

(2)知能機械システム工学実験・実習 I (加工学：切削加工，塑性加工)

[1] 学習内容

- ・機械加工概要（機械加工とは？）
- ・加工技術の現状（機械加工および塑性加工の重要性）
- ・コンピュータ支援によるものづくり（CAD，CAM，CAE）
- ・切削加工による型作り
- ・押出し加工

[2] 機械加工とは

『機械加工』には，狭義と広義がある．

・狭義

切削・研削 切ったり，削ったり，研磨をしたりする加工

・広義

- **注入加工** 鋳造（金属），ダイカスト（型内鋳造），射出成形（プラスチック型内成形）
- **塑性加工** 素材を変形させて作る加工
圧延，鍛造，押出し，引き抜き，板成形（曲げ，絞り．．．），せん断
- **除去加工** 素材から削り出して作る加工
切削，研削，放電加工，ビーム加工，溶断など
- **接合** 部材同士をつなぎ合わせて作る加工
溶接，ろう付け，圧接，圧着，レーザー・ビーム溶接

日本は，ものづくりの国であり，機械工作機械製造や金型製造の高度な技術を保有し，それによりいい部品を加工し，組み立てて製品として出荷している．より安く，より良い部品を作るには，以下のことを考える必要がある．工作機械や金型，構造用部品の設計は機械系の役割であり，下記の項目は機械系学生が学ぶべき科目である．

➤ 材料の選択

性能を満たし，安い材料はどれか？リサイクル性はあるか？

鉄鋼材料（炭素鋼，特殊鋼），非鉄金属材料（アルミ合金，銅合金，マグネシウム合金，チタン合金），樹脂（熱硬化性樹脂，熱可塑性樹脂，エンジニアリングプラスチック），セラミック（金属の酸化物，窒化物，炭化物）

⇒ 2 年生前期開講の『機械材料』にて詳細に学ぶ．

➤ 加工法の選択

安く，必要な数量を，要求された時間内で作るにはどれがいいのか？

⇒ 2 年生前期開講の『基礎加工学』にて学ぶ．さらに，可能なら『塑性加工』『精密加工』にて学ぶ．

今回の実験では，まず加工について実習するため，切削加工による型製作と押出し加工による半円丸棒の縮径を行う．現在の加工で必須となっているコンピュータ支援設計（CAD：Computer Aided Design），モデリング・製造（CAM：Computer Aided Manufacturing），支援工学（CAE：Computer Aided Engineering）の流れを体験する．

[3] CAD, CAM, CAE とは？

・CAD

計算機の発達により、手作業による製図からコンピュータ上で製図を行うように変遷してきた。近年では2次元(2D-CAD)だけでなく、3次元(3D-CAD)が多く使われるようになっている。線データの取扱いから面データの取扱いへと幾何計算技術が発達してきただけでなく、以前は2次元版CAMしかなく、3次元形状の加工機に直接データを伝達できなかつたため、3D-CADのメリットがあまりなく、3D-CADの使用は少なかった。しかし、現在はこれらが改善し、いきなり3次元のみで行われることも増えている。手書きに対し、コンピュータ上では修正が容易であり、CADの電子データを3次元加工機を動かす3D-CAMやCAEにそのまま送ることができる。

ただし、今でも2次元は製図の基本であり、印刷物で打ち合わせることが多いため、2次元製図は重要である。製図の記号や描き方はJIS(日本工業規格)に定められており、機械系卒業生には製図を読み取る能力が求められる。

⇒1年生後期開講の『2次元製図』にて学ぶ。

・CAM

加工機(特に機械工作機械)に、電子データを入力するとその通りに加工してくれる。CADデータを使用时、形状に合わせて切削・研削するための工具経路(ツールパス)を作製する。被加工材やドリル、エンドミルなどの工具の材質に合わせ、加工のための条件(ドリルの種類、ドリルや材料の移動速度・回転速度、移動経路、一度に削る深さなど)を入力する必要がある、そのための基礎知識が必要となる。

