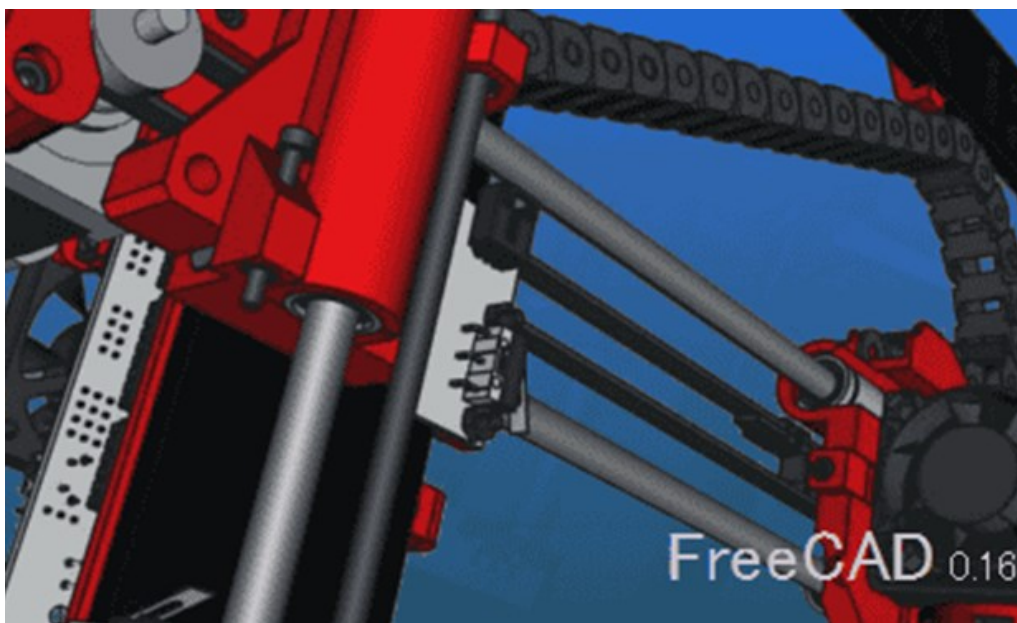


FreeCAD(ver.0.16)を用いた 鋳造用模型の製図マニュアル



注意!!

この教材は鋳造用模型の製作を行うことで CAD 製図を体験させることを目的としたもので、模型の強度計算等を用いた設計を行わずに、鋳造への理解を深めることや鋳造実習を通してエンジニアリングの仕事のイメージをつかむことに注力した教材です。

本研究は神戸高専機械工学科早稲田研究室の卒研メンバー(学生)によって開発されています。

2017 Waseda Lab.

目次

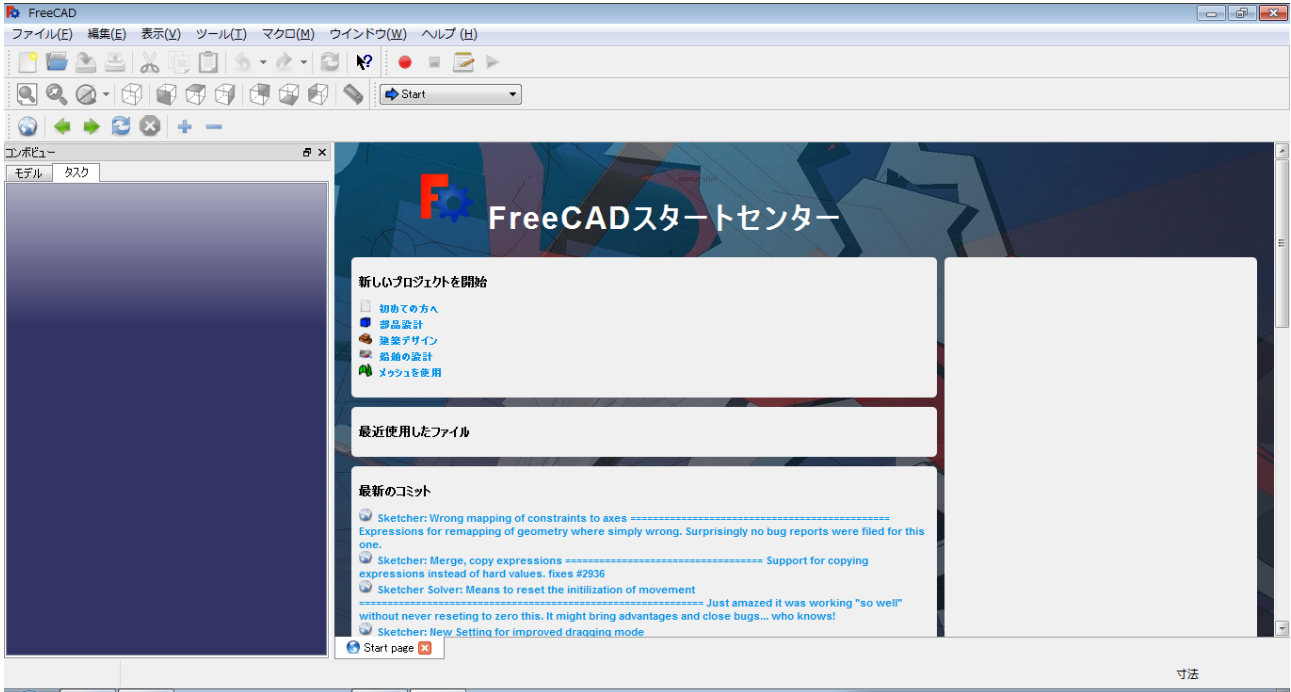
1. CAD 設計が行えるまでの手順	1
2. 基本操作	4
3. 軸受模型の設計	19
4. 課題品(C型クランプ)模型の設計	62
5. stl 形式へのエクスポートおよび スライサーソフトの使用方法	98
付録 FreeCAD のダウンロードおよび インストールについて	109
謝辞	112

1. CAD 設計が行えるまでの手順

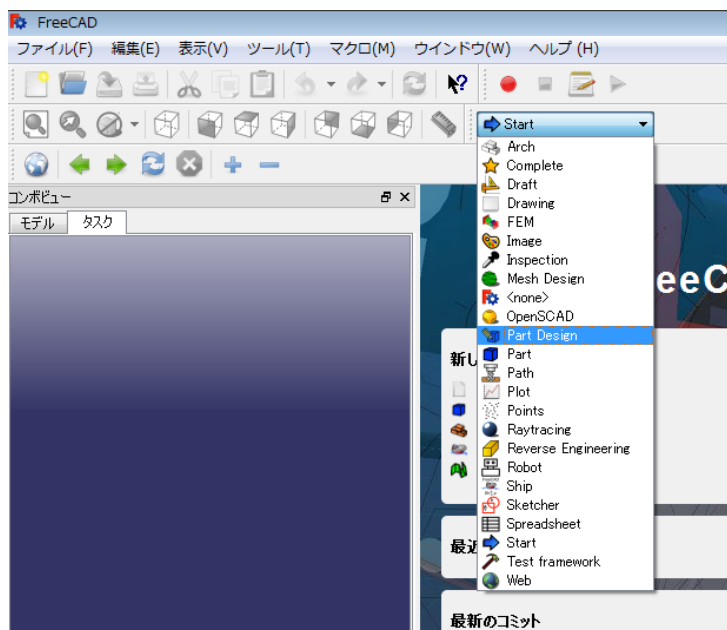
(1) FreeCAD を起動する。



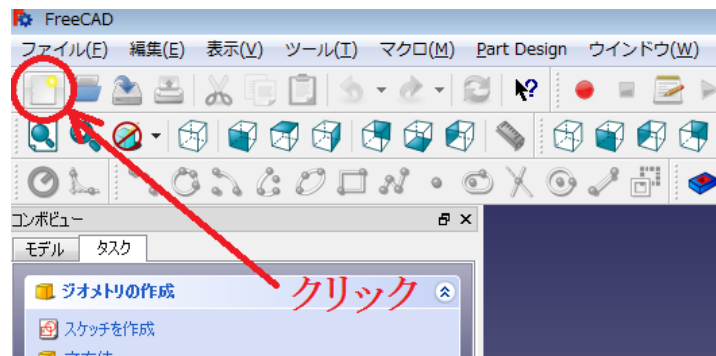
ダブルクリック



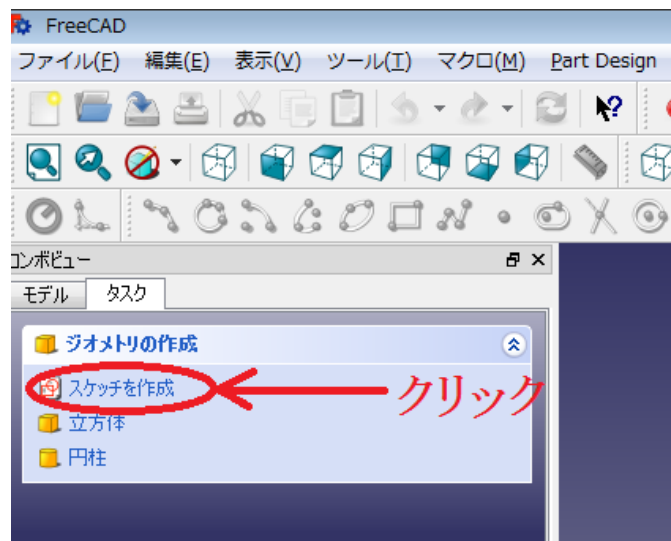
(2) ワークベンチを切り替える。(Start → Part Design)



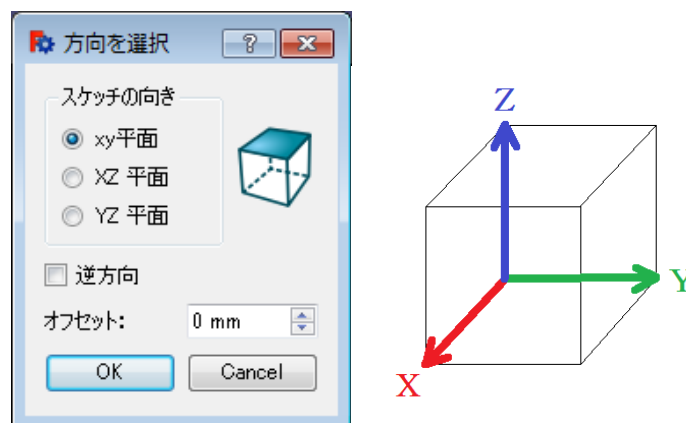
(3)新しい空のドキュメントを作成する。



(4)スケッチを作成する。



(5)スケッチする平面の方向を選択する。



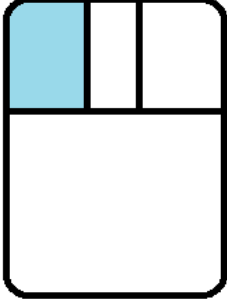
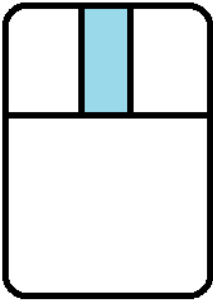
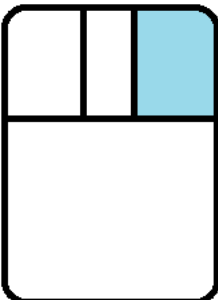
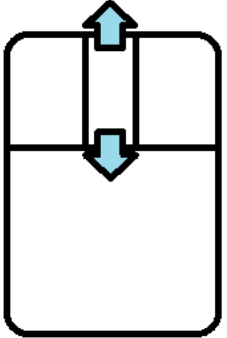
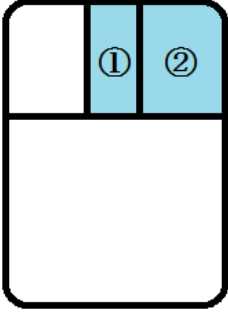
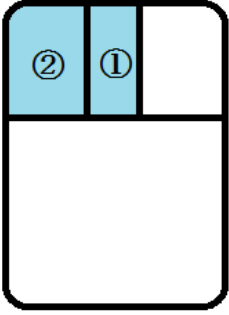
※逆方向は各平面に対する平面を示す。

※オフセットは同じ図面上で中心の位置が異なるときに使う(奥行きを変更できる)。

2. 基本操作

2-1. マウス操作

CAD モード時のマウス操作は以下の通りである。


選択・決定	平行移動	キャンセル(コマンド選択時)
		
拡大縮小	回転	
		 または

2-2. スケッチ作成

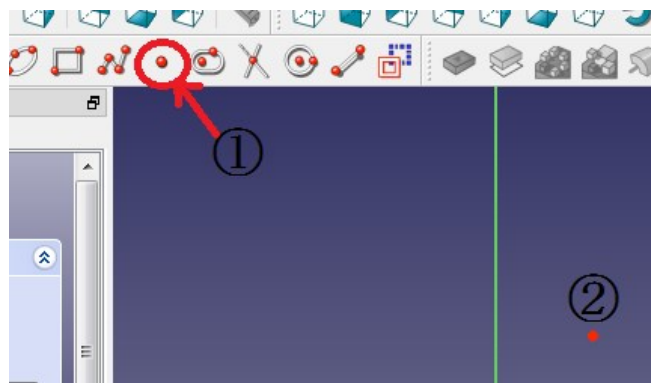
<スケッチ作成用コマンド>




(1) 点を描く

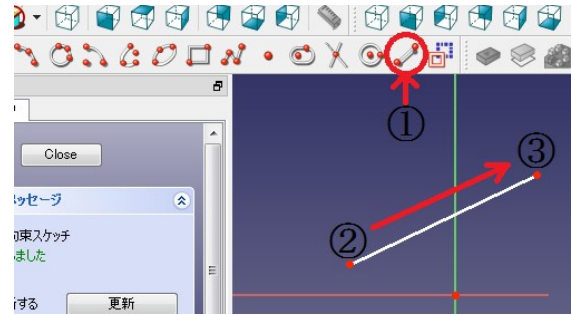
①  を **選択** する。

② 点を **決定** する。




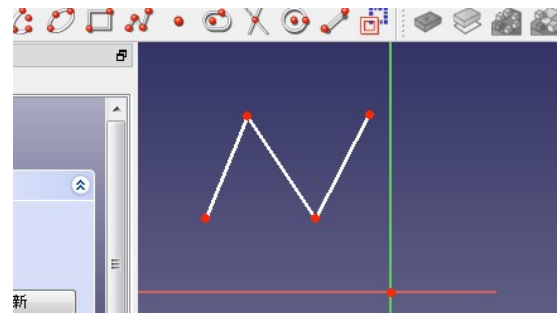
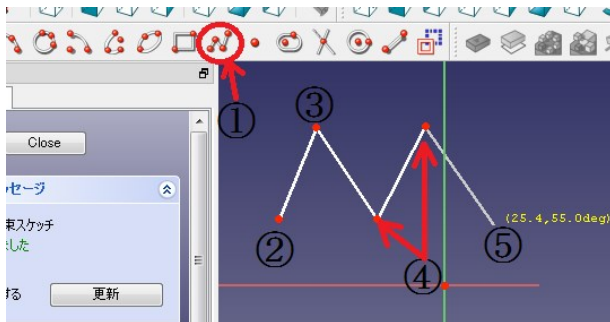
(2) 直線を描く

