



工程2 穴加工（固定サイクルを利用したプログラム作成の課題）  
 基準穴(φ20)とボルト用の穴  
 （表面加工—治具なし）



加工手順

- 原点設定  
 ・ G54の原点を設定する（班ごとに）  
 自動加工  
 ・ センタ穴を4つ  
 ・ 5.5ドリル穴を4つ  
 ・ 10深座ぐりを3つ  
 ・ 面取りを3つ  
 をプログラムを動かして加工する
- 手動加工（手送り）  
 ・ 中心の穴をφ19.5ドリルで加工する  
 自動加工  
 ・ 中心の穴をエンドミルで仕上げ加工する

プログラム例 (00201~00205)

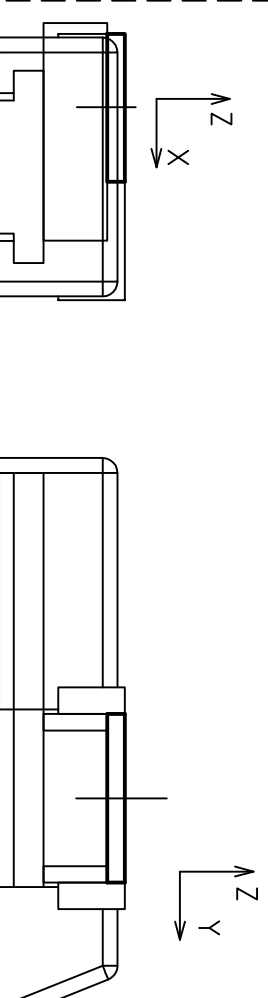
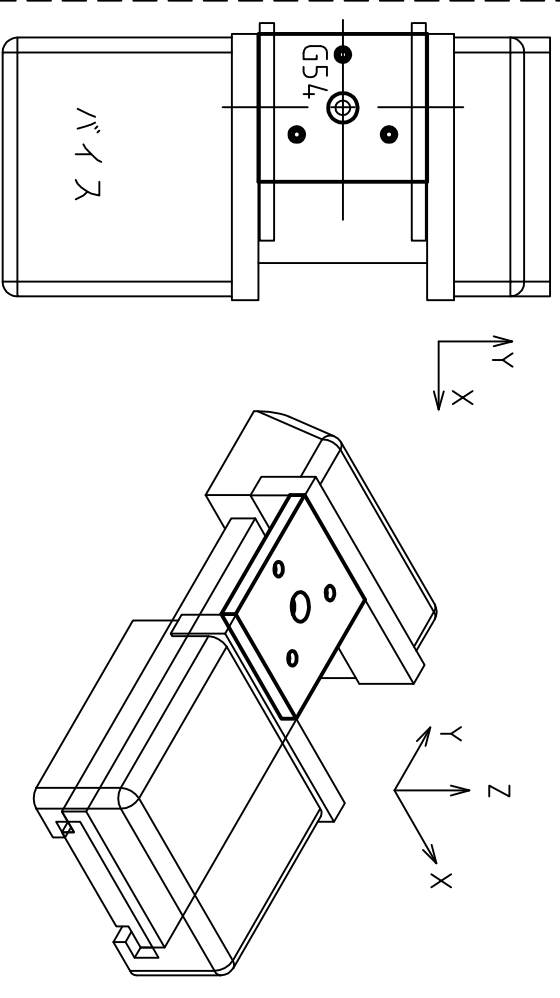
加工条件

穴加工  
 φ3センタ（穴4つ） H02 Z-5. R3. f0.1 V10 G81  
 00201  
 φ5.5ドリル（穴4つ） H06 R3. f0.1 V15 G73 Q2.  
 00202  
 φ20エンドミル（中心） H01 R3. f0.05 V10 G81  
 00203  
 深座ぐり 00204  
 φ10エンドミル（穴3つ） H07 R3. f0.05 V10 G82  
 Z点で2回転  
 C0.3面取り加工 00205  
 センタボーイ（穴3つ） H08 R3. f0.05 V10 G82  
 Z点で2回転

サブプログラム例  
 （穴4つ加工する場合）

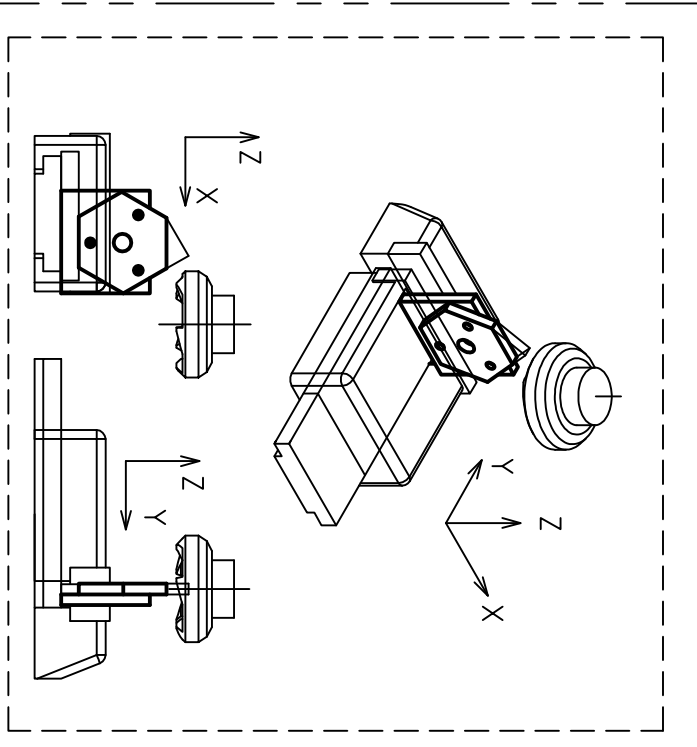
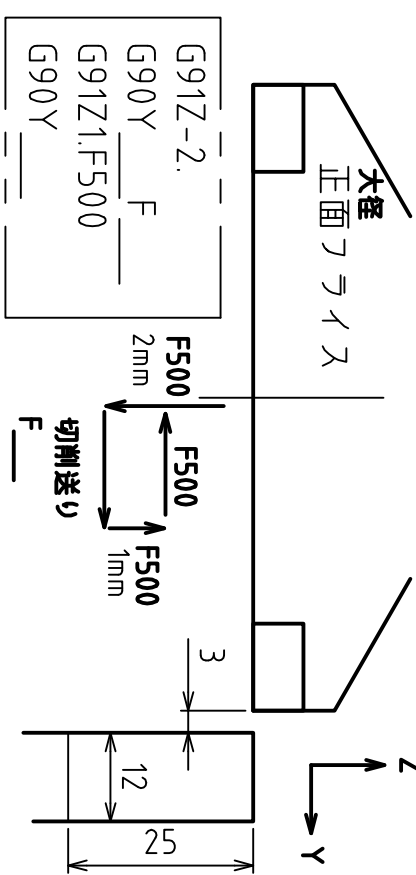
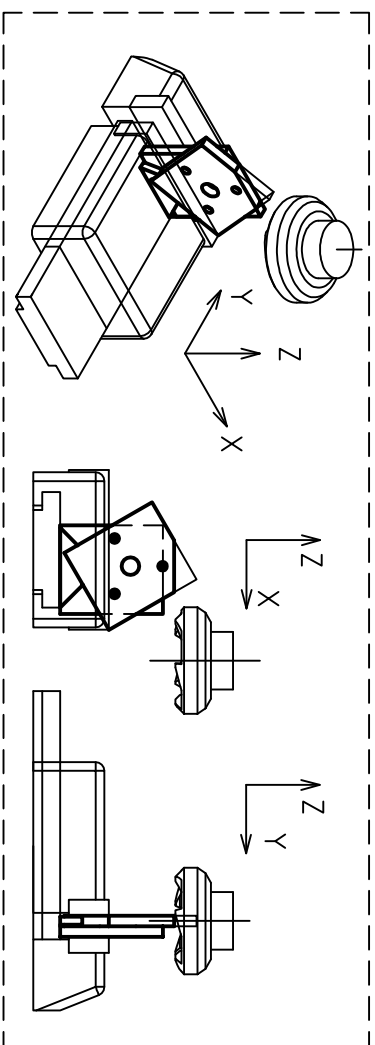
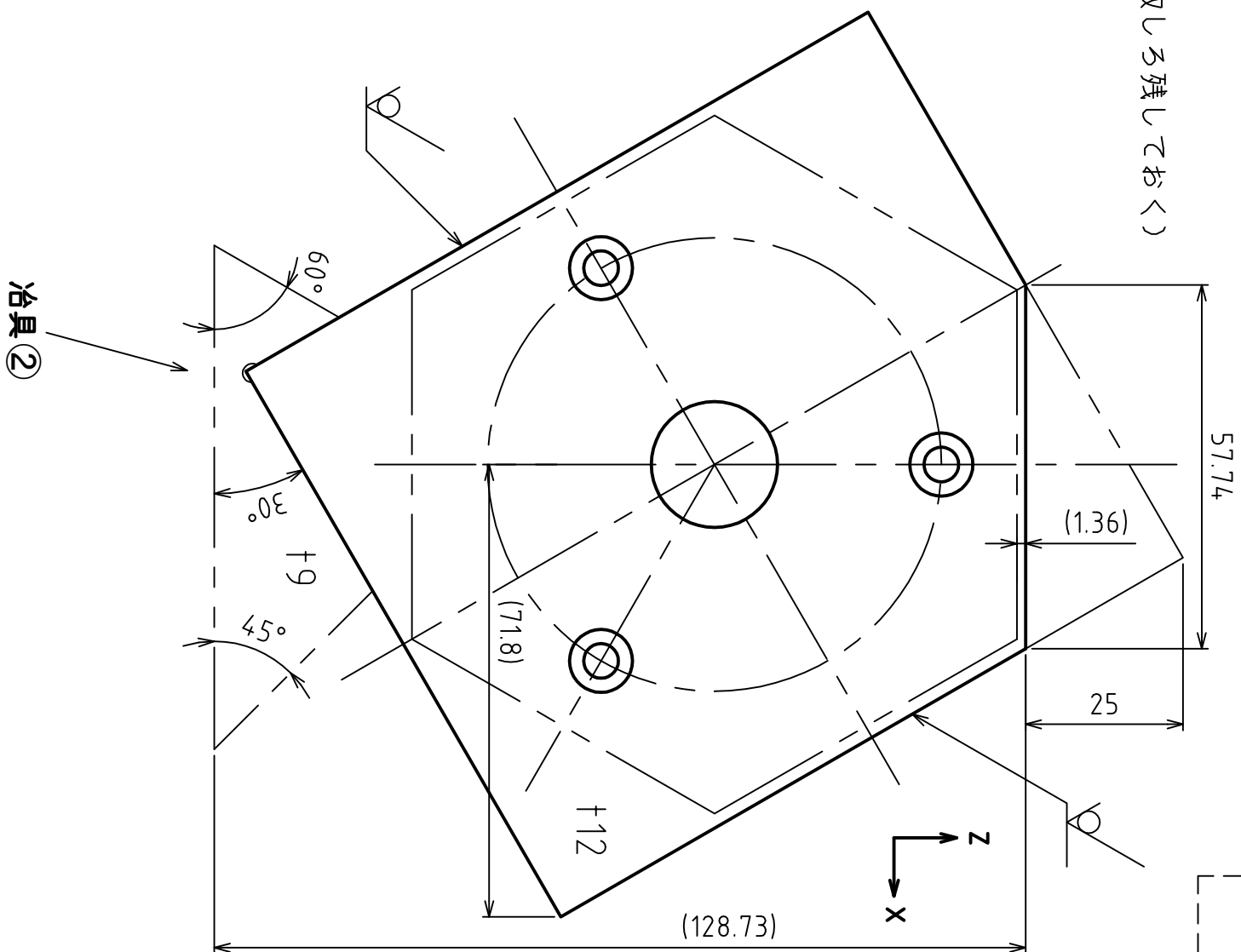
01001  
 ① X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_  
 ② X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_  
 ③ X \_\_\_\_\_ Y \_\_\_\_\_  
 ④ Y \_\_\_\_\_  
 M99