⇒2年生前期開講の『基礎加工学』で学ぶ。

・CAE

素材に加工を施す時、もしくは製品を使用する時に、要求された形状に変形できるかどうか、力がかかって素材や金型、部品が壊れたりしないのかをコンピュータ上にて数値計算し、モニターにてシミュレーション(模擬試験)結果として確認ができる。実際に作ってからでは、費用(コスト)がかかるため、前もってシミュレーションにて試行錯誤を軽減するのが目的である。

⇒3年生前期開講の『構造解析』にて学ぶ。

[4] 機械加工の実習

・CAD

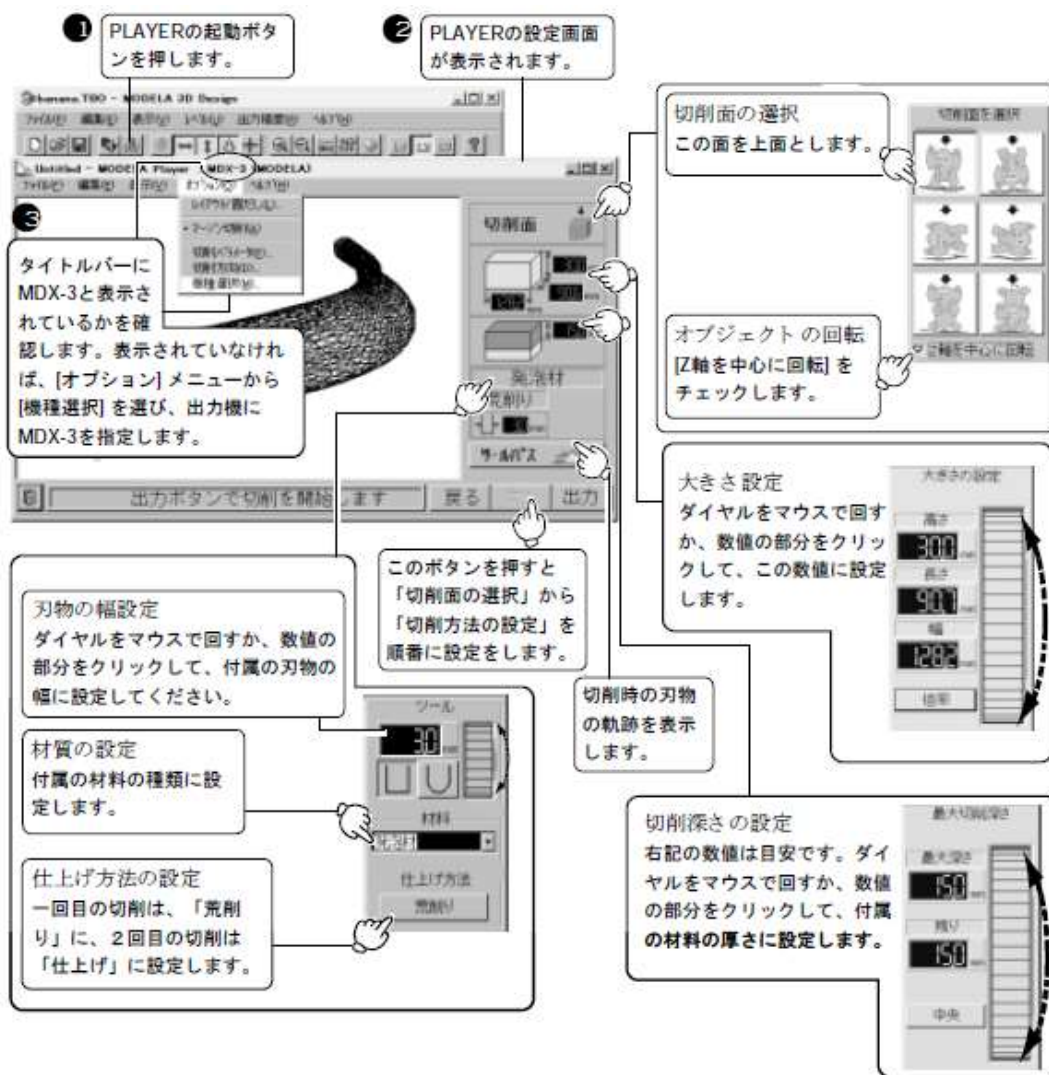
『2次元製図』の講義では、手書き製図にてJIS規格を理解するとともに、センターPCにインストールしてある市販品の『SolidWorks』を使ってCADの実習をするが、ソフトの使い方には少し時間を要するため、本実習では担当教員が、他のCADソフトにて手順だけを説明する。