- ①  を選択する。
- ② 始点を決定する。
- ③ マウスを動かして終点を決定する。




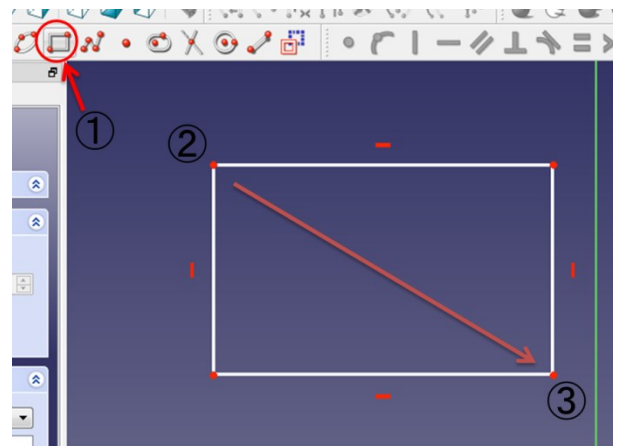
(3) ポリライン(連続線)を描く

- ①  を選択する。
- ② 始点を決定する。
- ③ マウスを動かして折り点を決定する。
- ④ 必要なだけ③を繰り返す。
- ⑤ キャンセルで最後に決めた点が終点となる。




(4) 長方形を描く

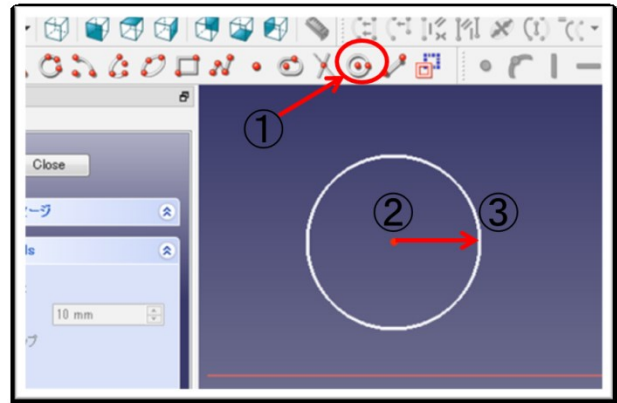
- ①  を選択する。
- ② 4つの角のうちの始点となる角を決定する。
- ③ マウスを動かして適当な長方形を描き、終点を決定する。




(5) 円を描く (2 通り)

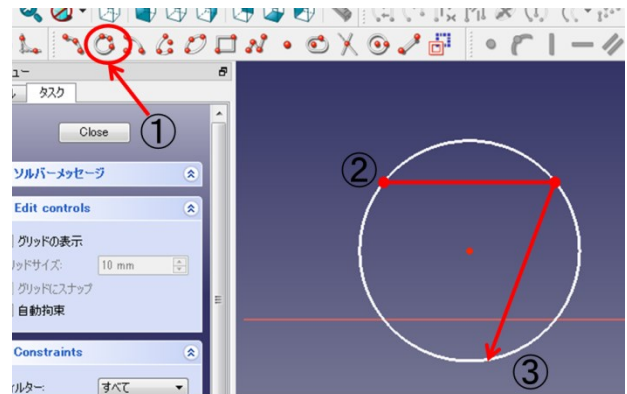
< 中心点から同心円を描く方法 >

- ①  を **選択** する。
- ② 中心点を **決定** する。
- ③ マウスを動かして適当な円を描き、**決定** する。




< 3 点を通る円を描く方法 >

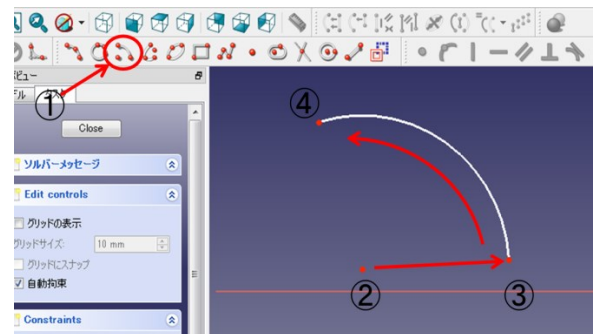
- ①  を **選択** する。
- ② 適当に 3 点を **決定** する。
- ③ 3 点を通る円が描かれる。




(6) 円弧を描く (2 通り)

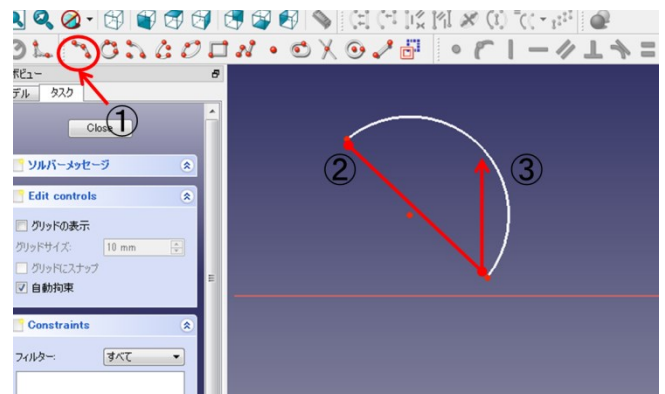
< 中心点から同心円上に円弧を描く方法 >

- ①  を **選択** する。
- ② 中心点を **決定** する。
- ③ マウスを動かして円弧の始点を **決定** する。
- ④ マウスを円周上に動かして円弧の終点を **決定** する。




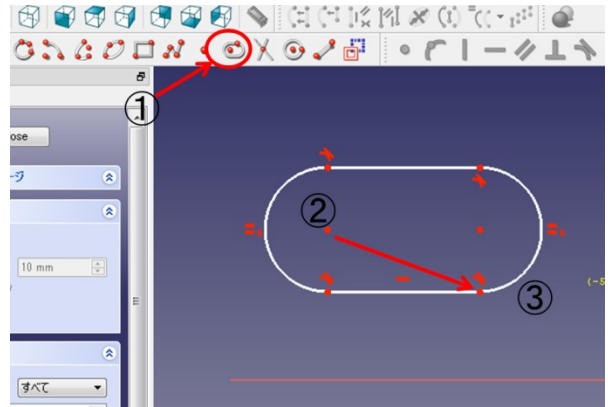
< 3 点を通る円弧を描く方法 >

- ①  を **選択** する。
- ② 円弧の始点と終点を **決定** する。
- ③ マウスを動かして適当な円弧を **決定** する。




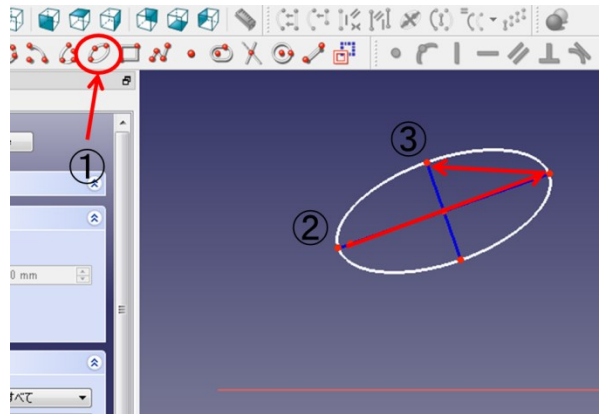
(7) 長円を描く

- ①  を選択する。
- ② 片側の半円の中心点を決定する。
- ③ マウスを動かして適当な長円を決定する。




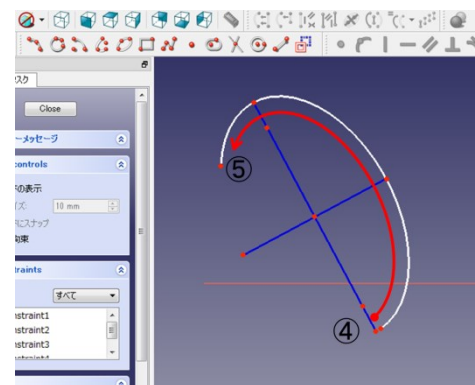
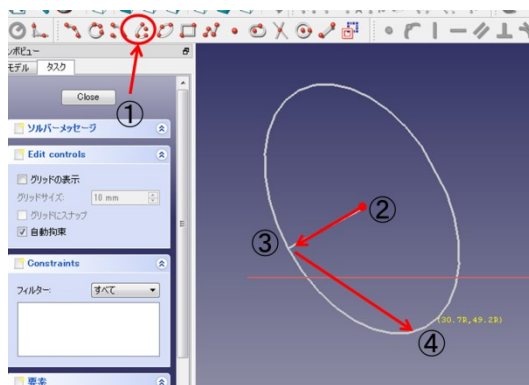
(8) 楕円を描く

- ①  を選択する。
- ② 楕円の対角の長さの長い方の端点を2ヶ所決定する。
- ③ ②に垂直な方向の長さを決定する。




(9) 楕円弧を描く

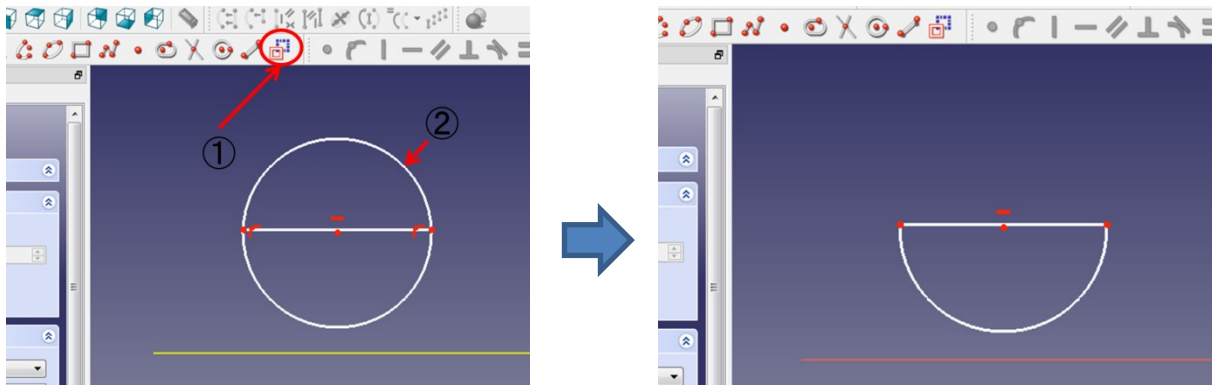
- ①  を選択する。
- ② 楕円弧の中心点を決定する。
- ③ 1方向の半径を決定する。
- ④ ③に垂直な方向の長さを決定する。
- ⑤ 楕円弧の始点と終点を決定する。