※ 4つ加工しない場合は  
 メインプログラムに  
 座標を直接入力



工程3-1 正面フライス加工  
六角形荒削り (側面加工—治具あり)

(取しる残しておく)



プログラム例

G90G00Z5.  
G01Z1.F300

G91Z-.2.  
G90Y\_\_\_F\_\_\_  
G91Z1.F1000  
G90Y\_\_\_

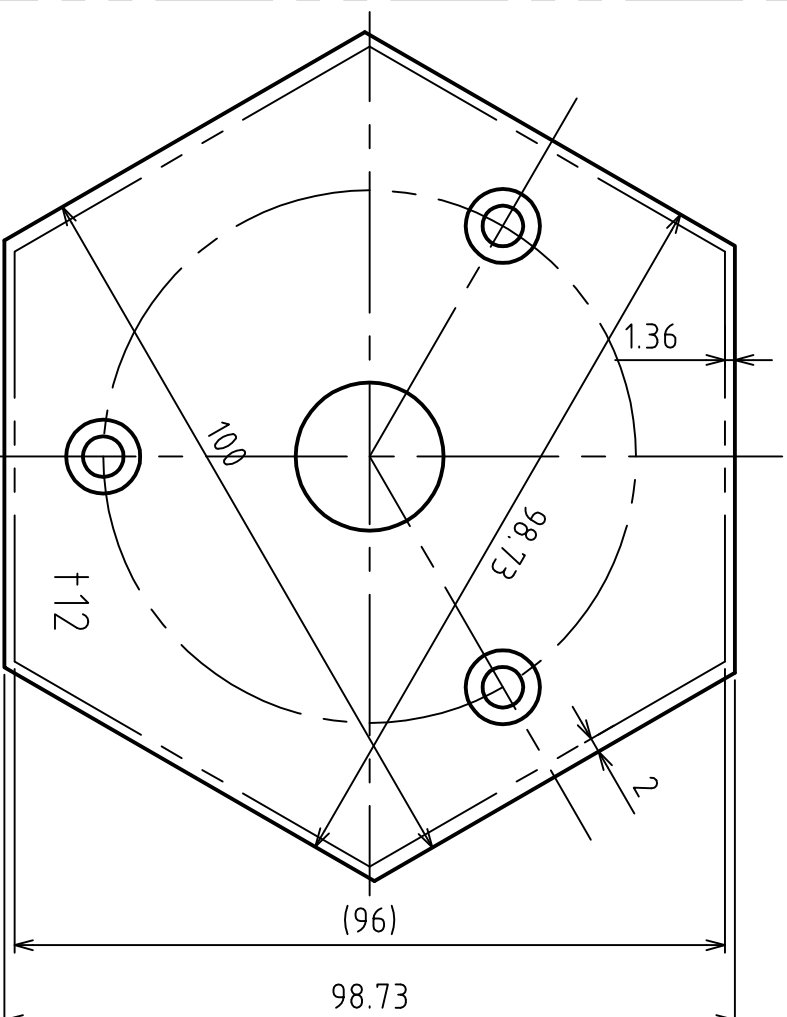
サププロ  
24回  
繰返し

G90Z-.24.8  
Y\_\_\_F\_\_\_  
Z-.24.F1000  
Y\_\_\_  
Z-.25.  
Y\_\_\_F\_\_\_  
G49G01Z50.F1000  
M05

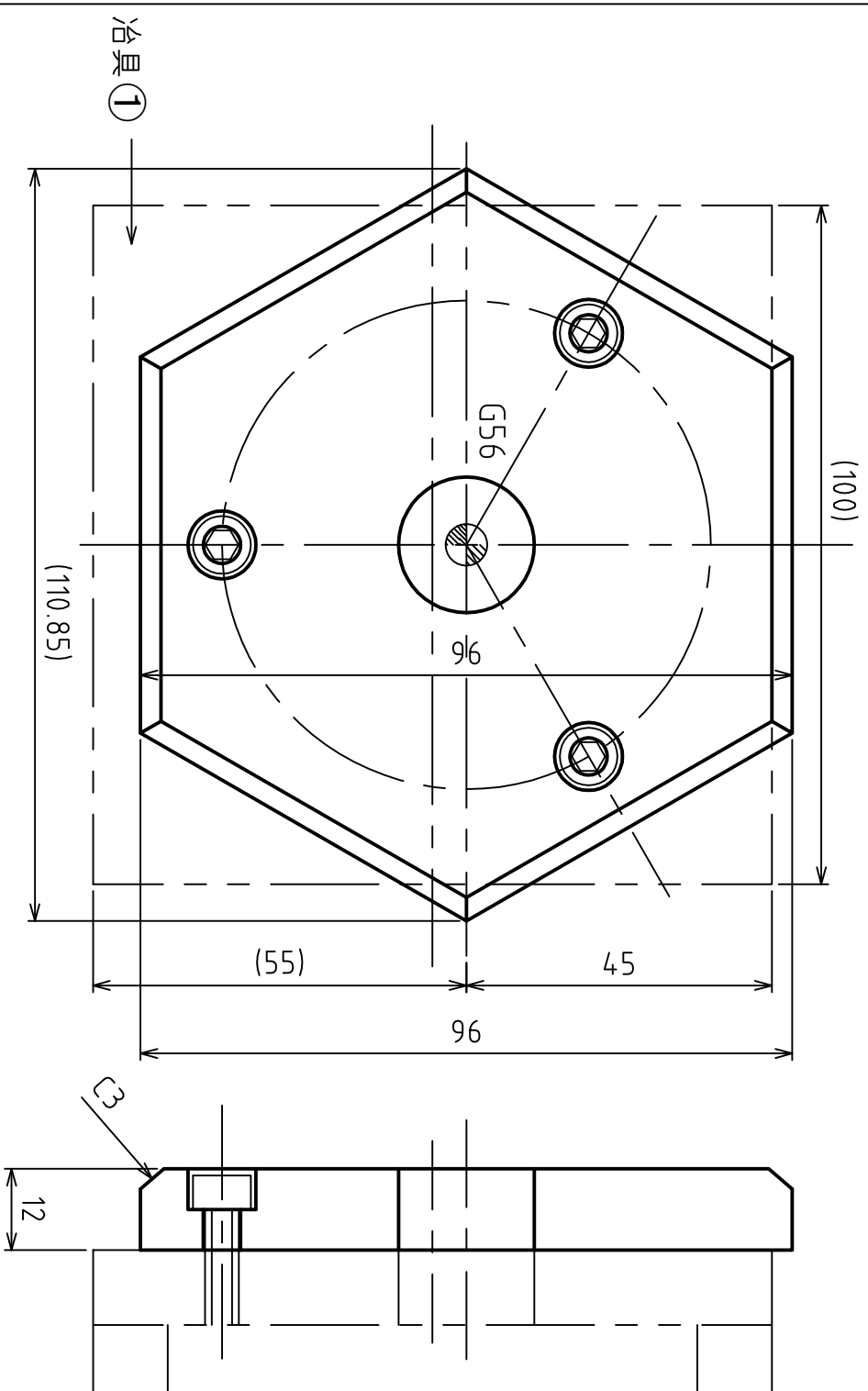
工程3-2 フライス加工  
(サブプログラムを利用したプログラム作成の課題)  
六角形荒削り加工 (側面加工—治具なし)

(サブプログラムを利用したプログラム作成の課題)

(取しる残しておく)



工程4-1 エンドミルでの輪郭加工  
六角形仕上加工とC3面取り (表面加工-治具あり)



プログラム番号 (牧野NC用)

メイン

- 00006 (表輪郭加工-荒)
  - 00007 (表輪郭加工-仕上)
  - 00008 (C3面取加工)
- サブ
- 00001 (原点復帰)
  - 01006 (輪郭軌跡)

プログラム番号 (日立MC用)

メイン

- 00401 (表輪郭加工&C3面取加工)
- サブ
- 00001 (原点復帰)
  - 01003 (輪郭軌跡)