内容としては難しくなく、MS-PowerPoint同様、お絵かきをするものである。CADソフトは、製図が容易にできるよう、様々な機能が付いており、寸法を記入したりできる。描いた製図を電子ファイルに保存する。電子ファイルの中身の書式にはさまざまあり、ファイル拡張子として、『.dxf』、『.stl』などがある。今回は、『.stl』ファイルへの保存する。

• CAM

CAD で出力した電子ファイルを CAM ソフトで開き、そのデータを変換し、必要な加工条件を追加で入力して、NC (Numerical Control : 数値制御) 加工機に出力するデータに変換する。データには加工機の制御盤のメーカーによって多少異なる NC データや比較的汎用の G コード等がある。コンピュータと加工機の制御盤が電気ケーブルにて接続されており、CAM ソフトから加工機に出力することで動作する。制御盤に G コードなどを直接入力したり、PC を接続して CAM ソフトウェアから NC データもしくは G コードを流し込んだりする方法などがある。

今回は、ローランド製 NC フライス盤 CAMM-3 を使用し、Modeling WAX を削って押し出し用の型を成形する。フライス盤はエンドミルなどの刃物で材料を削って形状を作り込む工作機械である。ドリルは回転軸方向に孔を穿いていくのに対し、エンドミルは少しか掘り下げることができず、基本的に半径方向に移動しながら削っていくものである。NC フライス盤に接続されている PC 上で、CAM ソフトウェア『Model Player』を起動し、『.stl』ファイルを開き、加工条件を入力する。その後ソフトウェアで出力の操作を行うと、フライス盤で加工が始まる。