(10) トリミング


トリミングはスケッチが図形として成立するとき、不要な線を取り除くことができる。

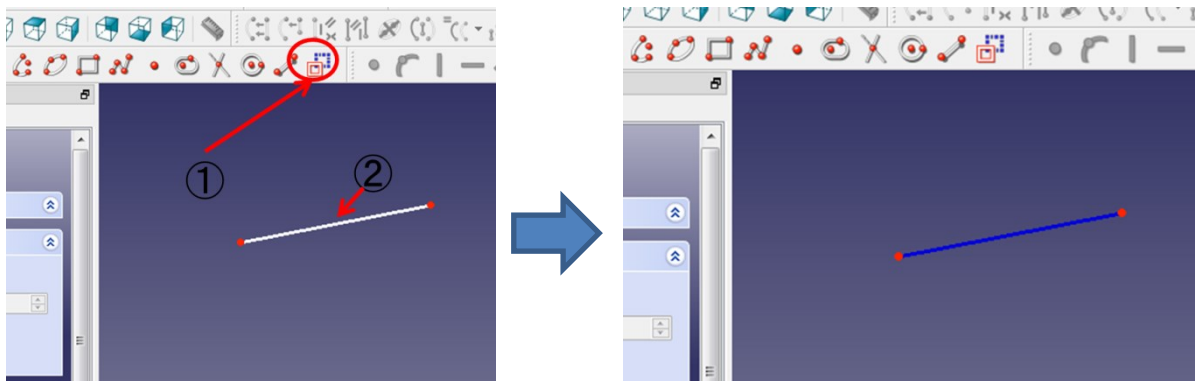
- ①  を選択する。
- ② 不要な線を決定する。



(11) 補助モードへの切り替え

図面上の基準の役割を果たし、実線ではなく補助線として扱う。

- ① 補助線とする線を**選択**する。
- ②  を**選択**する。




2-3 スケッチの拘束および寸法決め

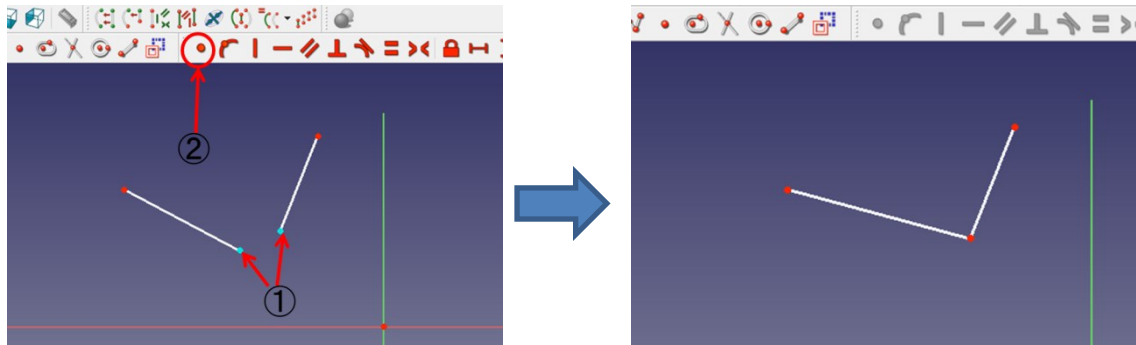
<スケッチの拘束および寸法決め用コマンド>



(1) 点を一致拘束する。

① 2点を選択する。

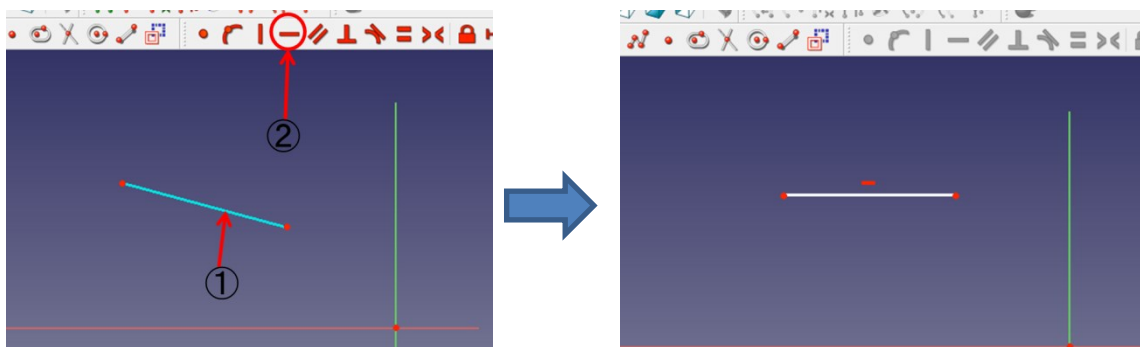
②  を選択する。



(2) 線を水平拘束する。


① 直線を選択する。

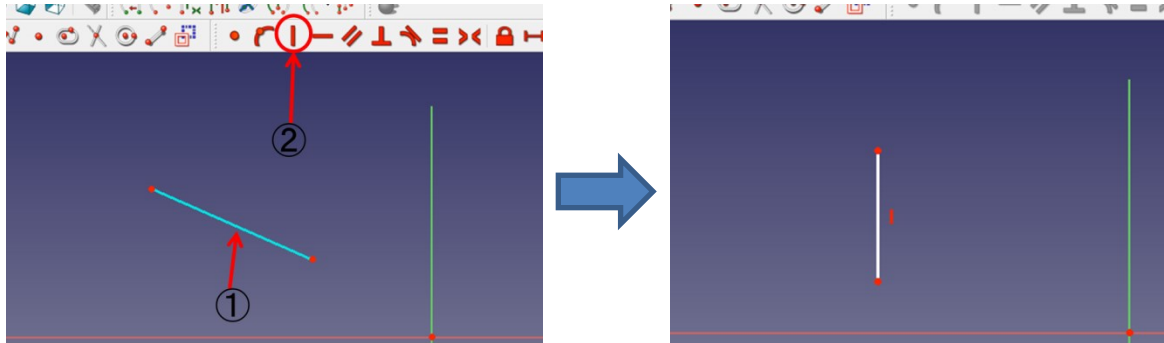
②  を選択する。



(3) 線を垂直拘束する。


① 直線を選択する。

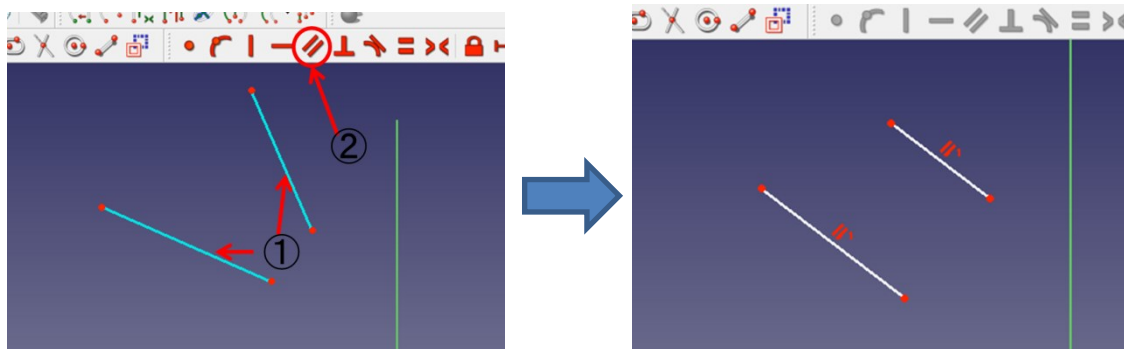
②  を選択する。



(4) 2 直線間を平行拘束する。


① 2 つの直線を選択する。

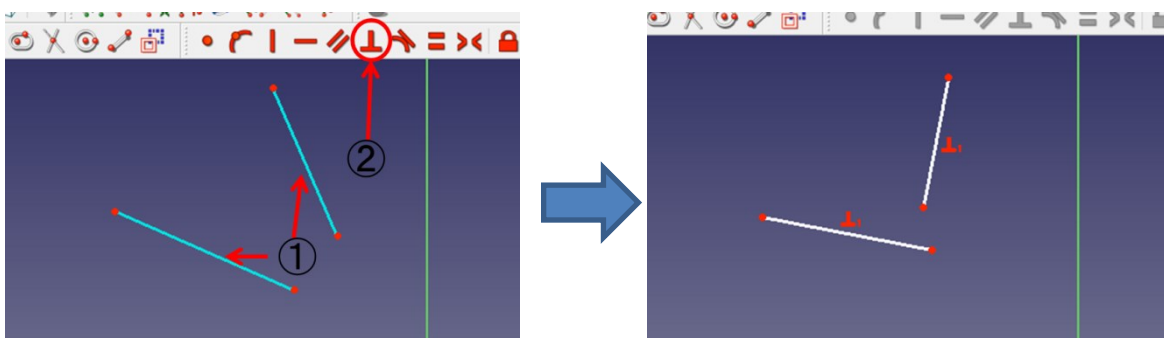
②  を選択する。



(5) 2 直線間を垂直拘束する。

① 2 つの直線を選択する。

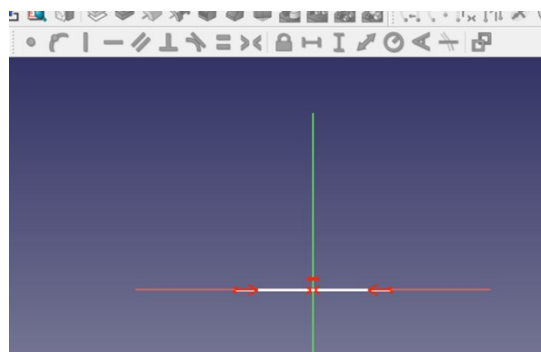
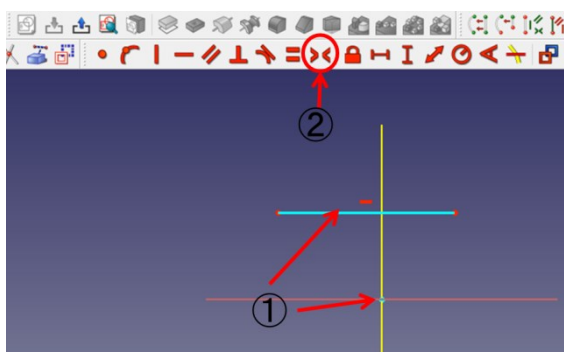
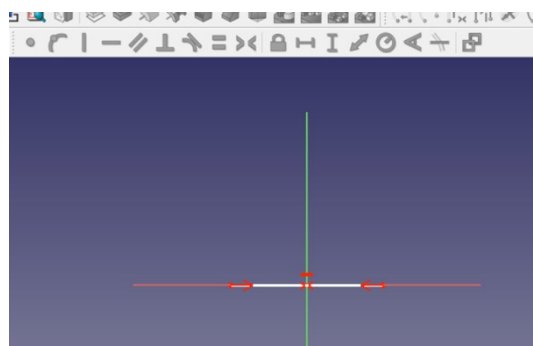
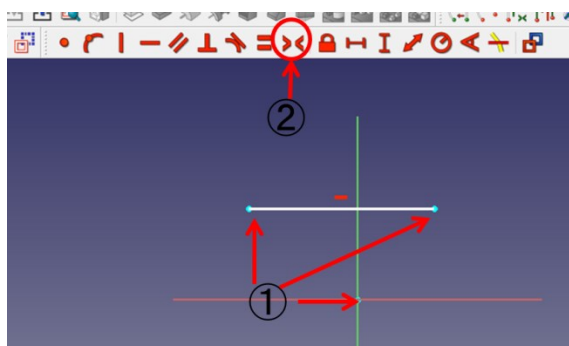
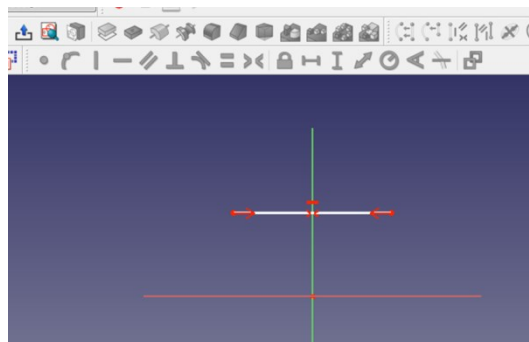
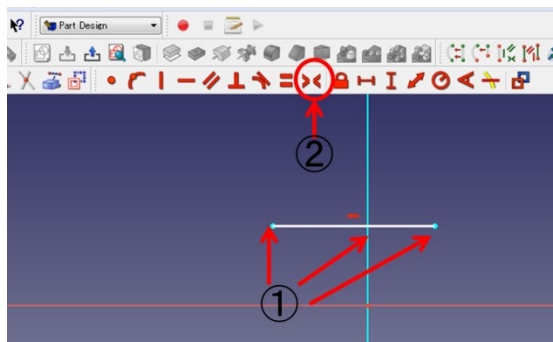
②  を選択する。