加工手順

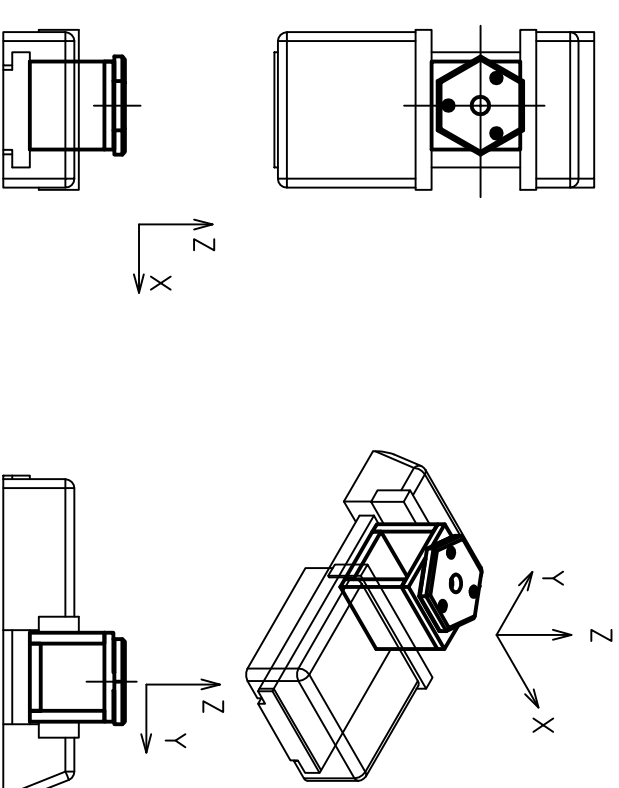
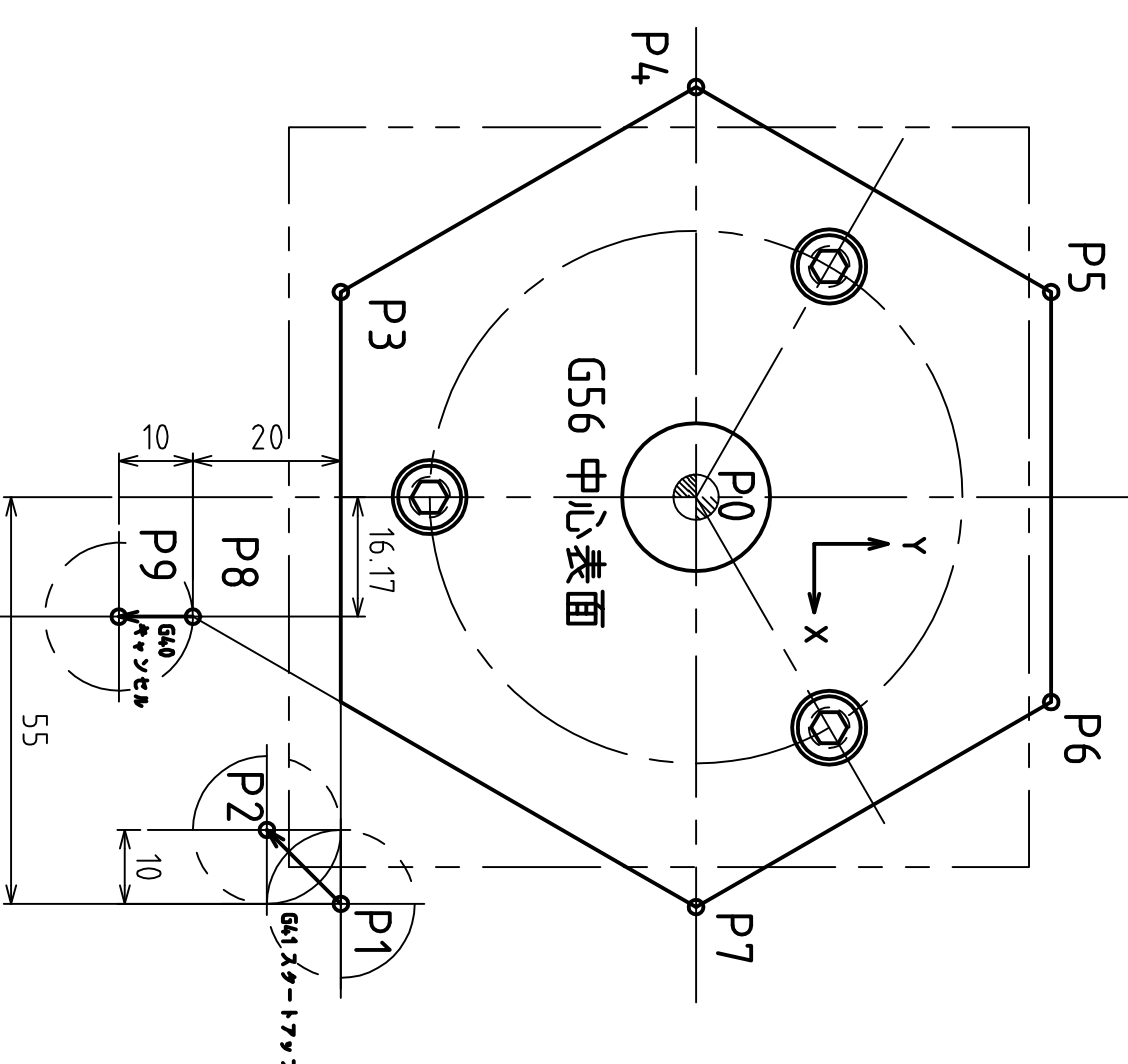
表輪郭加工

- ① φ20ラフィングエンドミル (荒) (T10、D30: 10.2)  
Z-6.
- Z-12.2 (深さ2回に分けて)
- ② φ207ラットエンドミル (仕上) (T01、D23: 10.0)  
Z-12.2

C3面取加工

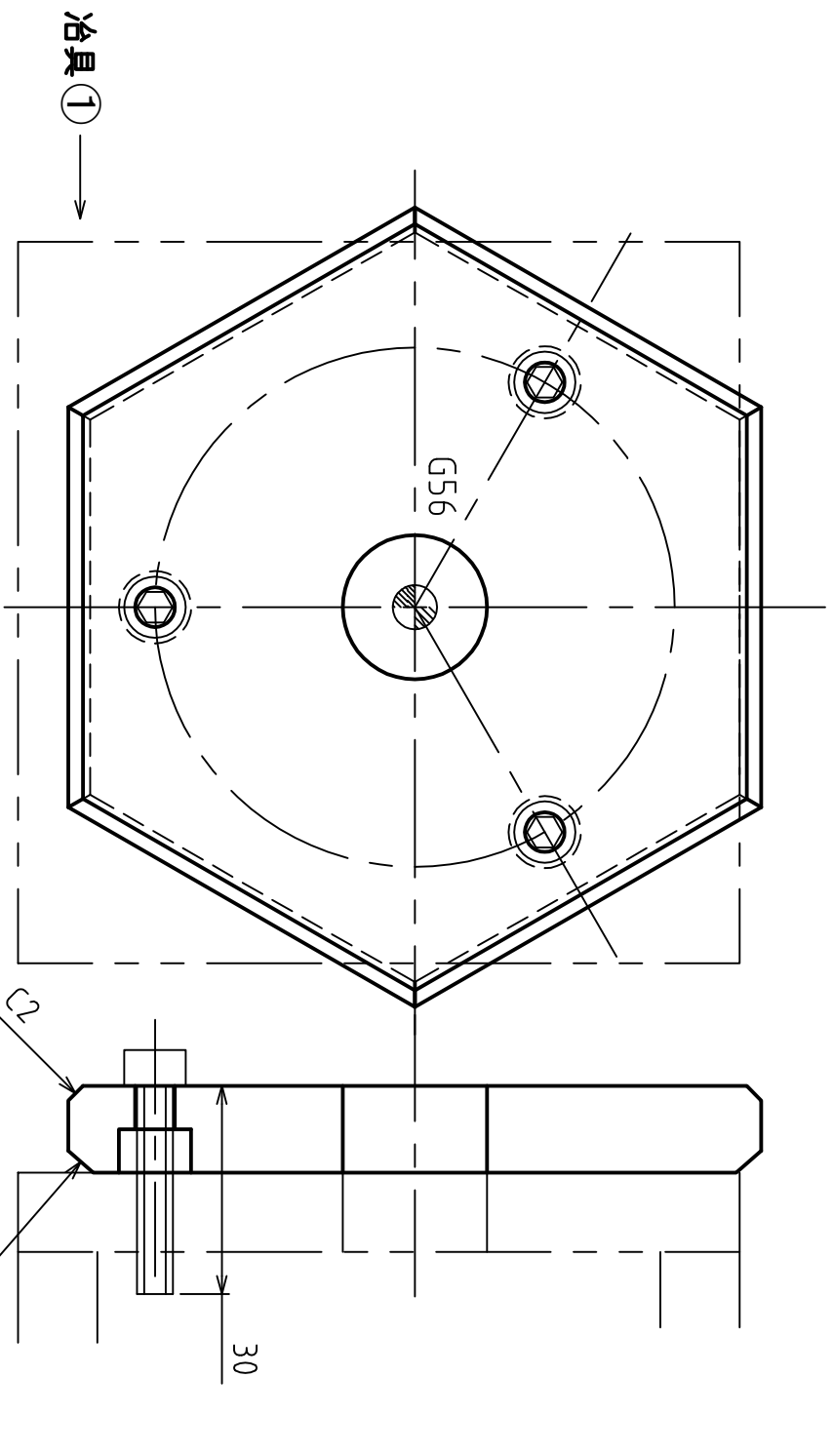
- ③ BIG Cカッター (T11、D31: 7.5)  
Z-7.8 (荒加工)
  - Z-8. (仕上げ)
- (径補正を替えずに深さで荒・仕上げ)

輪郭加工と面取り 軌跡 P1 → P9  
サブプログラム 01003 (輪郭軌跡)





工程4-2 エンドミルでの輪郭加工  
C2面取り (裏面加工-治具あり)



プログラム番号 (日立MC用と牧野NC用 同じO番号)

メイン

00009 (C2面取加工)