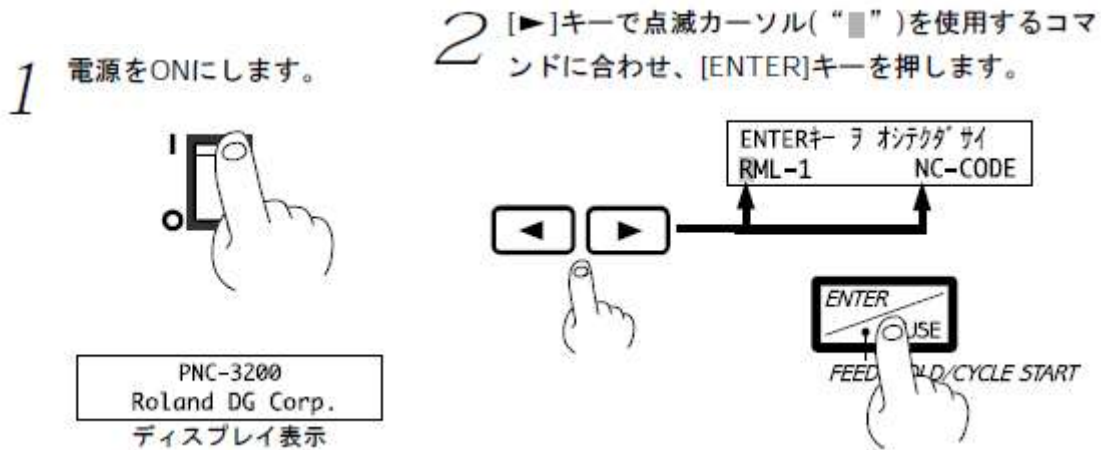


上記図の手順にしたがって入力する。実際の入力内容や手順は自らメモ書きすること。

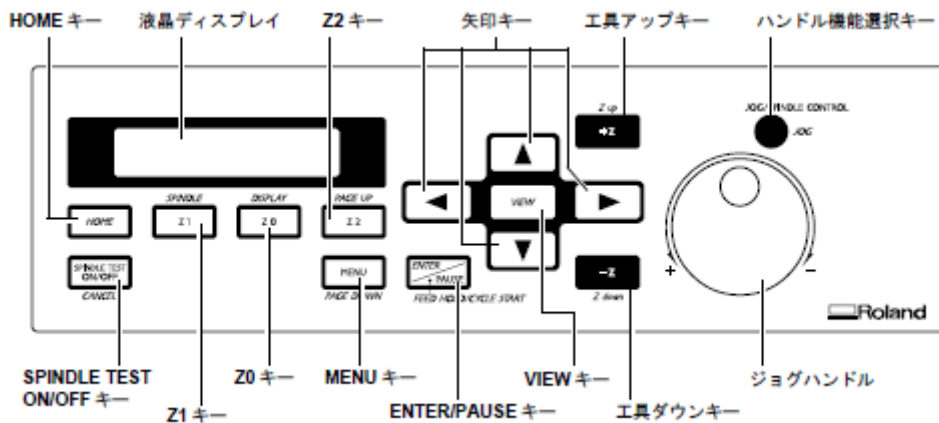
ソフトウェア上でツールパスが決定されたら、NCフライス盤側にて被加工材や初期のエンドミルの原点を設定する。

まず、被加工材であるモデリングワックス（青色の 50mm x 77mm x 37mm）のブロック）を Y 軸方向に縦長になるよう設置する。

今回の実験では、PC の CAM ソフトウェア上から NC データを送り、NC コード（G コード）を入力して作業するのではないので、『RML-1』を選択する。



以下の図で示す NC フライスの操作盤を使用して、設定する。



液晶ディスプレイ	PNC-3200の各種設定項目と選択肢(または数値)を表示します。エラーが発生したときは、エラーの内容を表示します。
矢印キー	キーの矢印の方向にXYテーブルが移動します。 液晶ディスプレイを使った各種設定(位置決めメニュー以外)の操作で、項目選択、他の選択肢の表示、数値の変更を行います。
工具アップキー	工具(刃物)をZ軸のプラス方向(上方向)に移動します。移動速度は一定です。
工具ダウンキー	工具(刃物)をZ軸のマイナス方向(下方向)に移動します。移動速度は一定です。
HOME キー	工具(刃物)を最上点まで上げ、現在のホームポジション(XY軸の原点)に工具(刃物)が移動します。
Z0 キー	現在のZ軸の原点に工具(刃物)が移動します。
Z1 キー	スピンドルが回転し、現在のツールダウン位置に工具(刃物)が移動します。スピンドルスイッチがOFFになっていると、スピンドルの回転、工具の移動はしません。
Z2 キー	現在のツールアップ位置に工具(刃物)が移動します。

MENU キー	液晶ディスプレイのメニュー送りをします。(パネル表示を変える。)
ENTER/PAUSE キー	液晶ディスプレイを使った各種設定の操作で、設定した値および選択技を確定します。加工動作中に押すと一時停止(ポーズ)します。
SPINDLE TEST ON/OFF キー	スピンドルの回転/停止をします。回転させるには、キーを1秒以上押し続けてください。スピンドルスイッチがOFFになっていると、スピンドルは回転しません。
VIEW キー	工具(刃物)を最上点まで上げ、XYテーブルを左手前に移動します。
ジョグハンドル	XYテーブル、工具の微小移動(0.01 mm単位)とスピンドルモータの回転数を設定します。
ハンドル機能選択キー	液晶ディスプレイを使って、ジョグハンドルの機能を選択します。