(6) 2点間を対称拘束する。


① 2つの点と対称となる線
2つの点と対称となる点
直線と対称となる点 } のどれかを選択する。

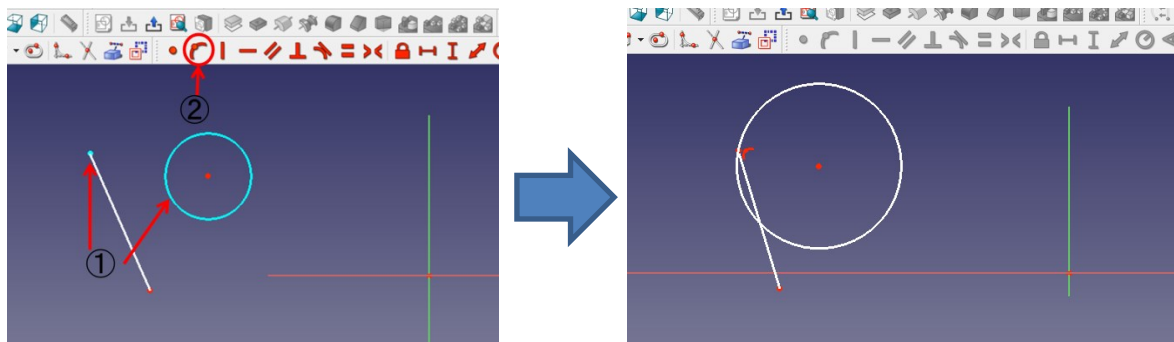
②  を選択する。



(7) 接点拘束する。


① 円(または円弧)と点を**選択**する。

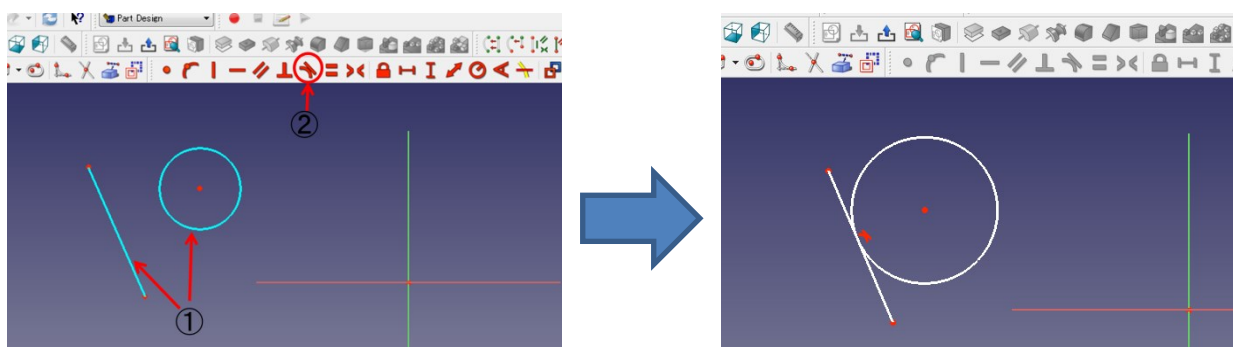
②  を**選択**する。



(8) 接線拘束する。


① 円(または円弧)と線を**選択**する。

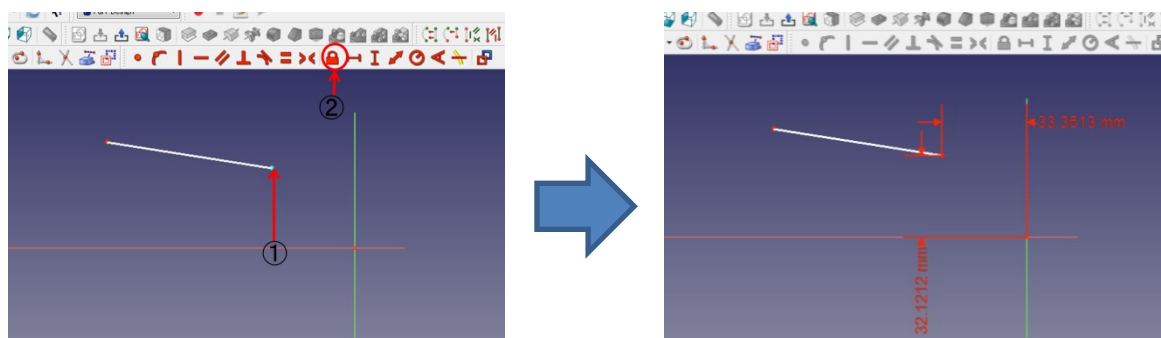
②  を**選択**する。



(9) 点をロック拘束する。

① 点を**選択**する。

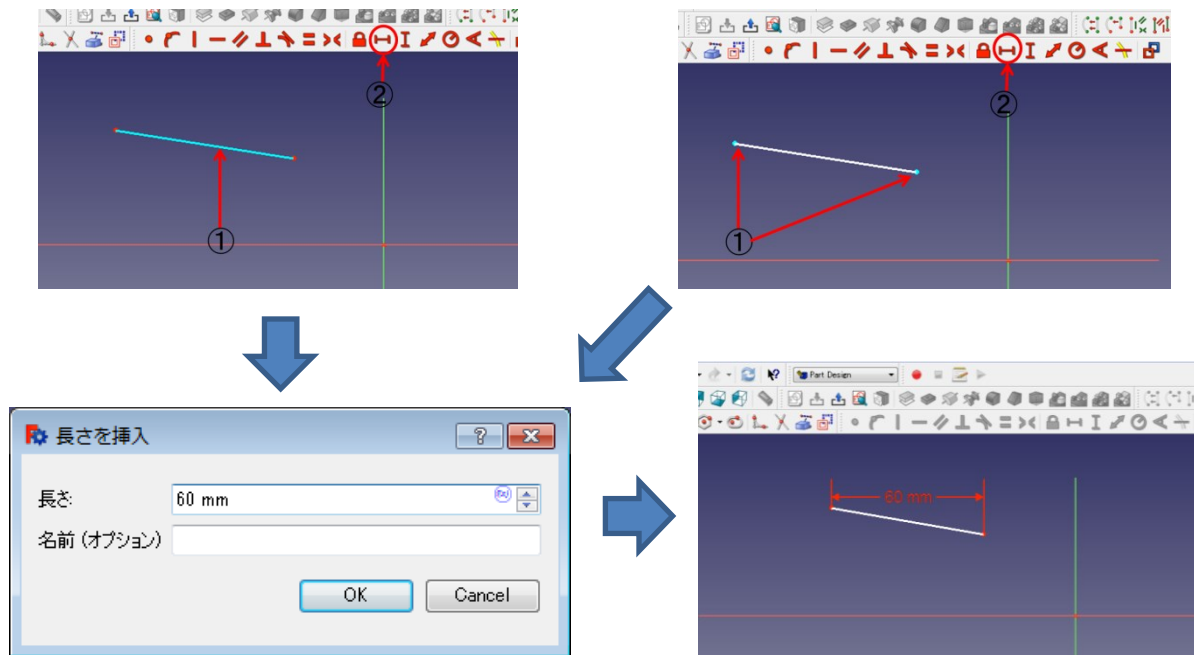
②  を**選択**する。



(10) 直線端点間または2点間の水平距離を拘束する。


① 直線または2つの点を選択する。

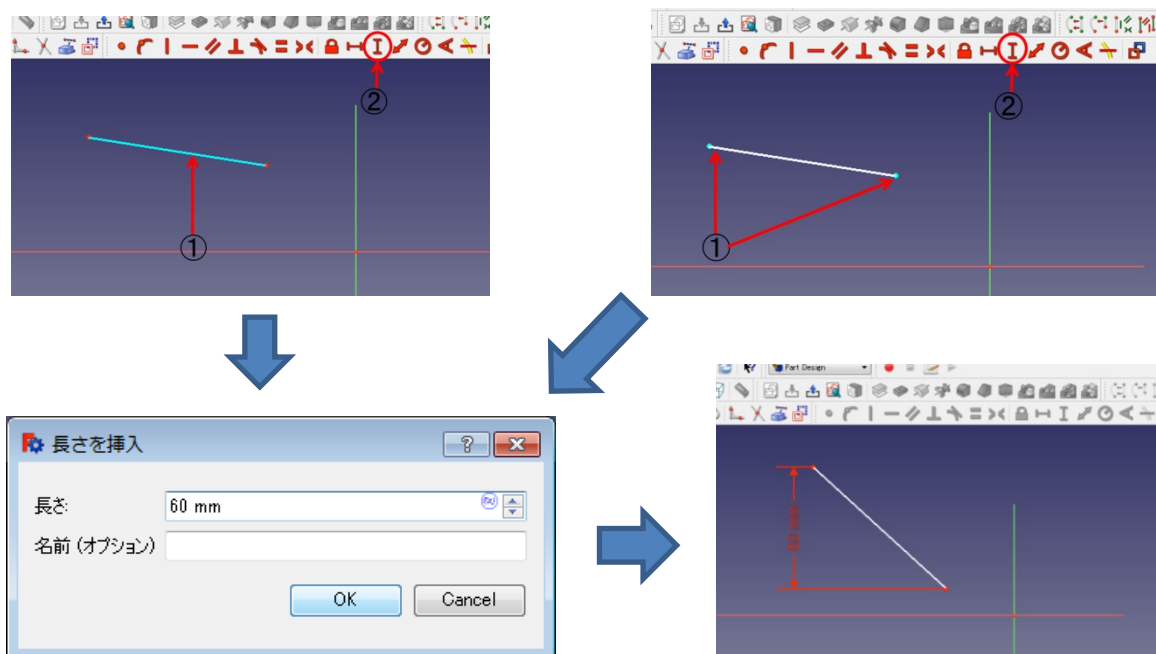
②  を選択する。



(11) 直線端点間または2点間の垂直距離を拘束する。


① 直線または2つの点を選択する。

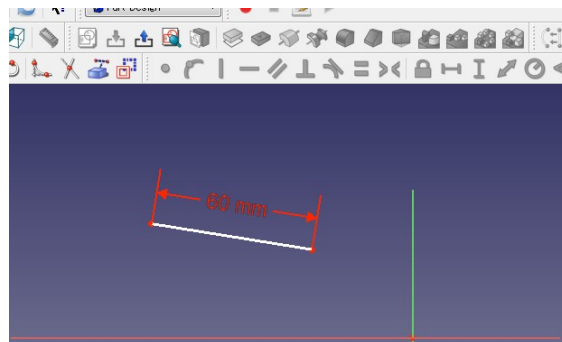
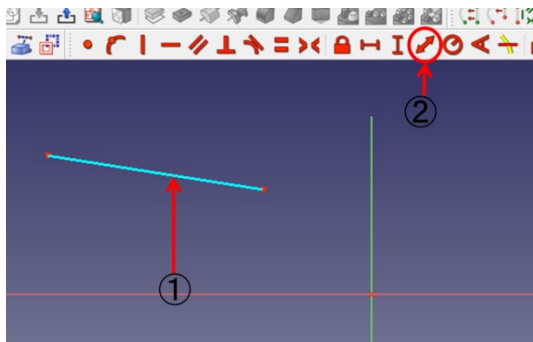
②  を選択する。



(12) 直線端点間または2点間の距離を拘束する。


① 直線または2つの点を**選択**する。

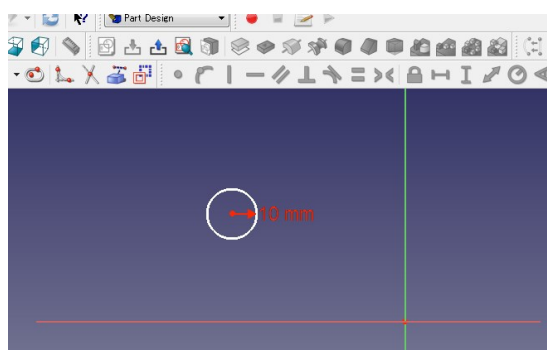
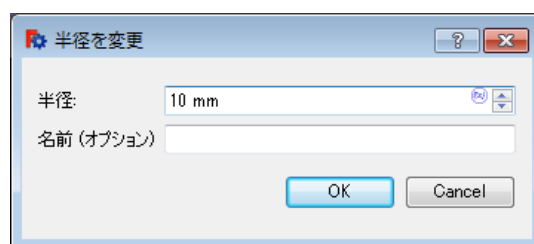
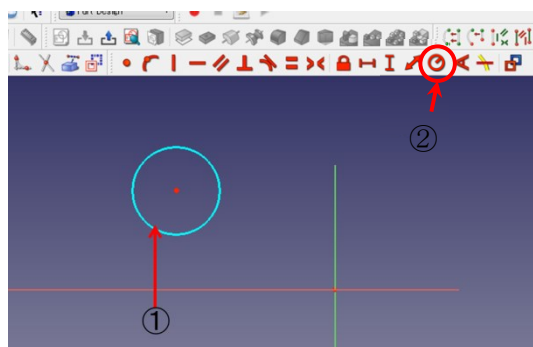
②  を**選択**する。



(13) 円または円弧の半径を拘束する。


① 円または円弧を**選択**する。

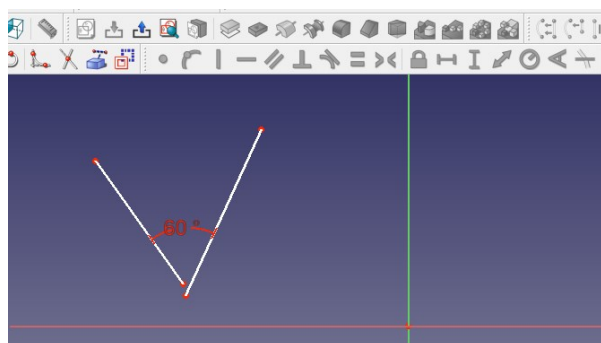
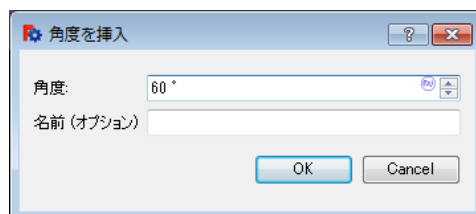
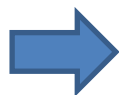
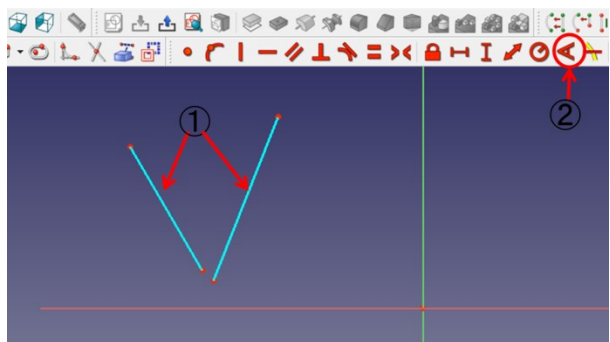
②  を**選択**する。