サブ

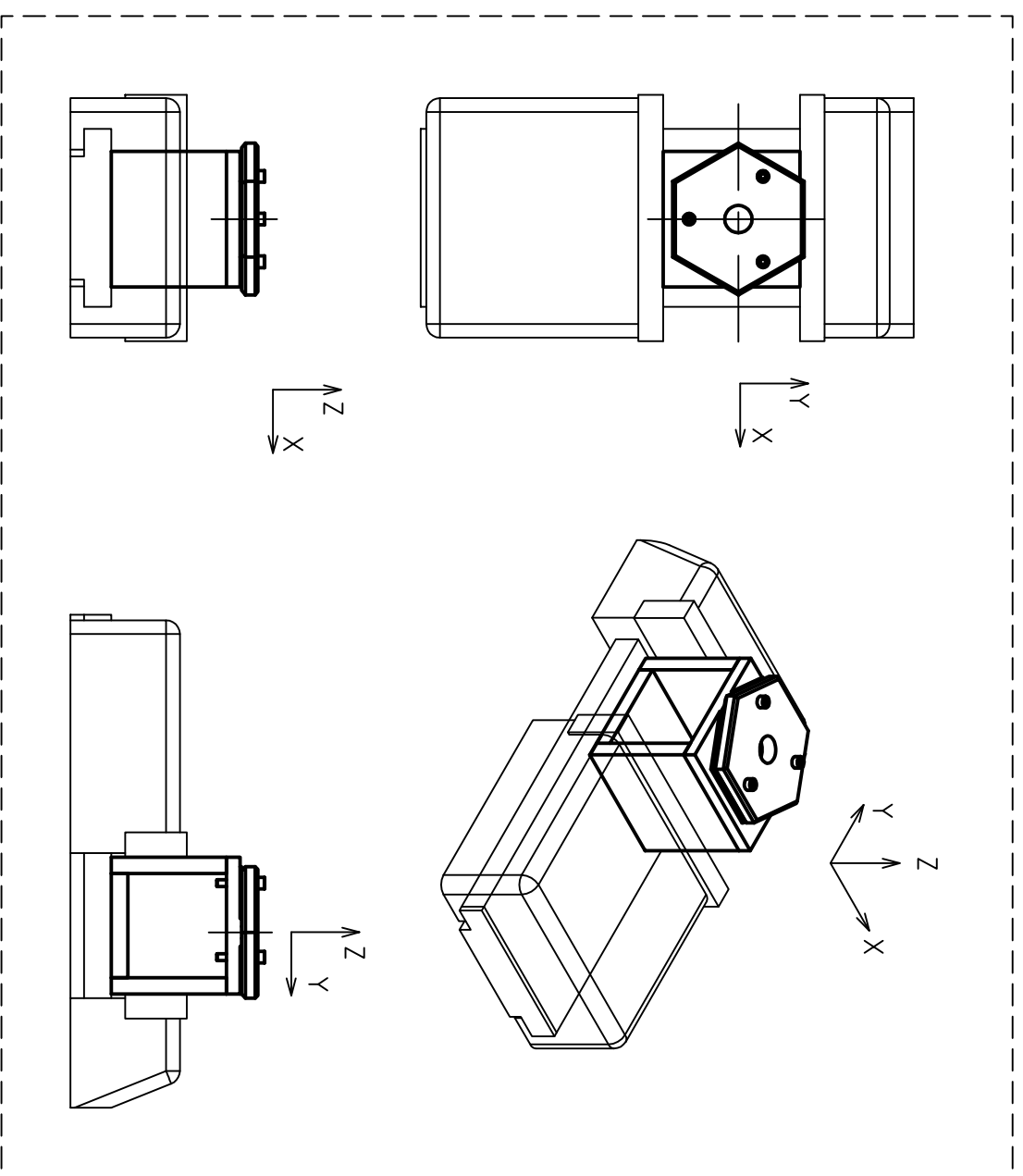
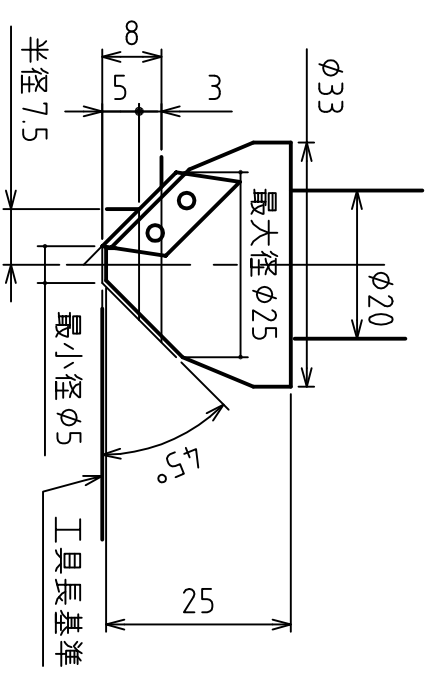
00001 (原点復帰)

01006 (輪郭軌跡)

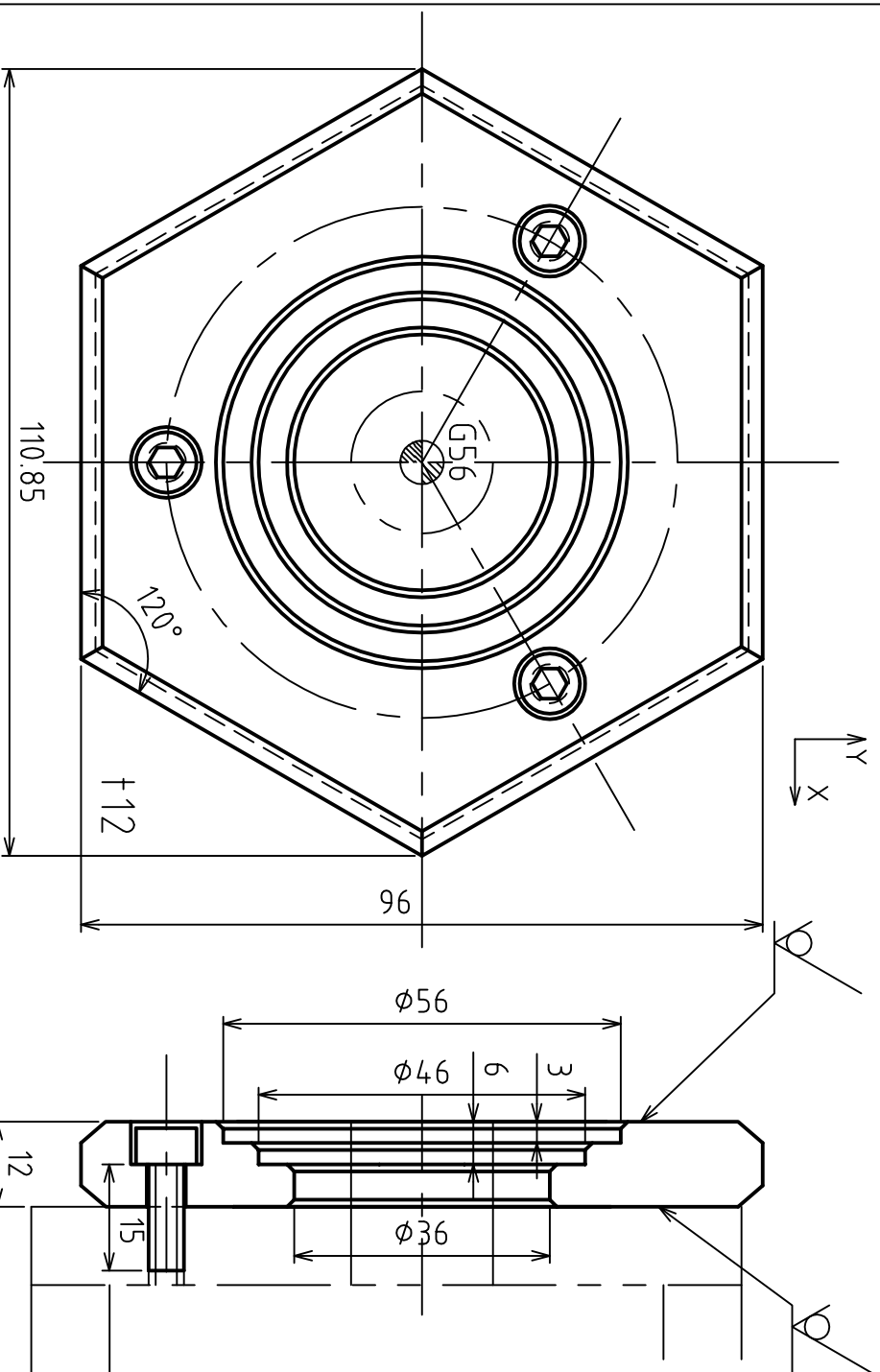
加工手順

- ①BIG Cカッター (T11, D31: 7.5)  
Z-6.8 (荒加工)  
Z-7. (仕上げ)  
(径補正を替えずに深さで荒・仕上げ)

参考 BIG Cカッター  
ST20-C0525C



# 工程5-1 エンドミルでのポケット加工 (表面加工 - 治具あり)



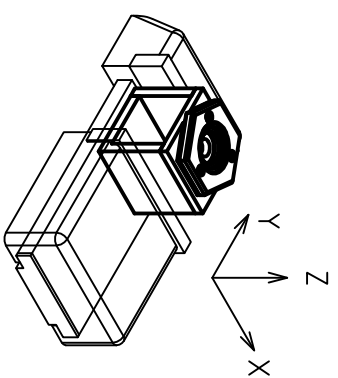
## 加工工程

表ポケット加工

- φ20ラウンドエンドミル (荒) (T10、D30: 10.2)
- Z-3. (底面は仕上げる)
- Z-6. (底面は仕上げる)
- Z-12.5 (貫通穴) (V15 F0.05 に下げる)
- φ20ラウンドエンドミル (仕上) (T01、D23: 10.0)
- Z-2.95 (底面逃げる)
- Z-5.95 (底面逃げる)
- Z-12.5 (貫通穴)

C1 面取加工

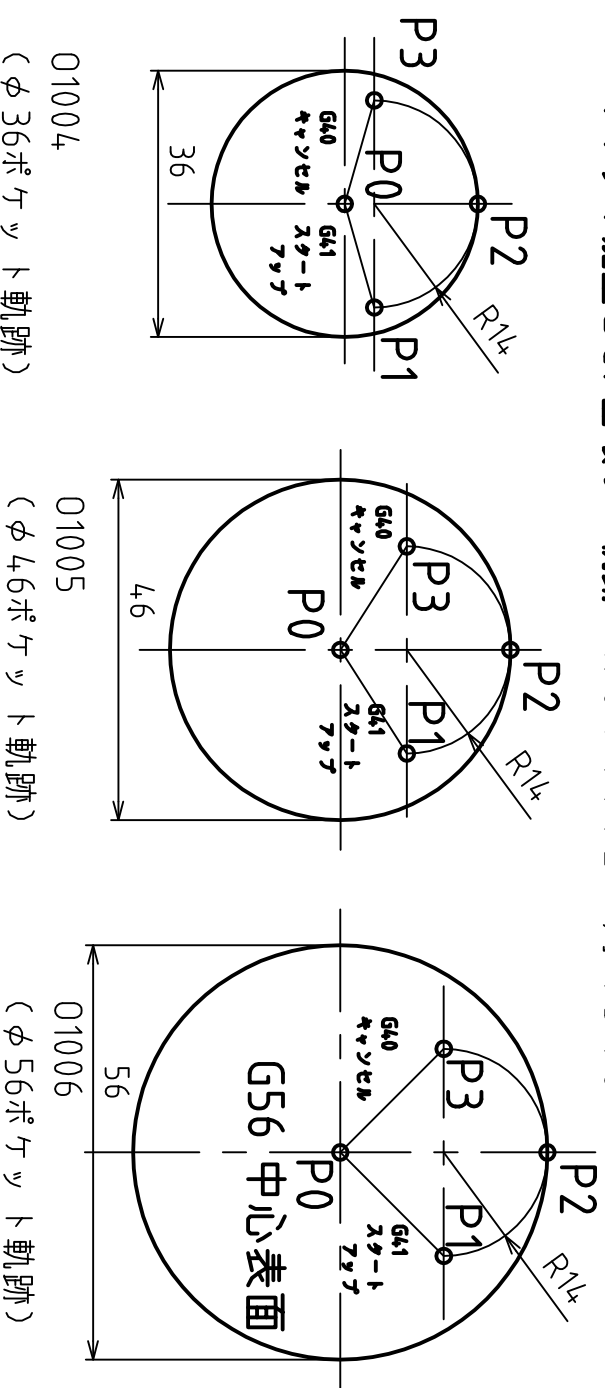
- BIG カッター (T11、D32: 3.5)**
- Z-2.
- Z-5.
- Z-8.
- (C1 は仕上げのみ)