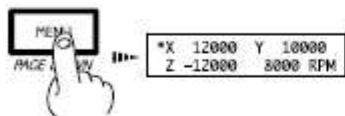
1. まず、X、Y座標の原点を設定する。装置起動時にXYテーブルは装置の原点(絶対座標)に復帰するが、加工の際には材料の原点(相対座標)に設定する必要がある。CADソフトウェアからの座標は相対座標になっている。材料の左手前を原点とする。(X軸は左側が正方向、Y軸は奥行きが正方向)

ホームポジションの設定

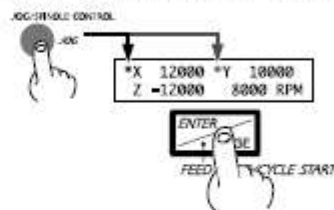
ホームポジションはXY方向の原点です。通常は、固定した材料の左手前の隅に設定します。ここでは、材料の左手前の隅にホームポジションを設定する方法について説明します。

電源をONにした直後は、電源OFF前のホームポジション位置が記憶されています。

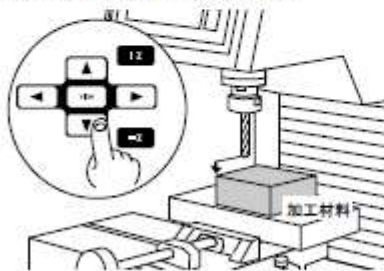
- 1 [MENU]キーを押して、ディスプレイを下記の表示にします。



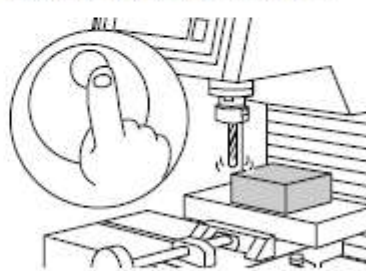
- 2 ハンドル機能選択キーで画面の“*”を“X”または“Y”に合わせ、[ENTER]キーを押します。



- 3 矢印キーと工具アップダウンキーで、工具を加工材料の左手前近くまで移動します。



- 4 ハンドル機能選択キーとジョグハンドルを使い、加工材料の左手前に工具を合わせます。

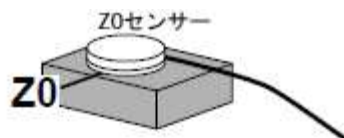


- 5 [ENTER]キーを押します。

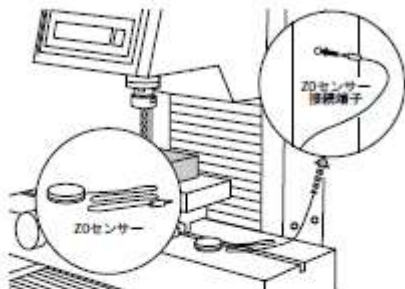


2. z軸の原点を設定する. X, Y軸と同様に, 材料の上面を原点とする相対座標がCAMソフトウェアからの座標となる. 鉛直上側がZ軸の正方向となる.

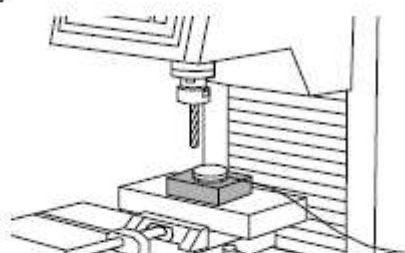
付属のZ0センサーを使って, 加工材料の表面にZ0点を設定します. Z0点とする場所にZ0センサーを置き, Z0点を設定します.