(14) 直線の角度または2直線間の角度を拘束する。

① 直線または2つの直線を**選択**する。

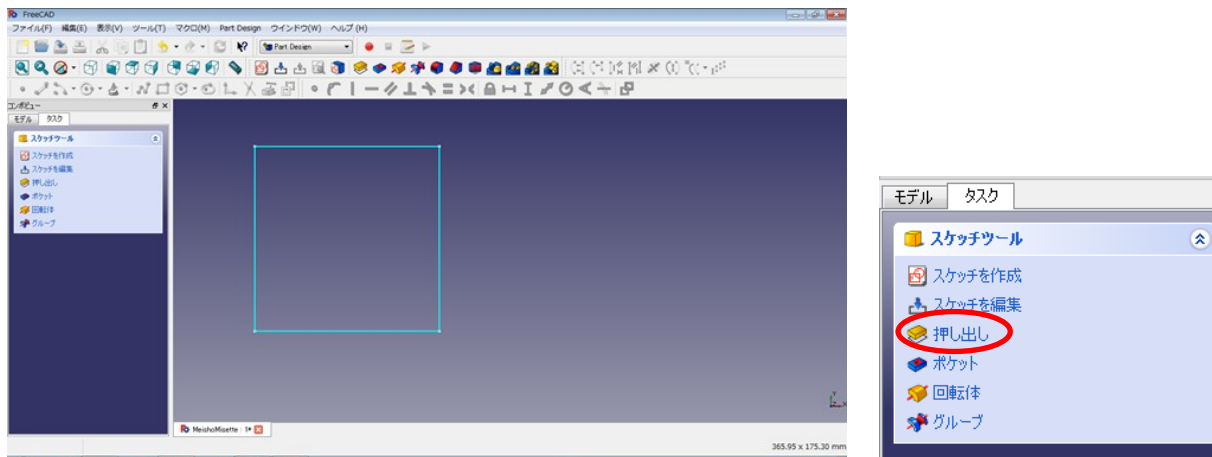
②  を**選択**する。



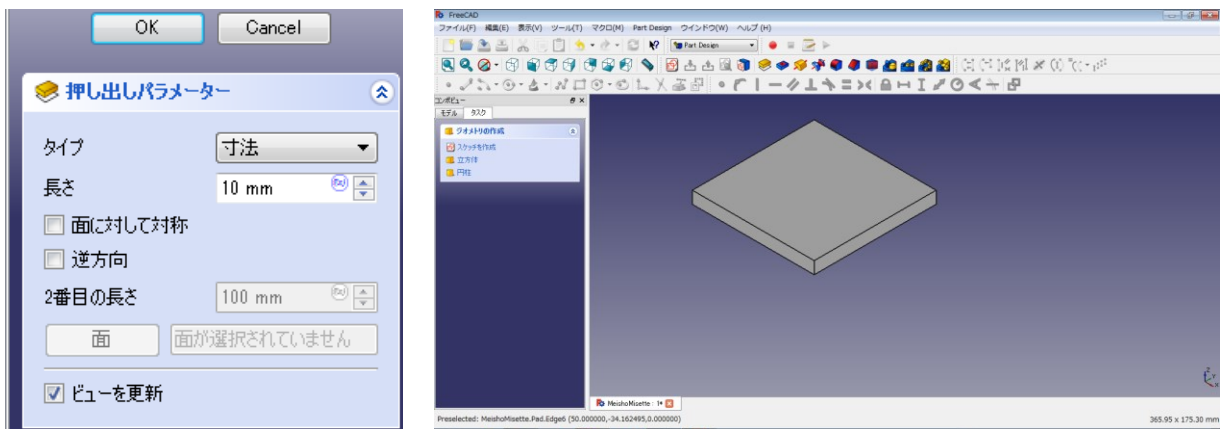
2-4 平面図を立体図にする

(1)押し出し

①スケッチ作成後、タスク欄のスケッチツールより「押し出し」を押す。

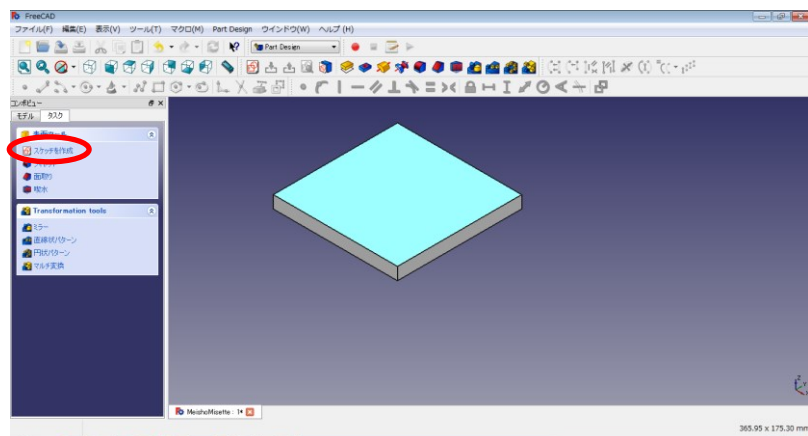


②押し出しパラメーターより押し出す長さを入力し、向き等を選択して「OK」を押す。

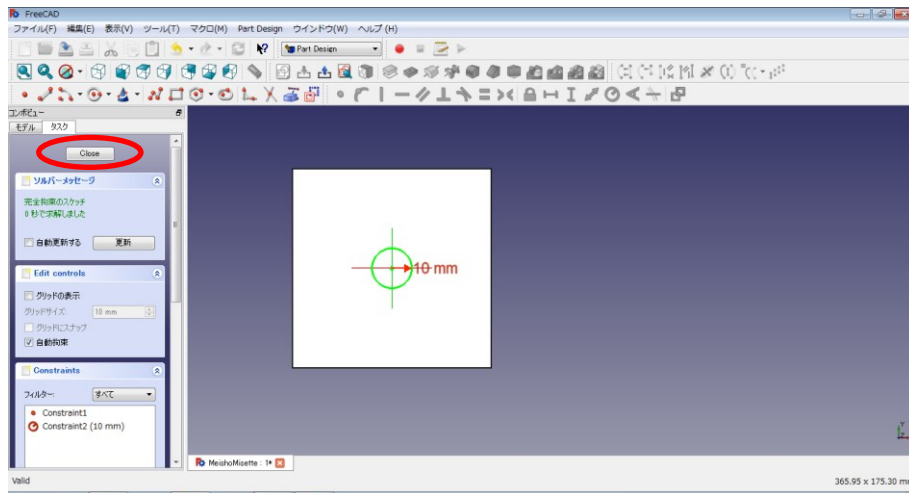


(2)ポケット

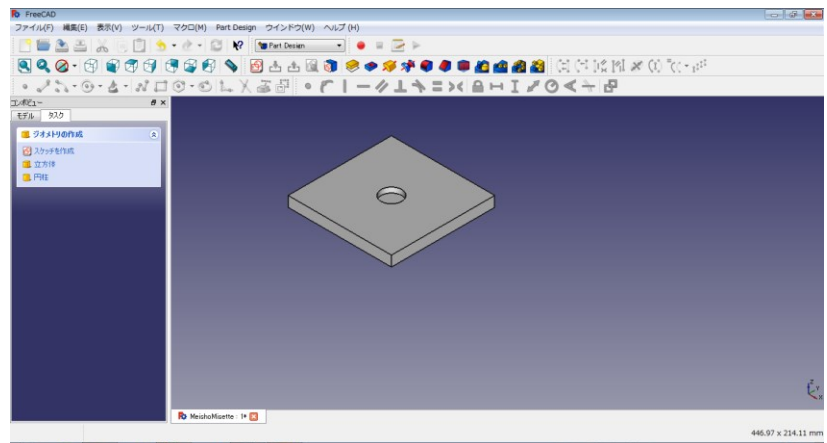
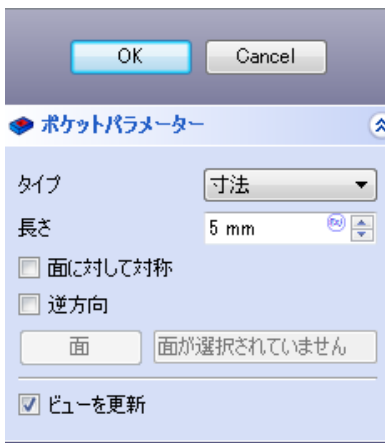
①図形の平面を選択し、ポケットの形状のスケッチを作成する。



② 「Close」 を押して、タスク欄のスケッチツールより 「ポケット」 を押す。



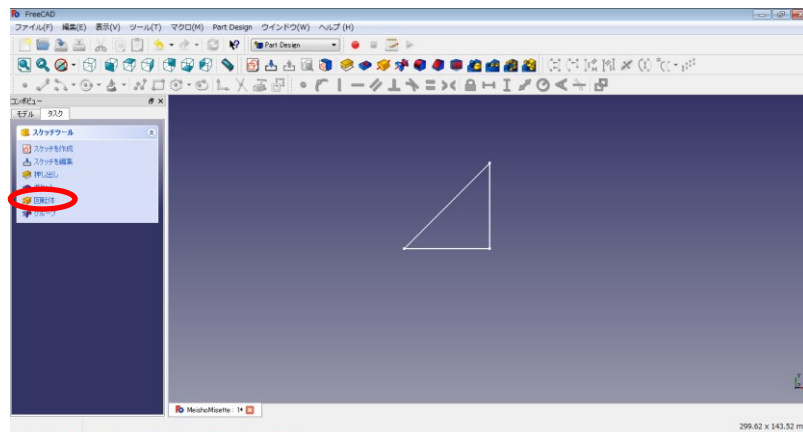
③ ポケットパラメーターより、ポケットの深さ等を入力し、「OK」 を押す。



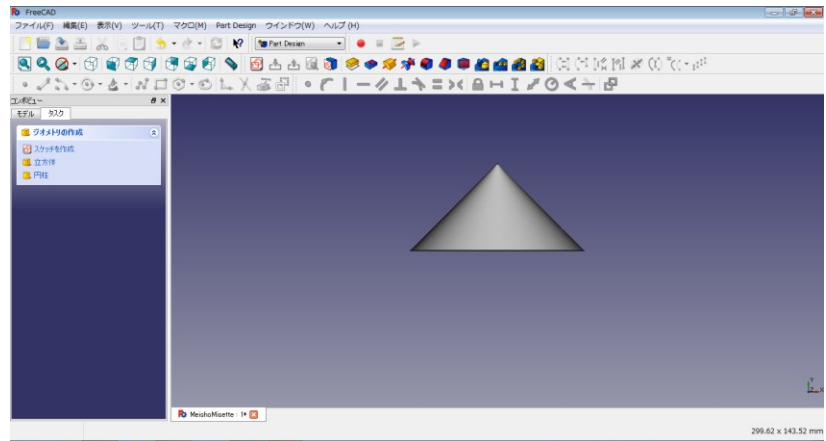
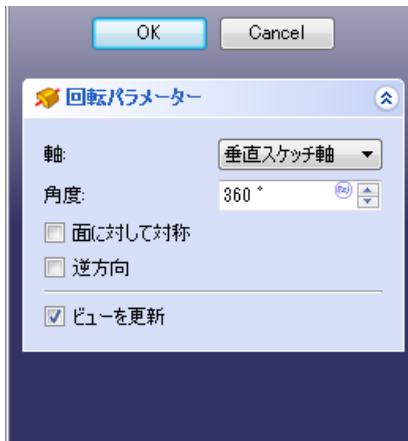
(3)回転体

①回転させる図形のスケッチを作成する。

②タスク欄のスケッチツールより 「回転体」 を押す。




- ③回転パラメーターより、回転中心となる軸を選択し、回転する角度を選択して「OK」を押す。

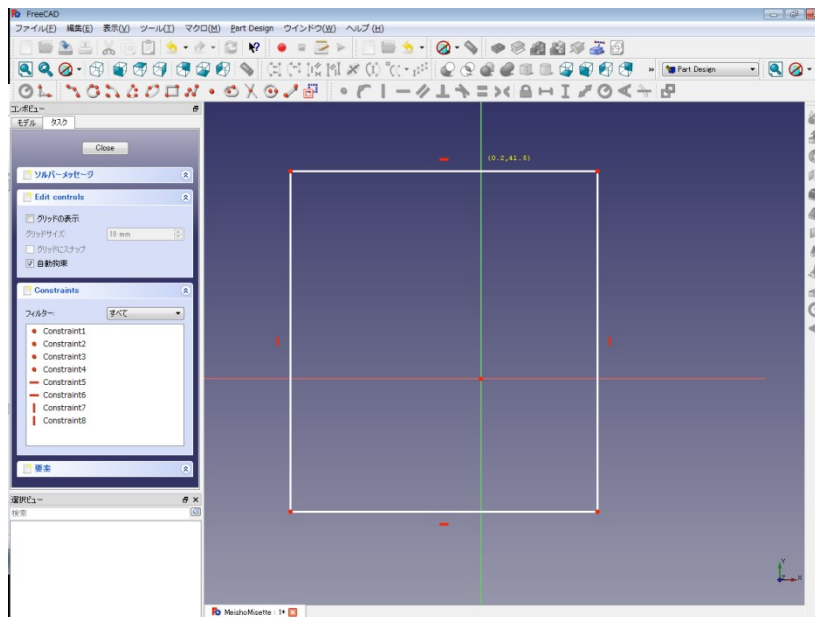


3. 軸受模型の設計

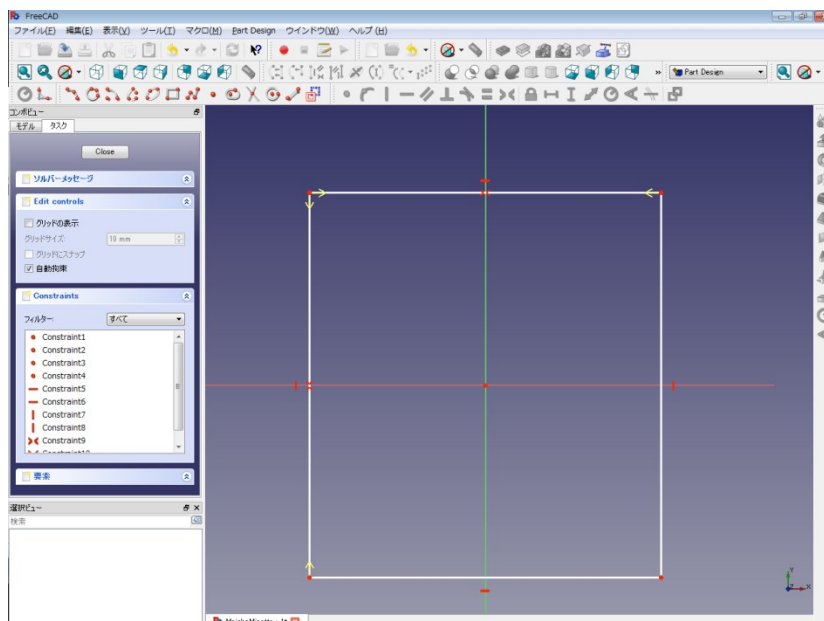
(1) 部品①(下部)