ポケット部の  
指示なき面取りは全てC1

ポケット加工は  
深さZ-3.で  
サブプロ01004、01005、01006  
深さZ-6.で  
サブプロ01004、01005  
深さZ-12.5で  
サブプロ01004  
を加工する

## ポケット加工とC1面取り 軌跡 (P0-) P1-P2-1周-P3-P0



## プログラム (牧野NC用)

メイン

- 00010 (表ポケット加工-荒)      メイン
- 00011 (表ポケット加工-仕上)    00501 (表輪郭加工)
- 00012 (C1面取加工)

サブ

- 00001 (原点復帰)                  サブ
- 01004 (φ36ポケット軌跡)        00001 (原点復帰)
- 01005 (φ46ポケット軌跡)        01004 (φ36ポケット軌跡)
- 01006 (φ56ポケット軌跡)        01005 (φ46ポケット軌跡)

## プログラム (日立MC用)

メイン

- 00010 (表ポケット加工-荒)      サブ
- 00011 (表ポケット加工-仕上)    00501 (表輪郭加工)
- 00012 (C1面取加工)

サブ

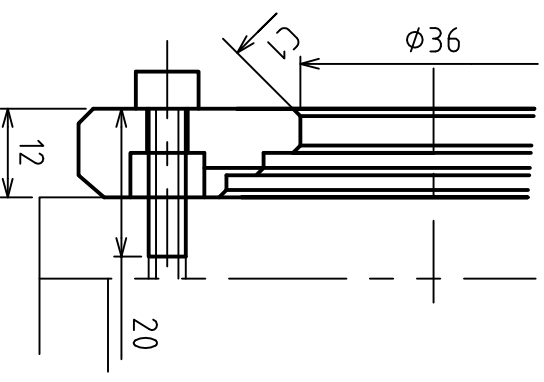
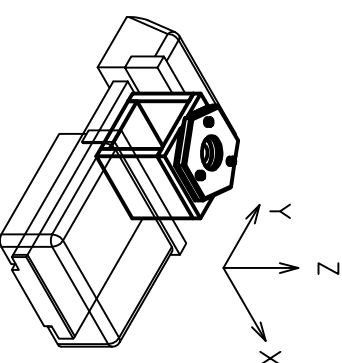
- 00001 (原点復帰)                  サブ
- 01004 (φ36ポケット軌跡)        00001 (原点復帰)
- 01005 (φ46ポケット軌跡)        01004 (φ36ポケット軌跡)
- 01006 (φ56ポケット軌跡)        01005 (φ46ポケット軌跡)

## 工程5-2 エンドミルでのポケット加工 (裏面加工 - 治具あり)

### プログラム番号 (日立MC用と牧野NC用 同じ番号)

メイン

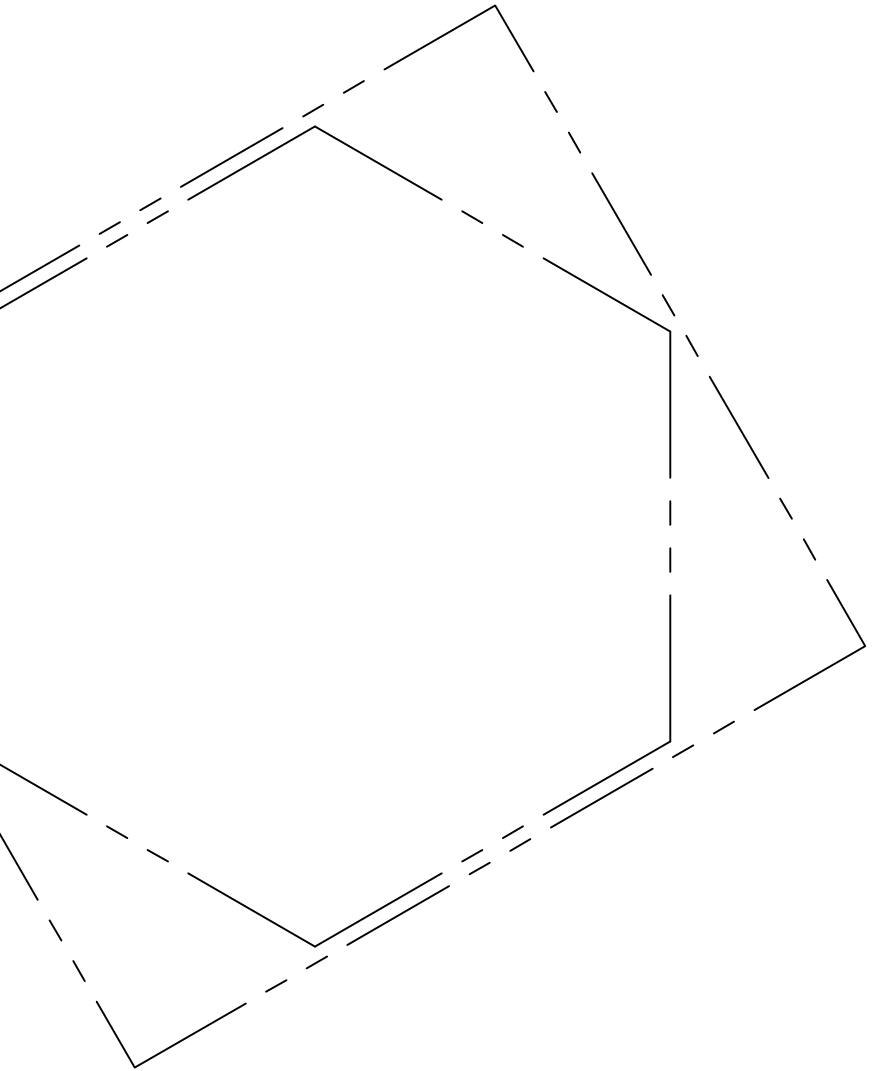
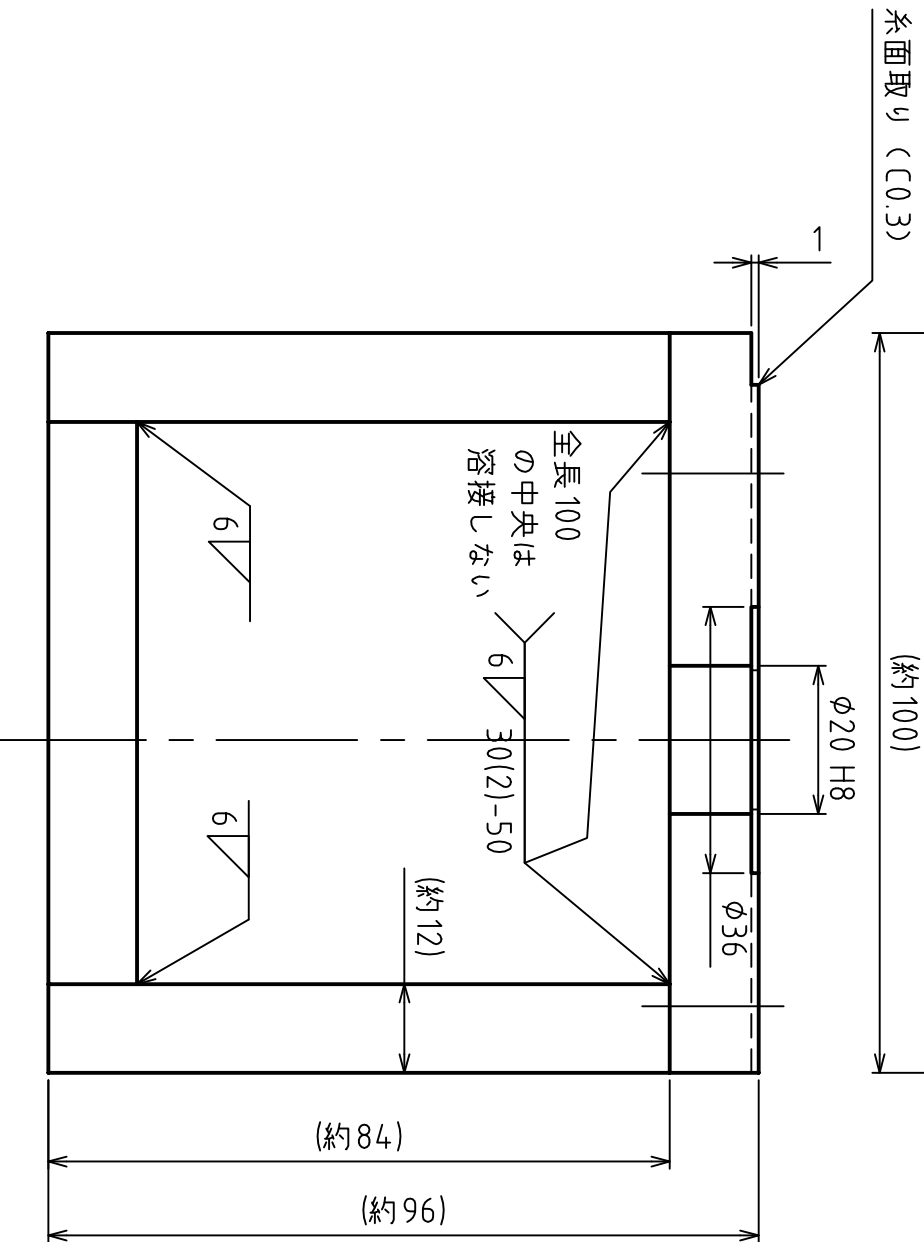
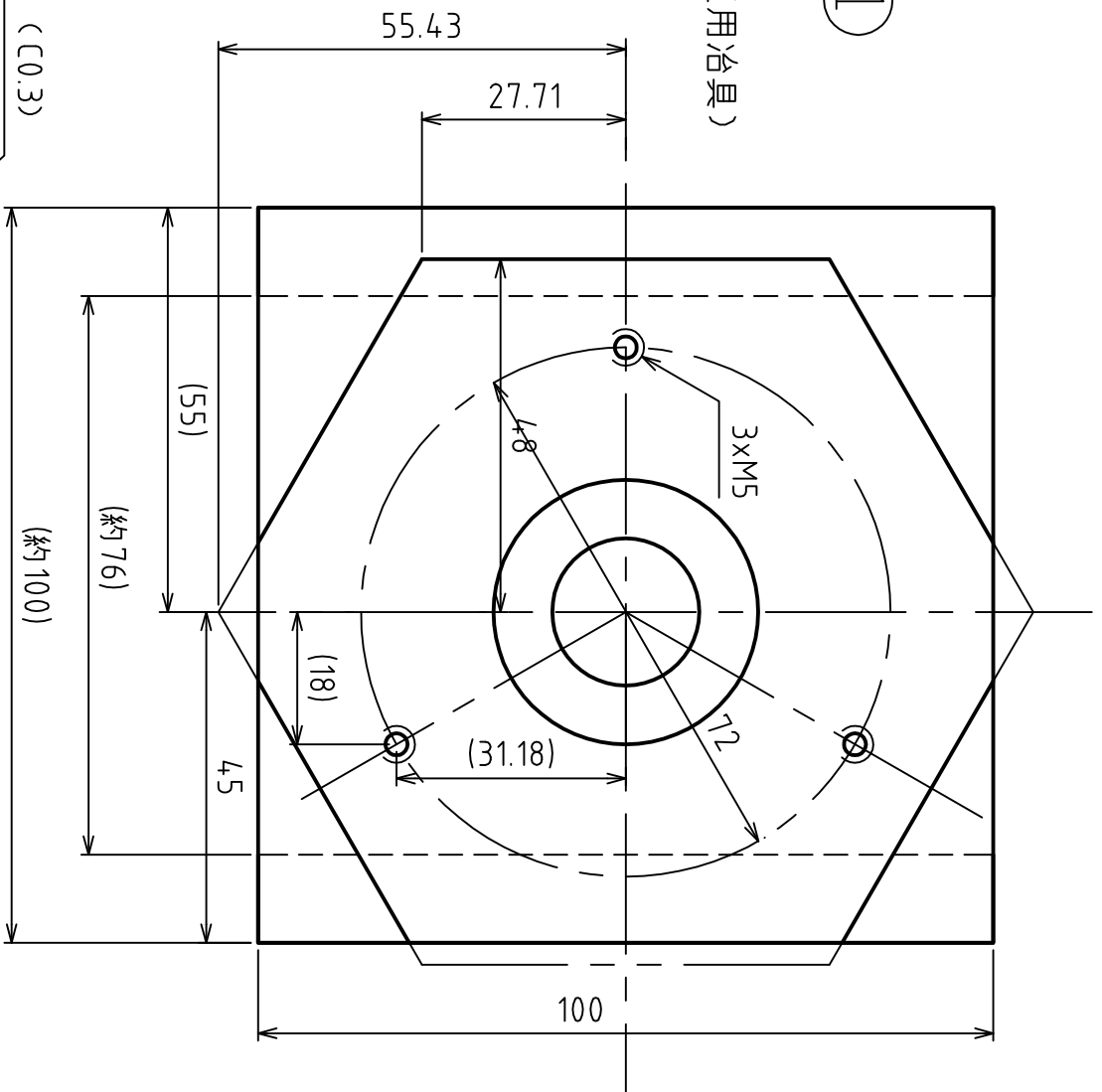
- 00502 (C1面取加工)
- (C1 は仕上げのみZ-2.)
- サブ
- 00001 (原点復帰)
- 01004 (φ36ポケット軌跡)