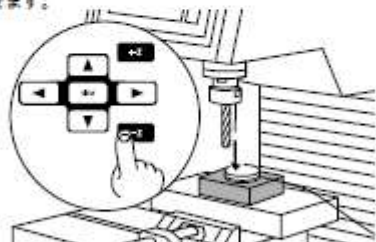
1 Z0センサーを取り付けます.



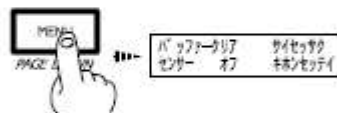
2 Z0センサーを加工材料の上に置きます.



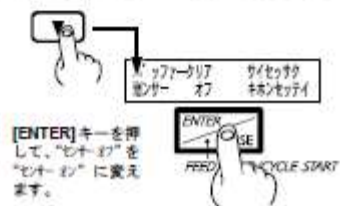
3 矢印キーと工具アップダウンキーで, 工具の先端をZ0センサーの上面2~3 mmの位置まで移動させます.



4 [MENU]キーを押して, ディスプレイを下図の表示にします.



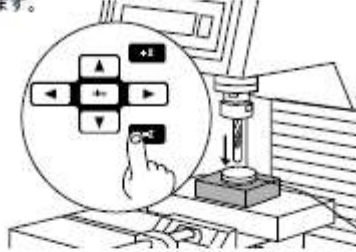
5 [▼]キーを押して, 点滅カーソル("||")を"セン"に合わせ, [ENTER]キーを押します.



6 ディスプレイが下図の表示に変わります.

*X	2800	Y	1000
Z	0	SPIN	8000 RPM

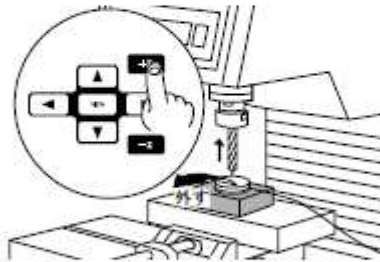
7 工具ダウンキーで、工具の先端をZ0センサーに当てます。工具がZ0センサーに触れると止まります。



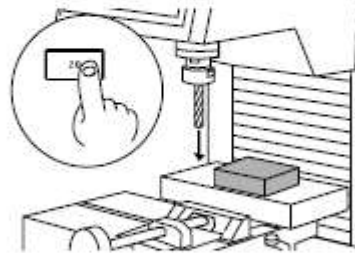
8 ディスプレイが下記の表示に変わります。

スピンドルがZ0センサーより、Z0まで下がります。

9 工具アップキーで工具を上げ、Z0センサーを取り除きます。



10 [Z0]キーを押します。自動的に工具がZ0の位置まで下がり、Z0が設定されます。



- 手順9で材料上から取り除いたZ0センサーは、動作範囲外に置いてください。XYテーブル動作時にケーブルが引っかかり、センサーを破壊することがあります。
- 手順10で工具がZ0位置まで下がったとき、工具が材料表面に触れて傷を付けることがあります。材料の表面を傷付けたくないときは、[Z0]キーを押す前に、矢印キーで工具を材料の上から逃がしてください。

3. スピンドルの回転

NCフライス盤上面パネルにスピンドルの回転スイッチがあり、これを入れて回転させる。このとき工具（エンドミル）が触れておれば取り付けなおす。（直径 $\phi 0.1 \sim 1\text{mm}$ のドリルを使用した微細加工では、CCDカメラで拡大し、振れを極度まで減らし、ドリルが折れないようにして加工することもある。）

最後に、CAMソフト上から出力すれば、自動で加工が開始する。今回の実習では、荒加工の後、仕上げ加工がある。

[5] 塑性加工（押し出し加工）

機械加工で作製した押し出し型を使って、押し出し加工の様子を観察する。素材には半円柱のクレイモデル（粘土）を使用し、縦断面には油性インクにて格子を描く。それを型に入れ、後方をパンチにて押し、透明のアクリル板を通してその変形の様子を観察する。

同じモデルのコンピュータシミュレーション結果と比較する。