①スケッチを作成し、スケッチの向きを「xy 平面」と選択し「OK」を押す。

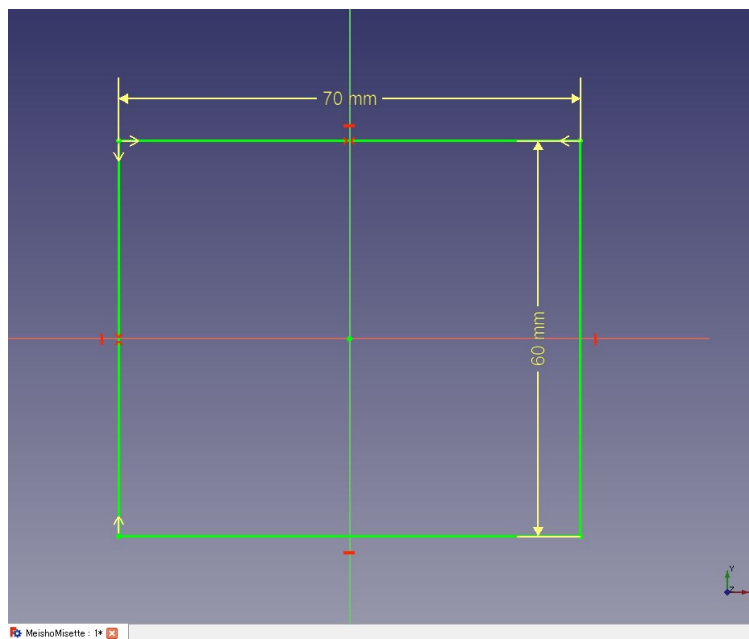
②ツールバーからを選択し、四角形を作成する。



③四角形を xy 平面の中心なるように拘束する。



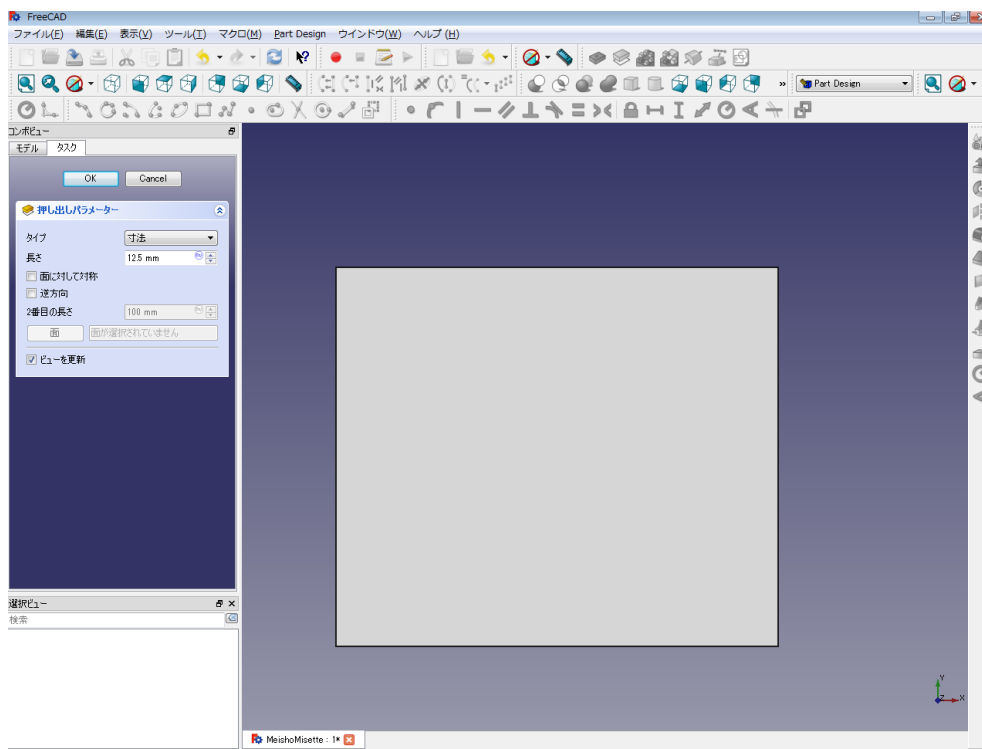
④四角形の寸法は図のように入力する。



⑤「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

⑥タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。

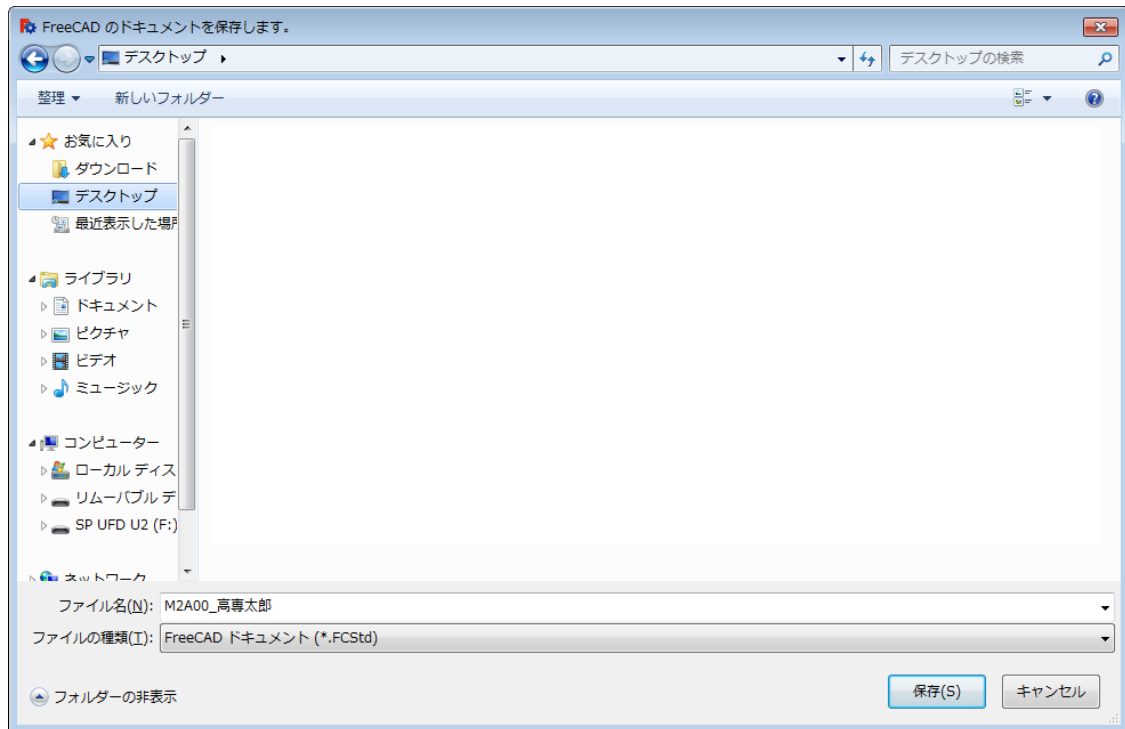
⑦押し出しパラメーターより、長さを 12.5mm にして「OK」を押す。



⑧一度、 保存しておく。

保存場所は「デスクトップ」とする。


ファイル名を「クラス番号__名前」にする(例「M2A00_高専太郎」)。

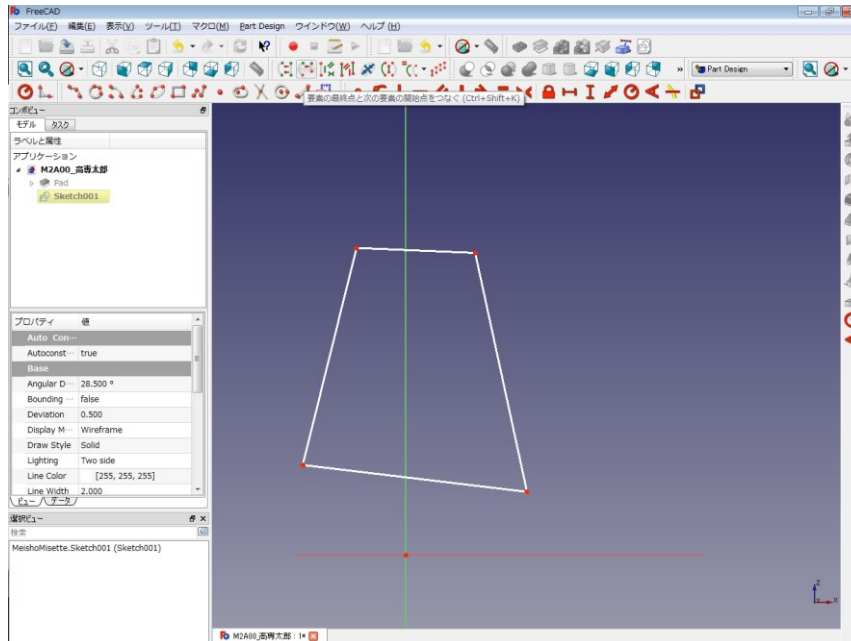


(2)部品②(中部 1)

もし部品①(下部)の図形が邪魔であれば、モデル欄より「Pad」を選択してスペースキーを押すと隠すことが出来る。もう一度、「スペースキー」を押すともとに戻る。

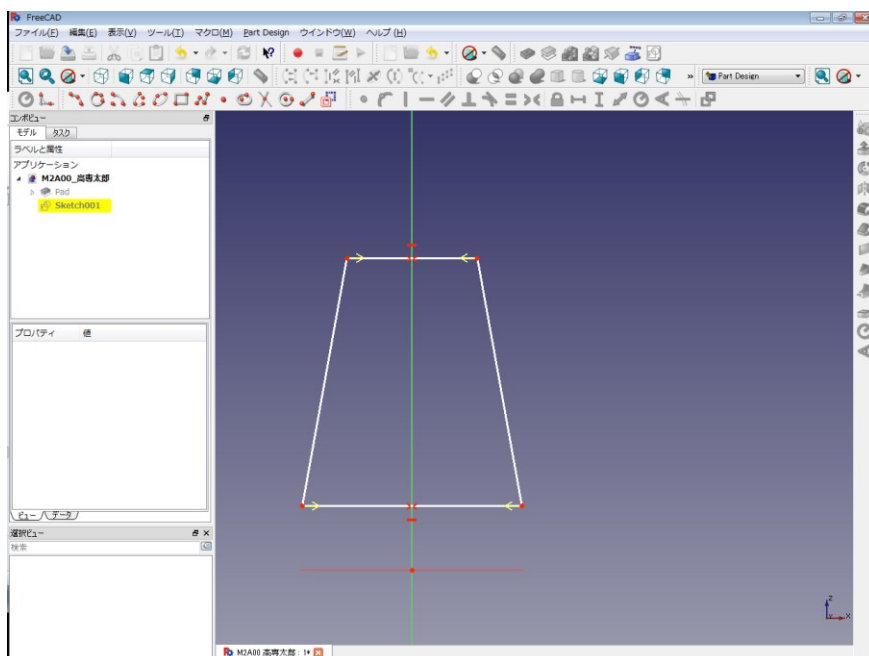
①スケッチを作成し、スケッチの向きを「yz 平面」と選択し「OK」を押す。

②ツールバーから  を選択し、台形を作成する。

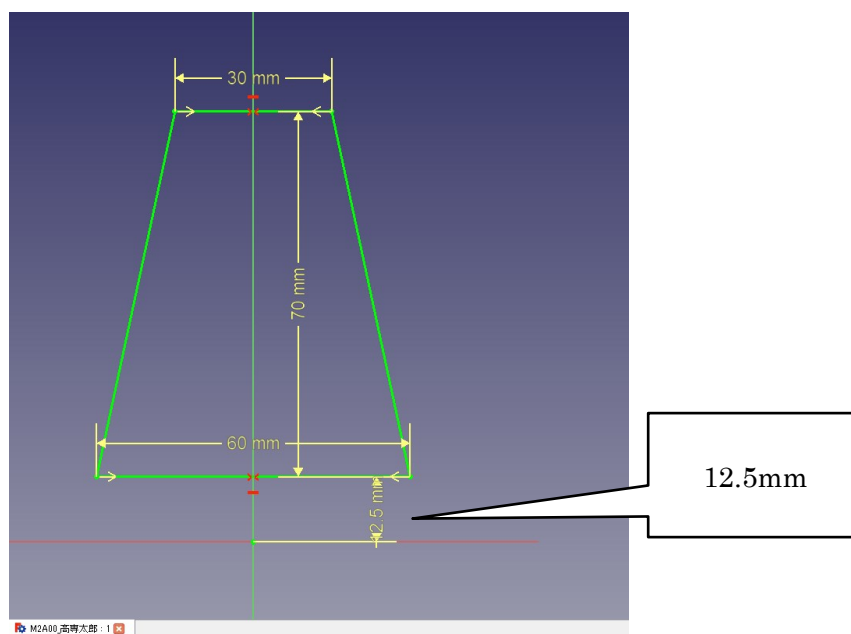


③台形の上辺と下辺が水平になるように拘束する。

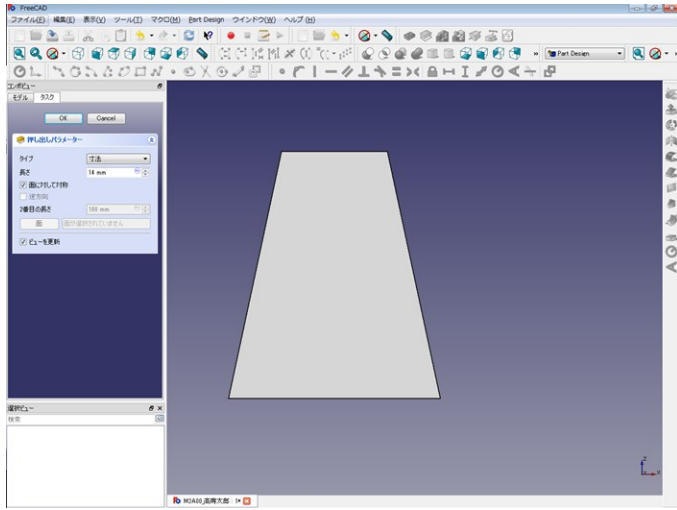
④台形の上辺と下辺が中心線の縦軸に対して対称になるように拘束する。




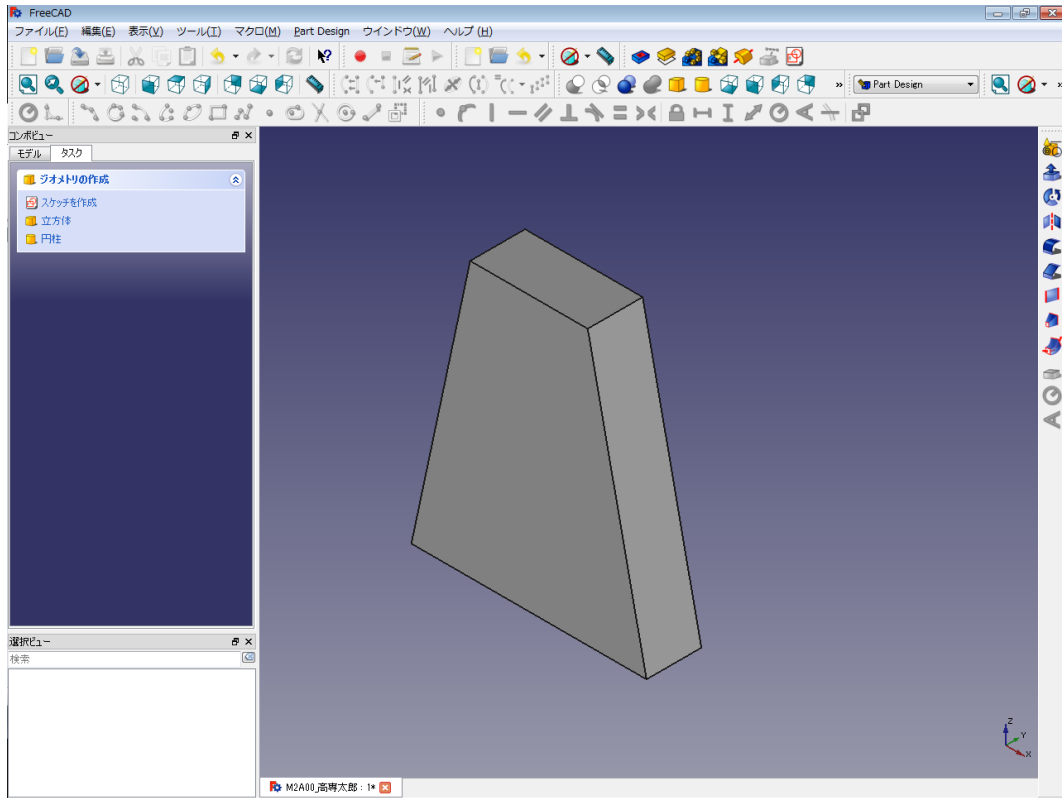
⑤図のように寸法を入力する。




- ⑥「Close」を押して「Sketch」を閉じる。
- ⑦タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。
- ⑧押し出しパラメーターより、長さを 14mm にし、「面に対して対称」をチェックして「OK」を押す。