1 2 3 4 5 6 7 8

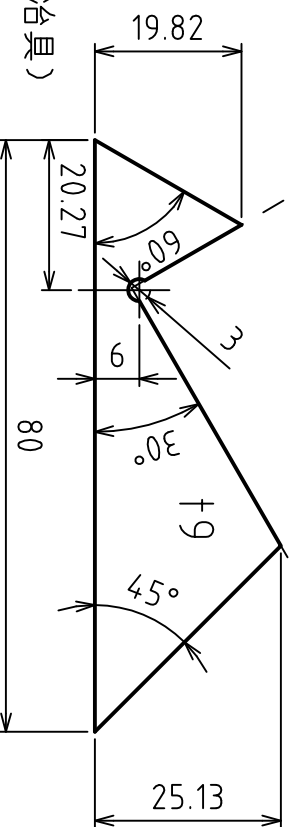
# 治具①

(部品 1  
仕上加工用治具)



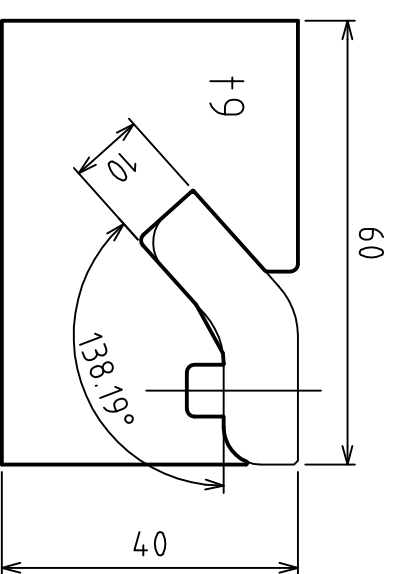
# 治具②

(部品 1  
六角形荒加工用治具)



# 治具③

(部品 2 穴加工用治具)



<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 2014 (治具)</p>	
<p>校名</p> <p>北海道立 北見高等技術専門学校</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 2014 (治具)</p>
<p>学年</p> <p>2014/05/01</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 2014-0001-0002</p>
<p>科目</p> <p>0000/00/00</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 2014-0001-0002</p>
<p>校種</p> <p>0000/00/00</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>
<p>実施</p> <p>0000/00/00</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>
<p>公差</p> <p>JIS B 0024</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>
<p>規格</p> <p>JIS B 0419-K</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>
<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>	<p>製法</p> <p>NCプログラミング課題 (切頂二十面体)</p>

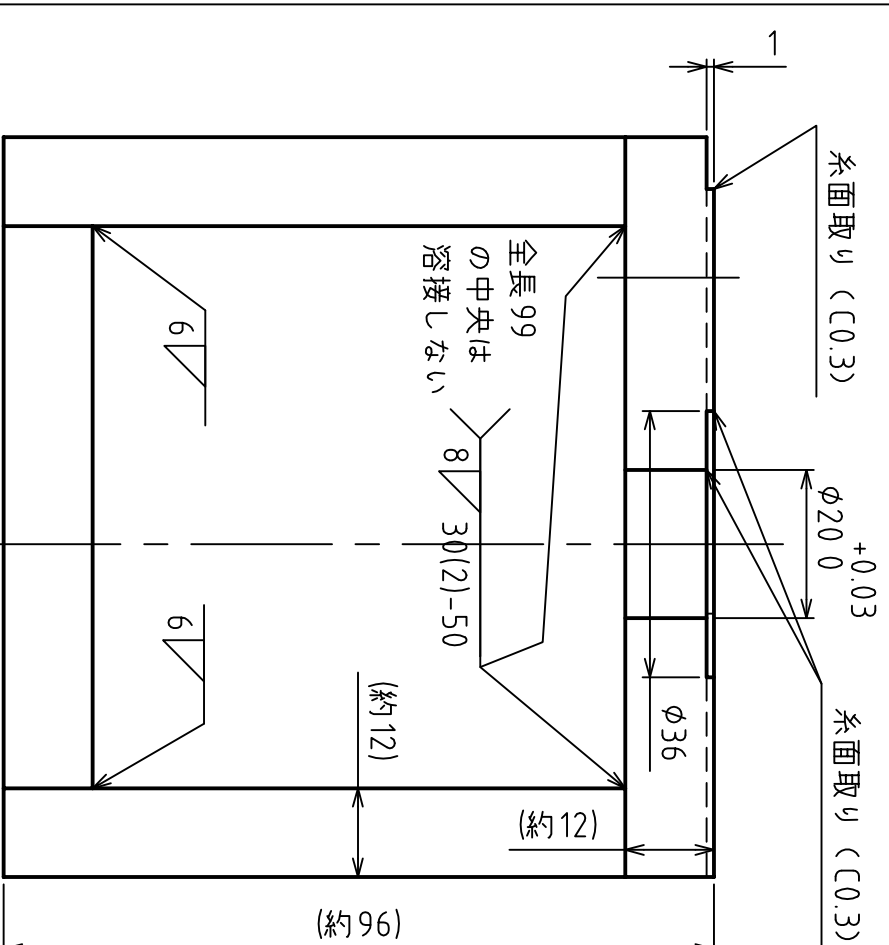
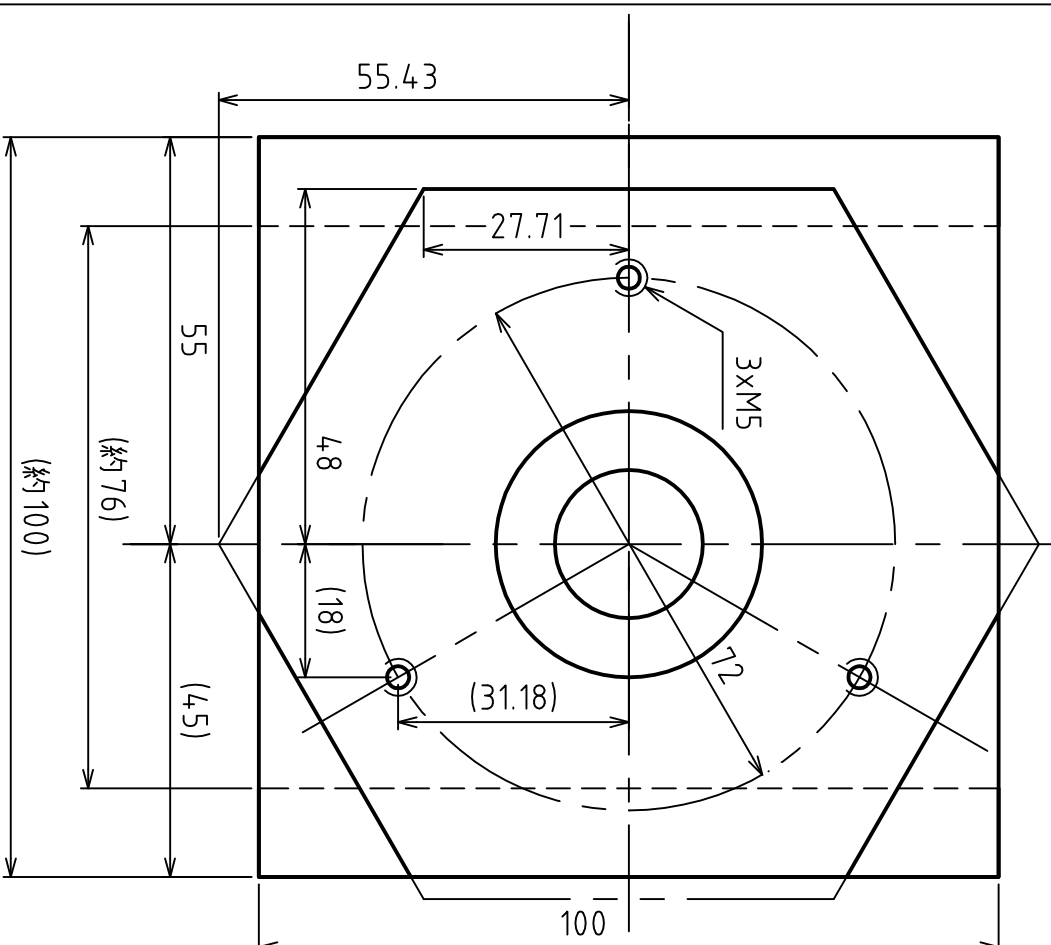
1 2 3 4