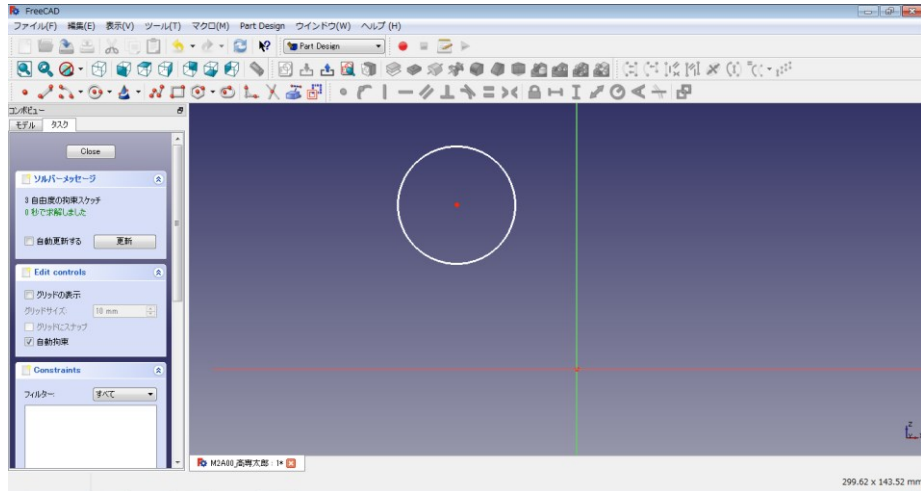


⑨  上書き保存しておく。

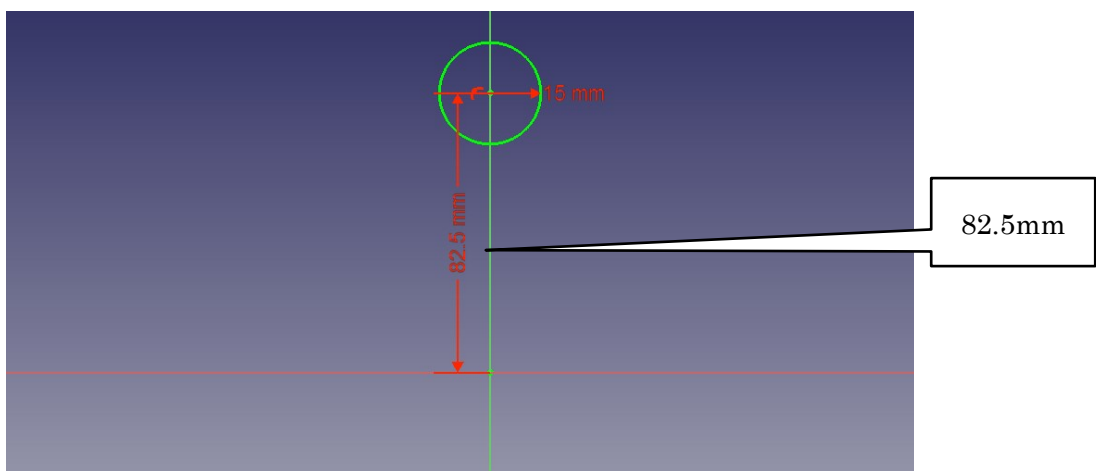




(3)部品③(中部 2)

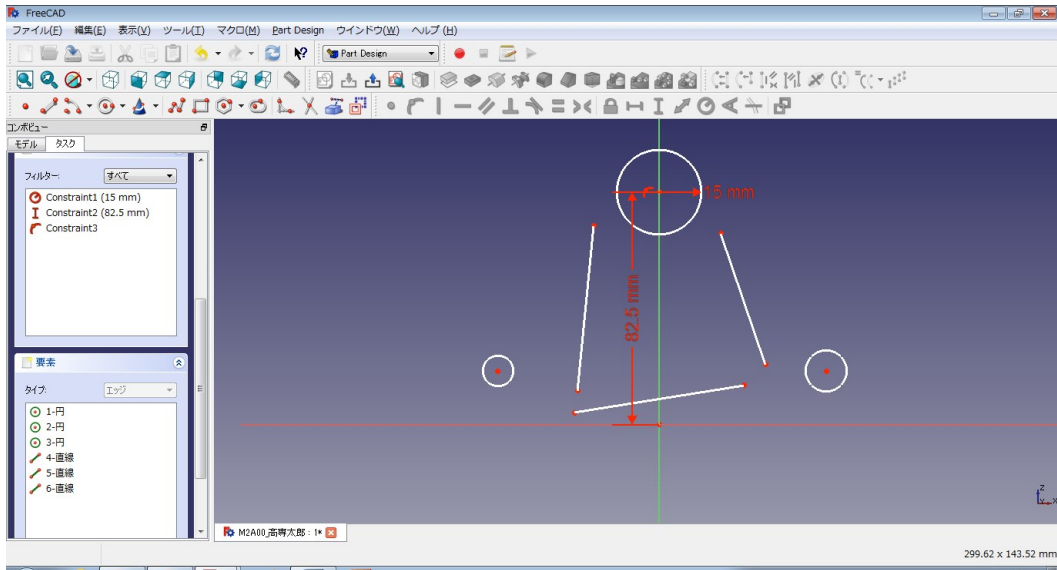
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きで「xz 平面」を選択し「OK」を押す。
- ②ツールバーから  を選択し、円を作成する。



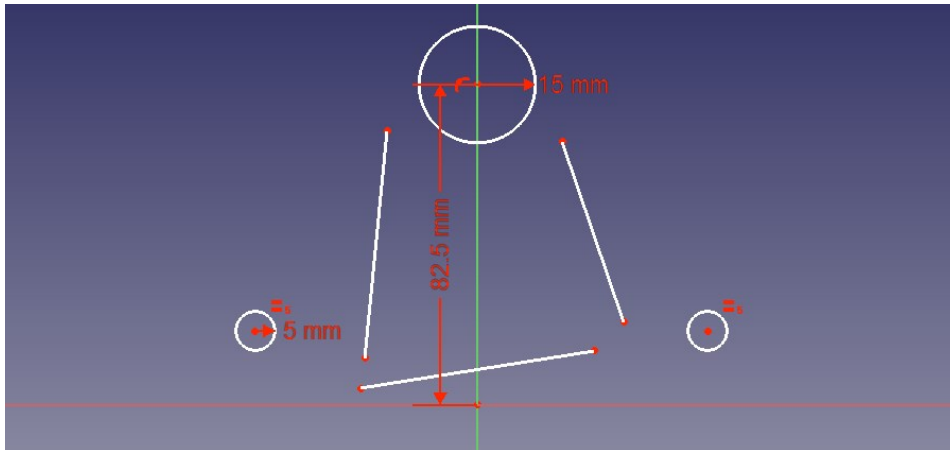
- ③円の半径(15mm)と中心点の位置は図のように入力する。
- ④円の中心点を中心線の縦軸上に拘束する。



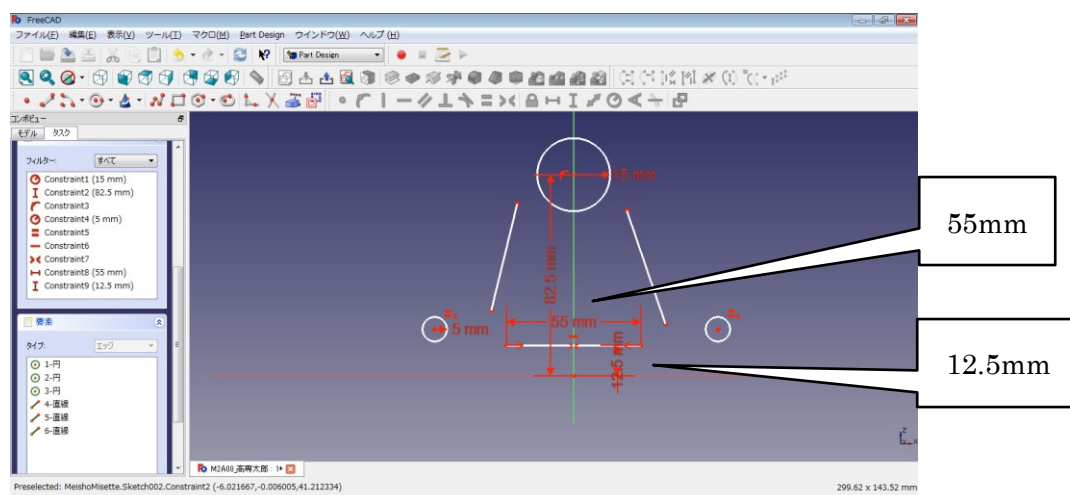
- ⑤ ツールバーから  と  を選択し、図のように3つの直線と2つの円を作成する。




- ⑥ 図のように2つの円の半径を同じ寸法(5mm)で入力する。

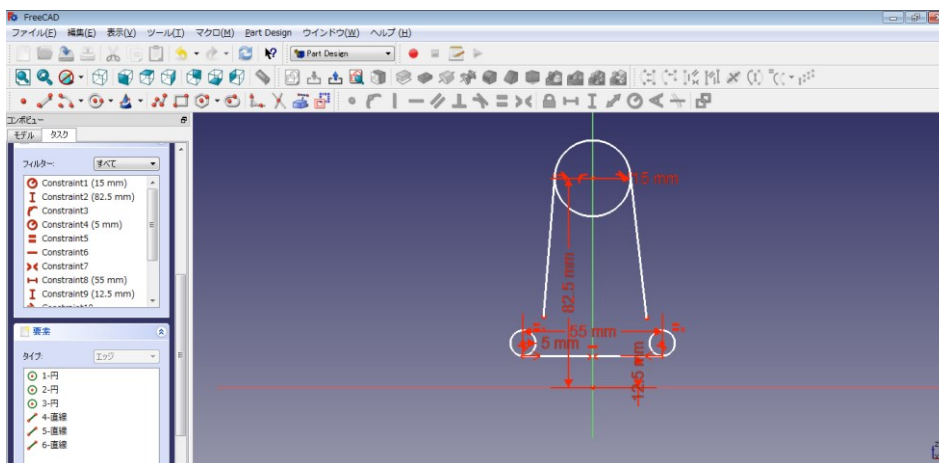


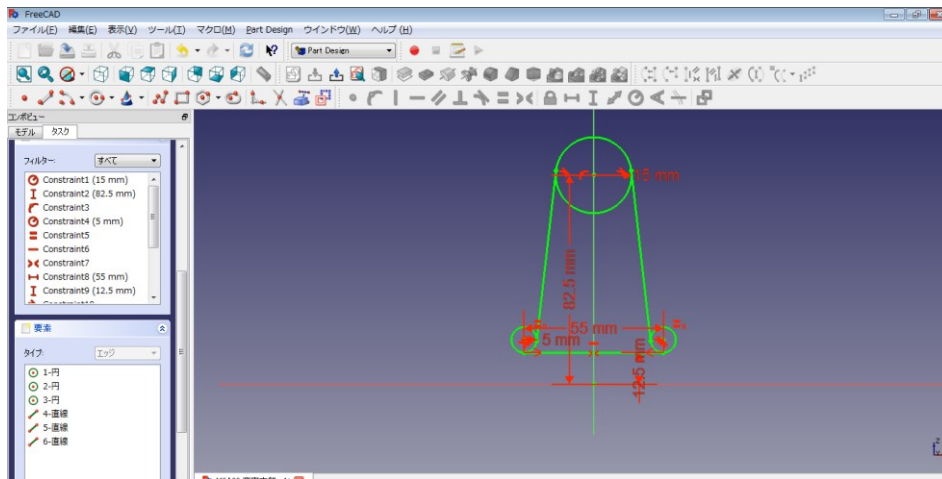
⑦図のように1つの直線の寸法と位置を入力し、その直線を水平拘束と対称拘束する。




⑧  上書き保存しておく。

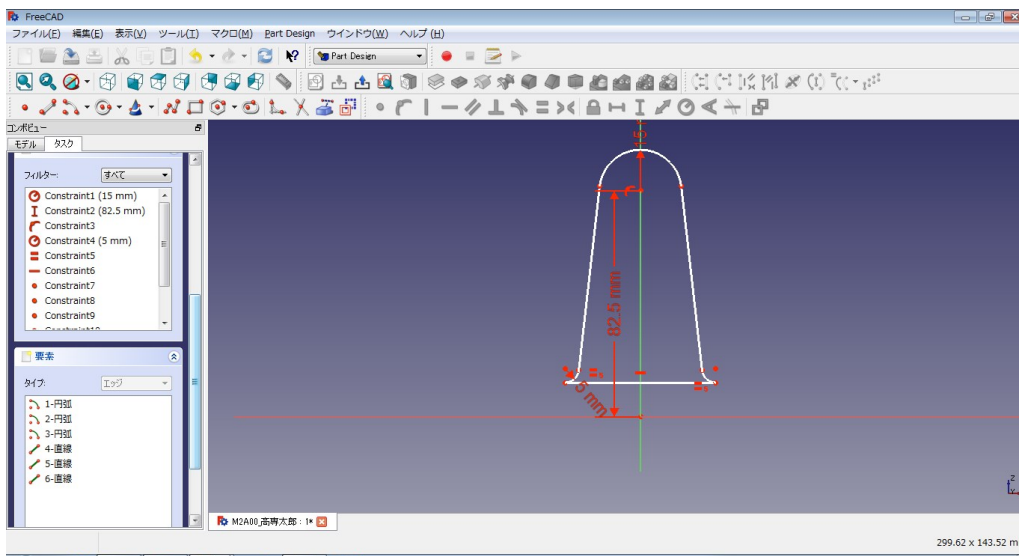
⑨図のようにそれぞれの直線の端点を各円に対して正接拘束(接線となるように拘束)する。