5

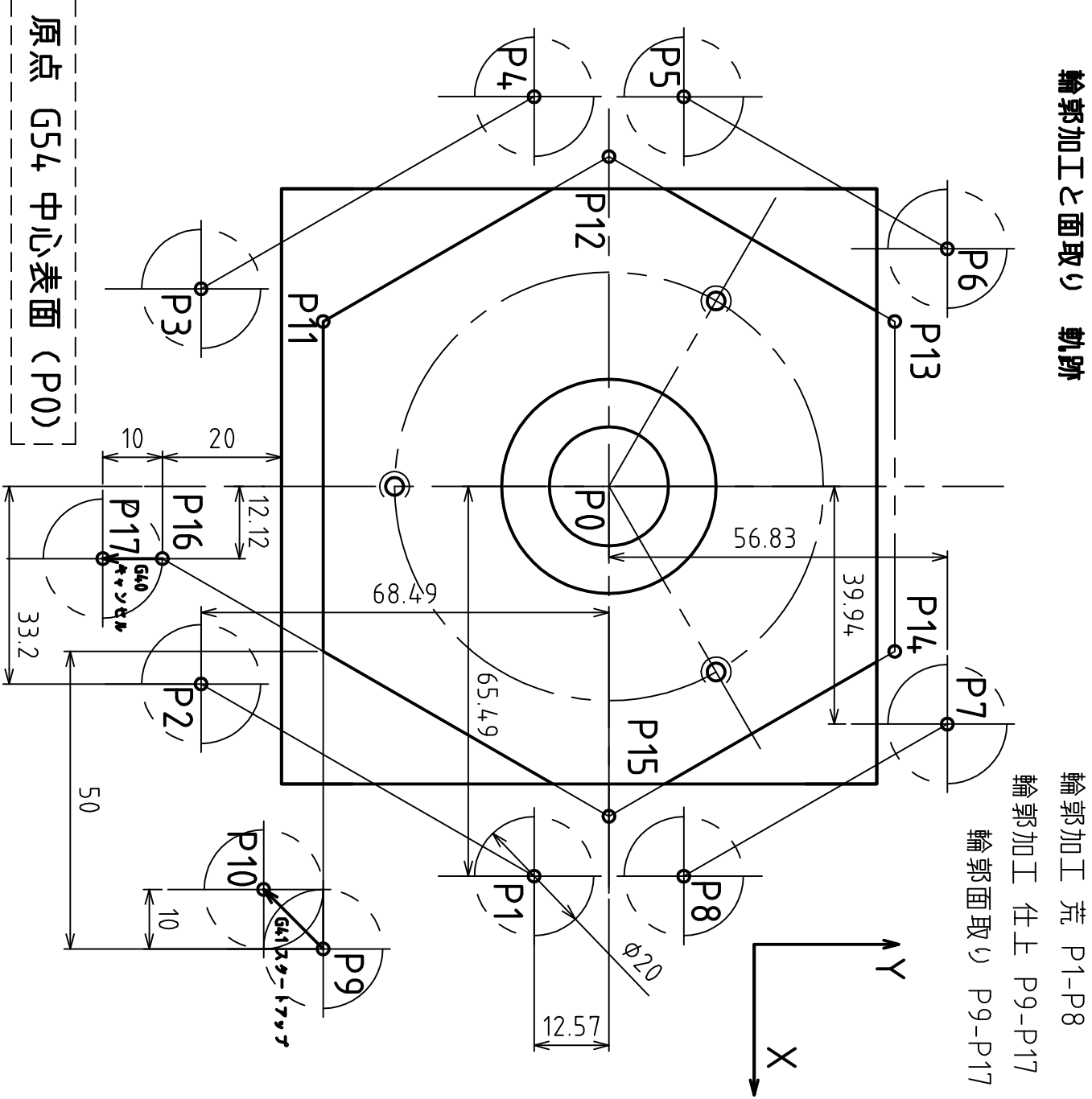
E D C B A

**加工工程**

- 穴加工
  - φ3センチ (穴4つ)
  - φ4.2ドリル (穴4つ)
  - φ13ドリル (中心) 手送り
  - φ19.5ドリル (中心) 手送り
  - φ20ミル (中心)
- ポケット加工 - 深さ1mm
  - φ20ミル (荒) Z-1.
  - φ20ミル (仕上) Z-0.95
- 輪郭加工 - 深さ1mm
  - φ20ミル (荒) Z-1.
  - φ20ミル (仕上) Z-0.95
- C0.3面取り加工
  - 面取り (ポケットφ36)
  - 面取り (φ20)
  - 面取り (輪郭)
- ネジ立て
  - M5 (深さ-5.) + 手仕上
- テロゲラム
- メイスン 03000
- N01 (センチタ穴) 03001
- N02 (φ4.2穴) 03001
- φ13とφ19.5は  
手動加工する
- N03 (φ20ミル)
  - φ20穴仕上 G81
- ポケット×2 03002
  - 輪郭 荒 03004
  - 輪郭 仕上げ×2 03005
- N04 (面取り)
  - φ36面取り 03002
  - φ20面取り 03003
  - 輪郭加工の面取 03005
- サジ
  - 03001 (4つ穴位置)
  - 03002 (φ36タ穴、面取り)
  - 03003 (φ20面取り)
  - 03004 (輪郭加工 荒)
  - 03005 (輪郭加工 仕上)

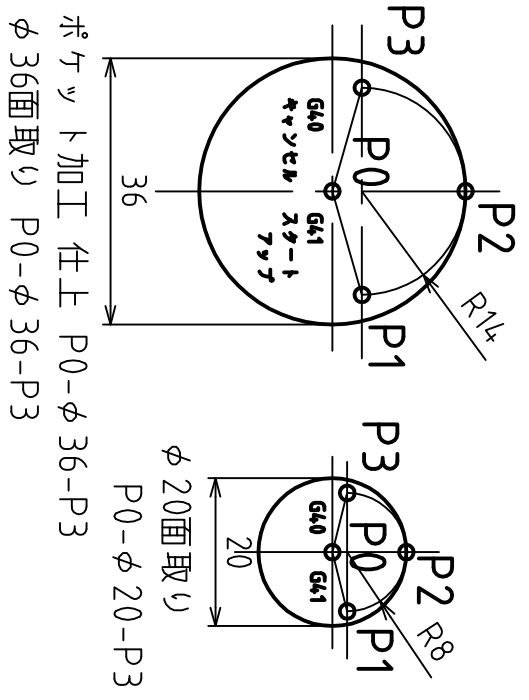


**輪郭加工と面取り 軌跡**



輪郭加工 荒 P1-P8  
輪郭加工 仕上 P9-P17  
輪郭面取り P9-P17

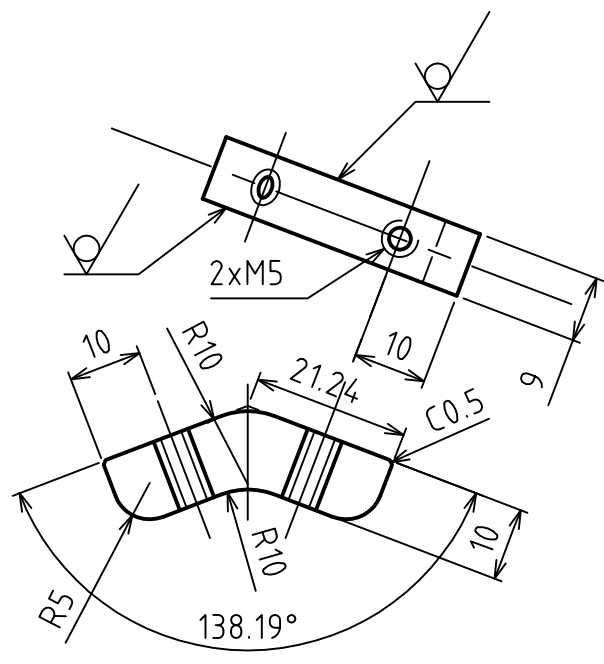
**ポケット加工と面取り 軌跡**



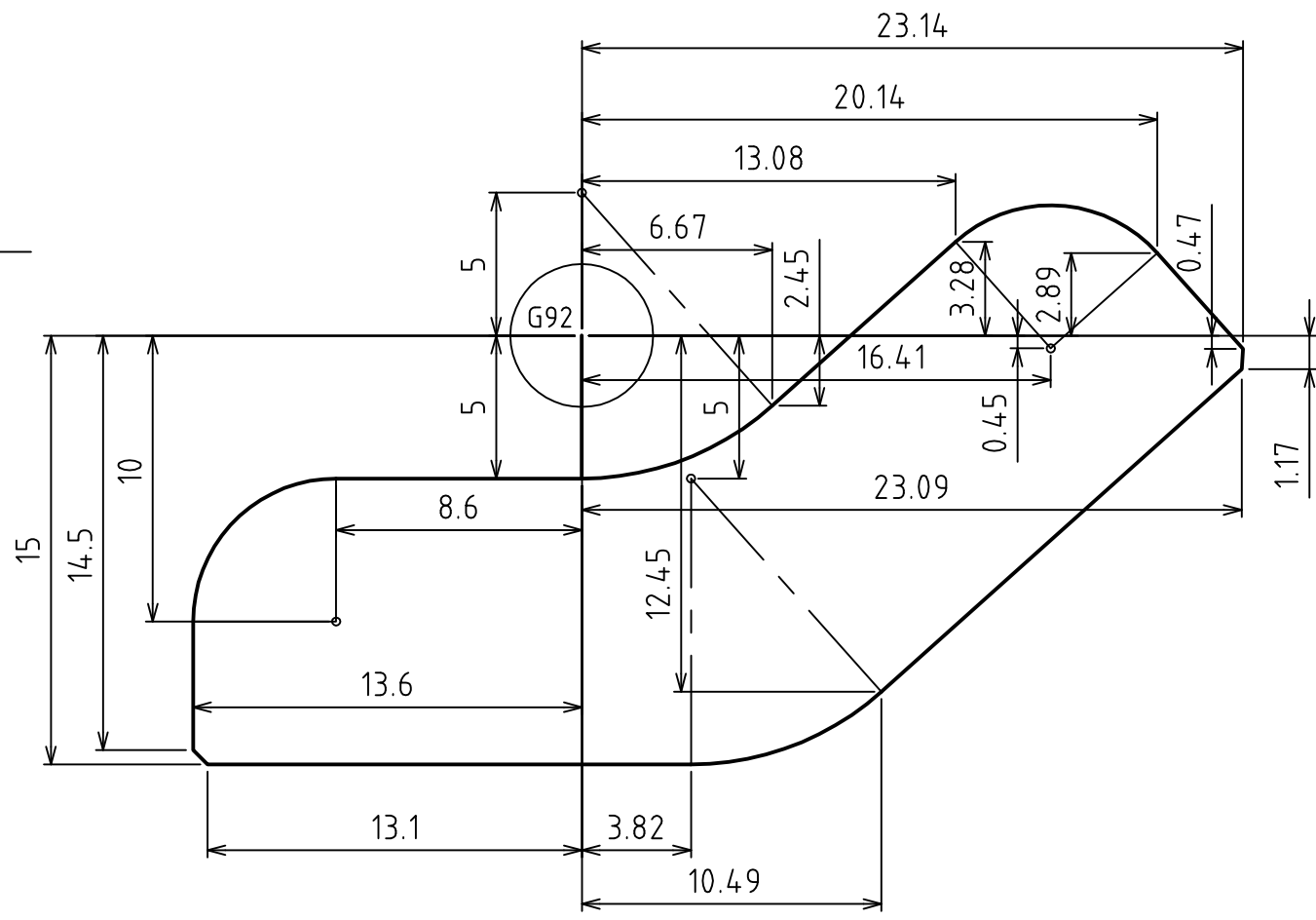
**工具 (加工条件)**

- φ20エンドミル H01 (= 0 基準工具)
- 荒 : D22 (10.1) 仕上 : D23 (10.)
- 穴 R3.1 荒 仕上
- V15 V20 V40
- f0.05 f0.1 f0.05
- φ3センチ V10 f0.1 Z-5. R3. H02
- φ4.2ドリル V15 f0.1 R3. H03
- 面取り V20 f0.1 2刃 D24 H04 (D24:補正量0.6)
- M5タツジ S300 Z-5. R12. H05
- φ13ドリル 手動送りで加工
- φ19.5ドリル 手動送りで加工

2

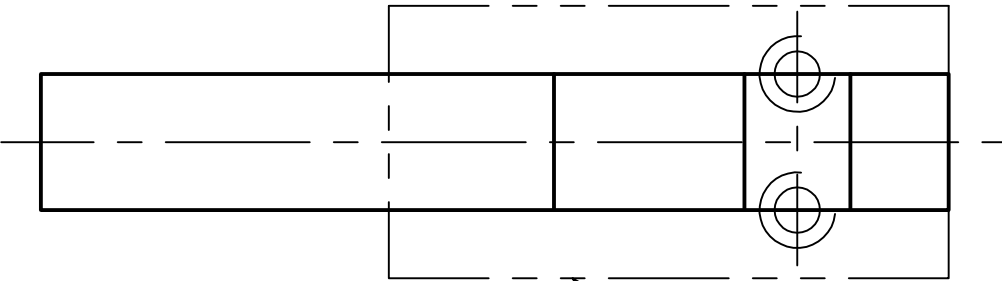


%  
M00  
M80  
M82  
M84  
M90  
G90  
E111(T10-APPROACH CAT)  
H2(0.123 OFFSET)  
G92X0Y0  
G42G01Y-5.  
E112(T20-FIRST CAT)  
X-8.6  
G03X-13.6Y-10.J-5.  
G01Y-14.5  
:  
考えましょう:  
:  
G02X0Y-5.I-6.67J7.45  
M81  
M02  
%

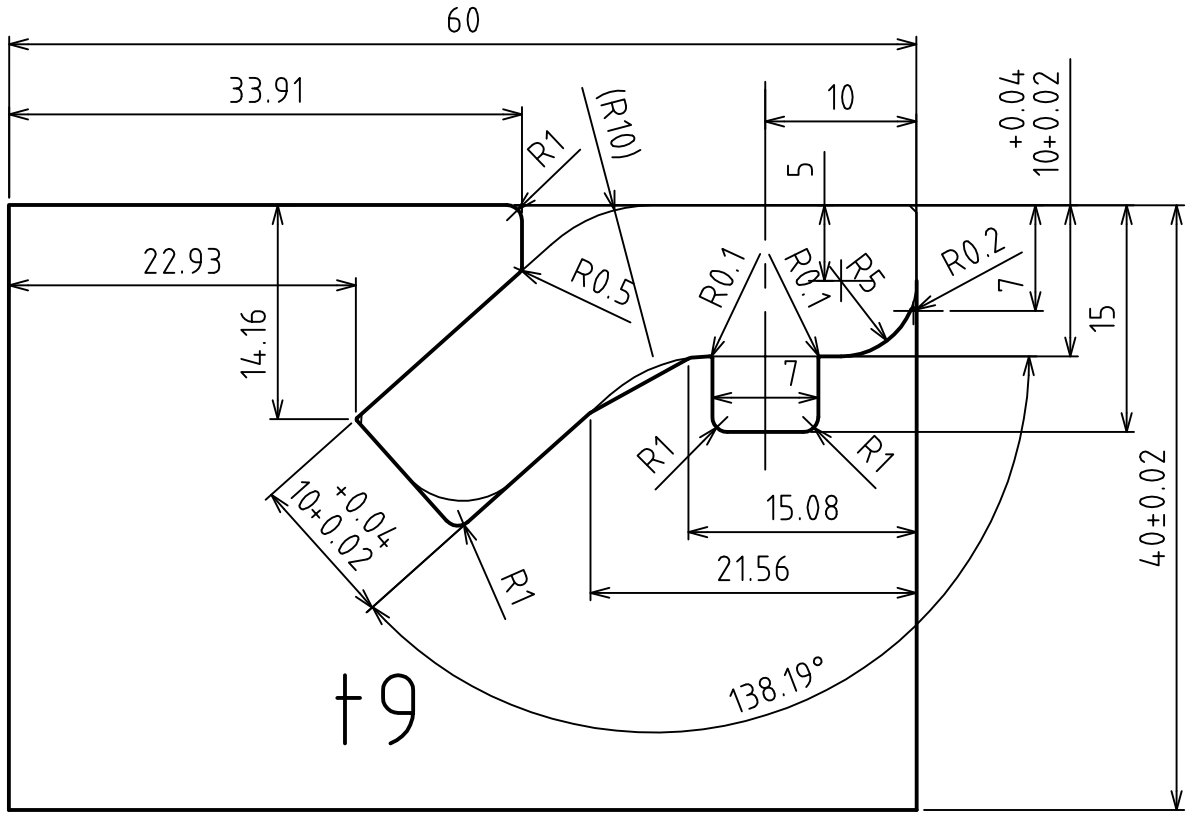


図番		日付		備考		北海道立 北見高等技術専門学院	
△						図名:	加工部品 ②ワイヤカットプログラム
△						図番:	2014-0002-0002
△						ファイル名:	20menPart01
△							A4
	氏名	印	日付				第三角法
作図	○○○						
検図	△△△						
承認	◇◇◇						
公差表示方式 JIS B 0024		材質: SS400		重量 (Kg): 0000		個数: 1	尺度: 1:1
普通公差 JIS B 0419-FH							

3



治具③の使用方法  
 部品②を2つ重ねてバイスで挟み  
 M5の加工を2か所する



<table border="1"> <tr> <th>図番</th> <th>日付</th> <th>備考</th> </tr> <tr> <td>△</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>△</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>△</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>△</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		図番	日付	備考	△			△			△			△			北海道立 北見高等技術専門学院 図名: 治具③	
図番	日付	備考																
△																		
△																		
△																		
△																		
<table border="1"> <tr> <th>氏名</th> <th>印</th> <th>日付</th> </tr> <tr> <td>作図 ○○○</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>検図 △△△</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>承認 ◇◇◇</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		氏名	印	日付	作図 ○○○			検図 △△△			承認 ◇◇◇			図番: 2014-0002-0003 ファイル名: 20menPart01				
氏名	印	日付																
作図 ○○○																		
検図 △△△																		
承認 ◇◇◇																		
公差表示方式 JIS B 0024 普通公差 JIS B 0419-FH		材質: SS400 重量 (Kg): 0000																
1		版数: 1 尺度: 2:1 A4 第三角法																