⑩図のように  トリミングを行う。

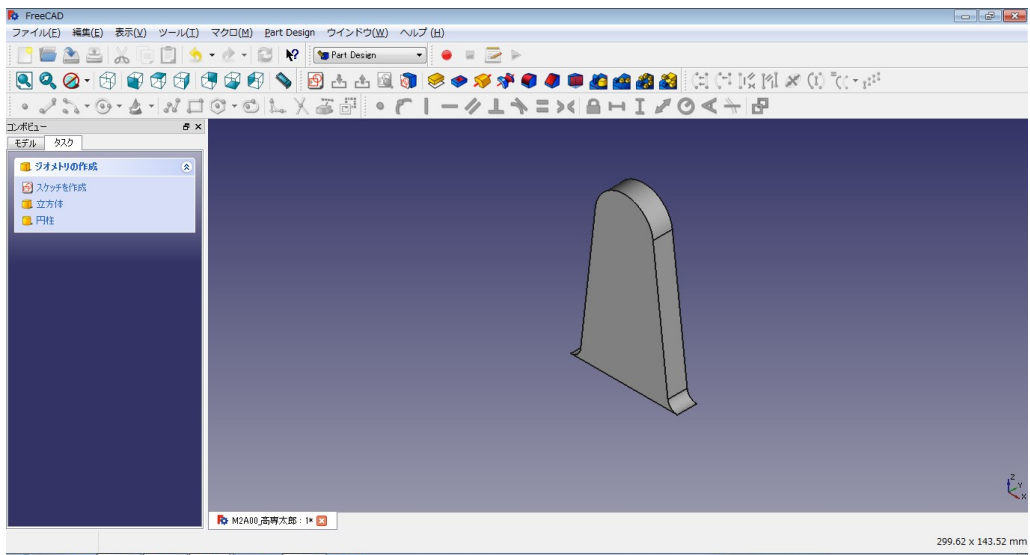
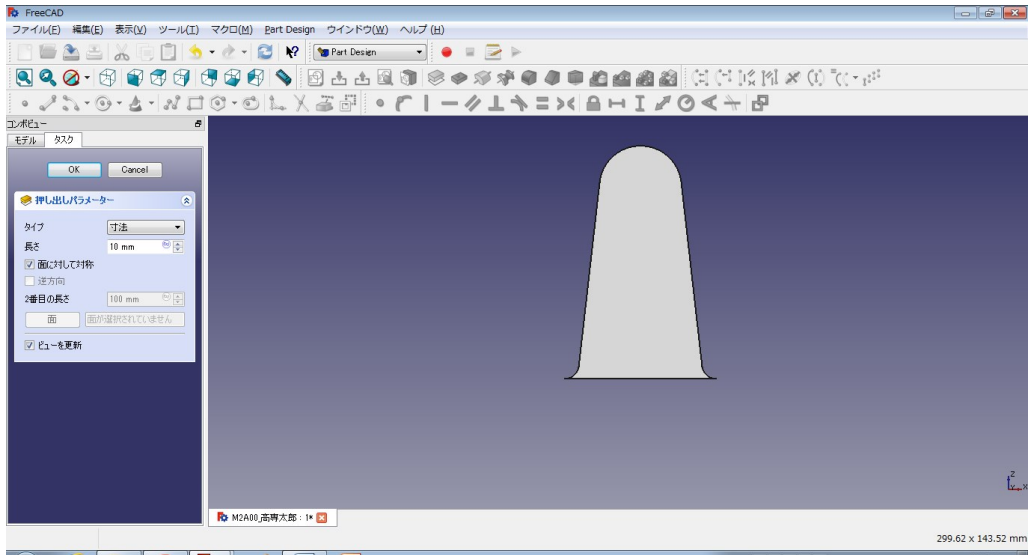
※トリミングを行ってもトリミングできないことがあるので、その時は保存しないで FreeCAD を閉じて開き直すか、正接拘束を行う前(⑧)まで戻るかの方法を行う。




⑨「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

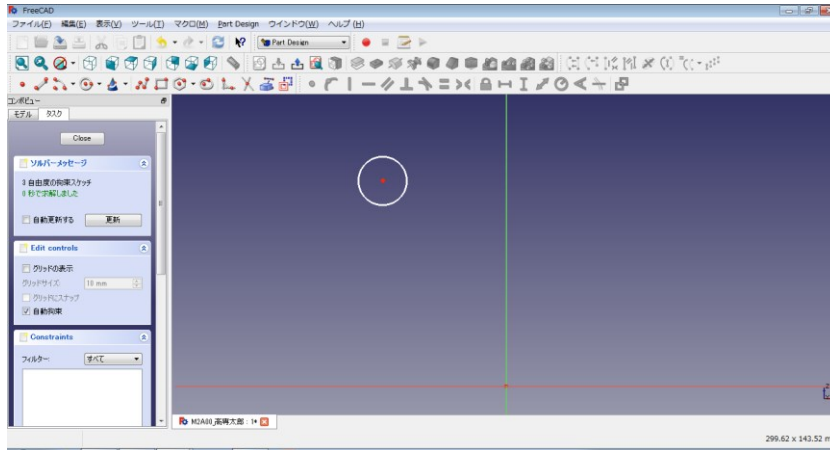
⑩タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。

⑪押し出しパラメーターより、長さを 10mm にして「面に対して対称」をチェックして「OK」を押す。

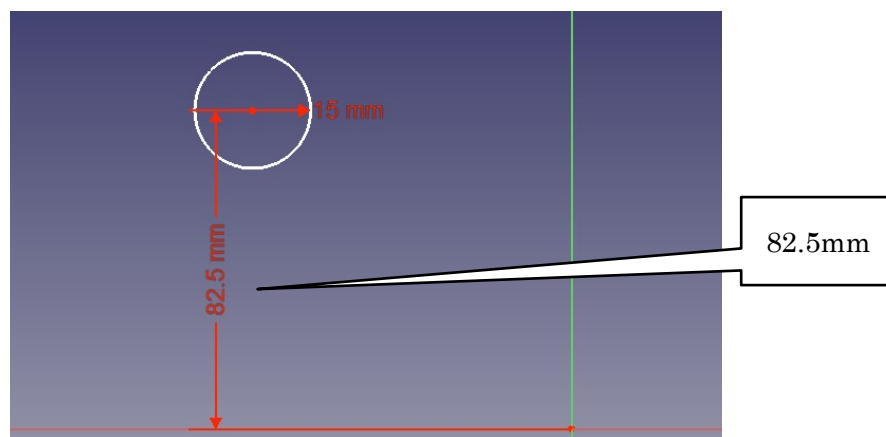


(4)部品③(上部)

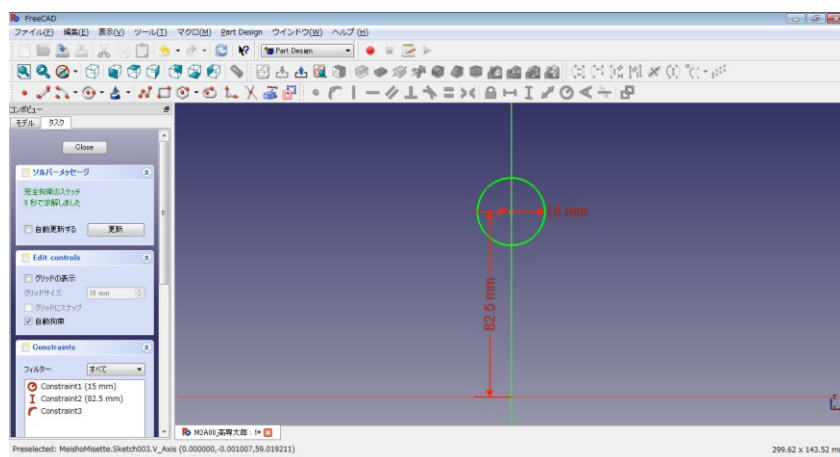
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択し「OK」を押す。
- ②ツールバーから  を選択し、円を作成する。



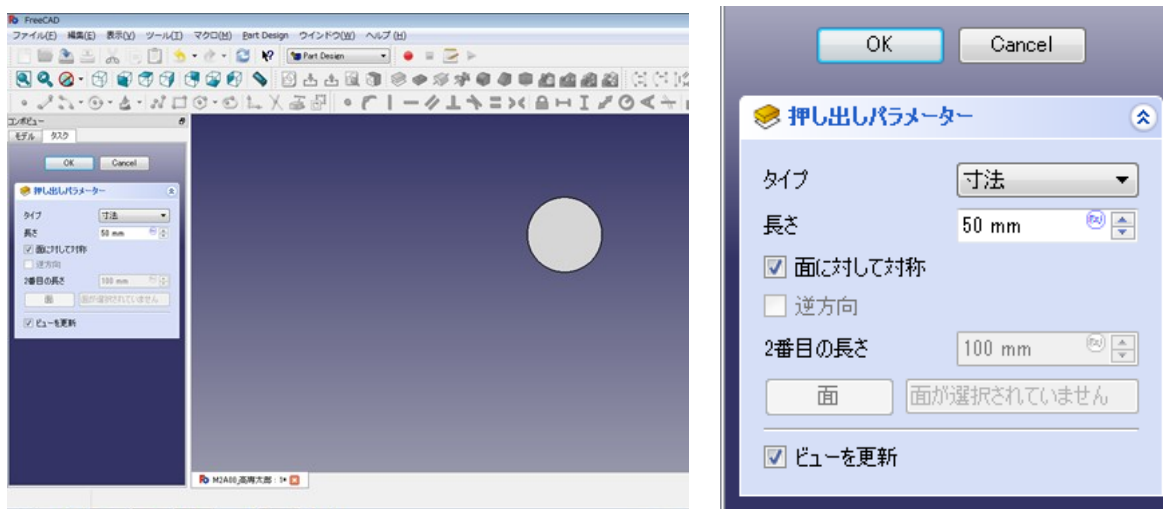
- ③円の半径(15mm)と中心点の位置は図のように入力する。



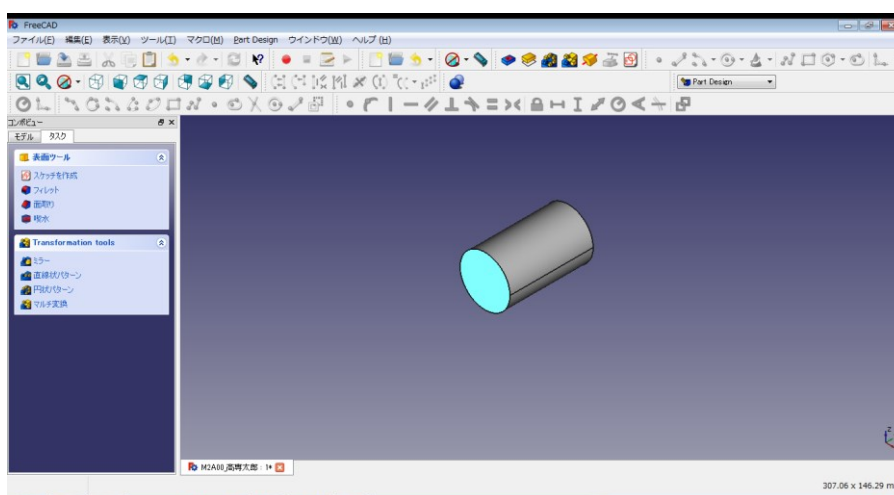
- ④円の中心点を中心線の縦軸上に拘束する。



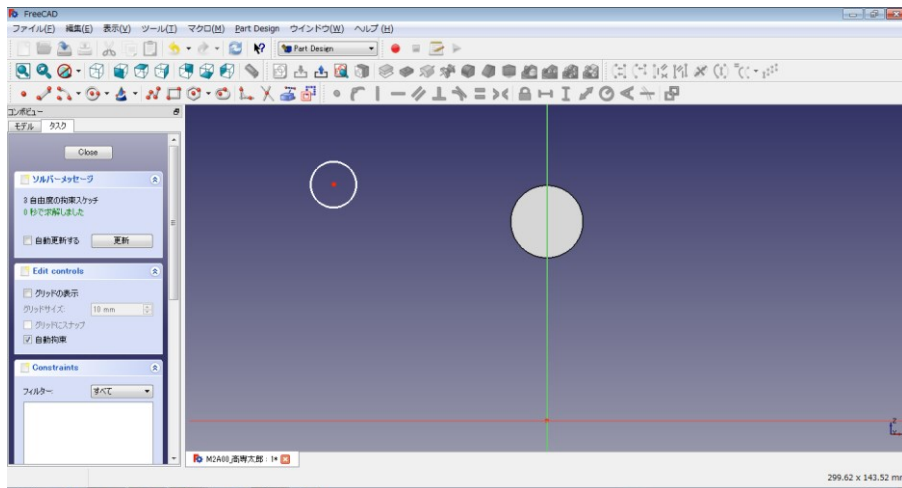
- ⑤ 「Close」を押して「Sketch」を閉じる。
- ⑥ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。
- ⑦ 押し出しパラメーターより、長さを 50mm にして「面に対して対称」をチェックして「OK」を押す。



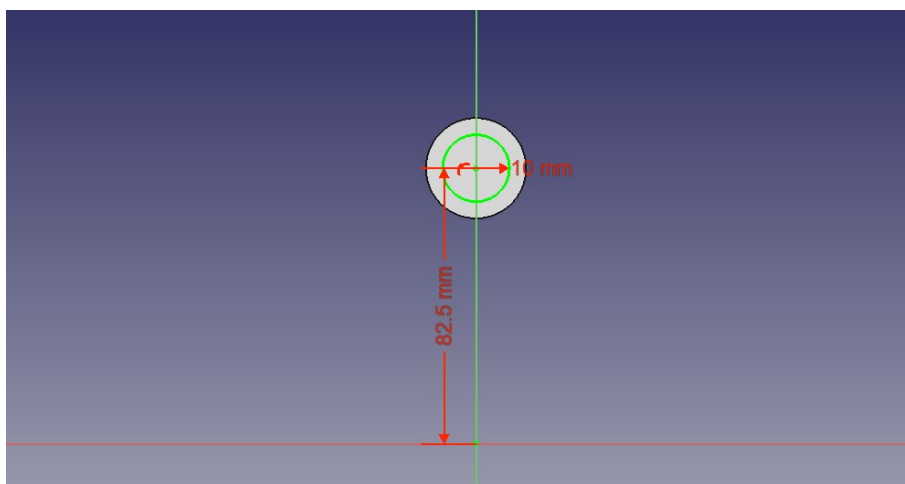
- ⑧ 円柱の片側の平面を選択し、スケッチを作成する。円柱の平面を基準にスケッチを作成する。



⑨ ツールバーから  を選択し、円を作成する。



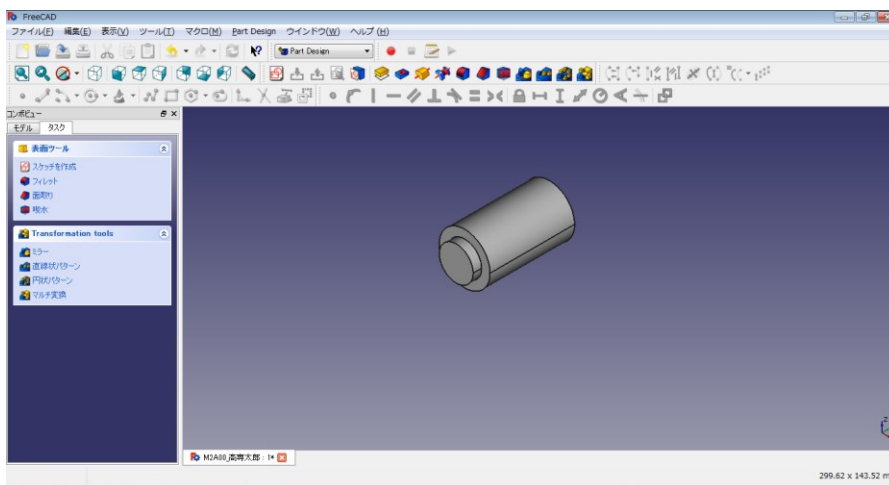
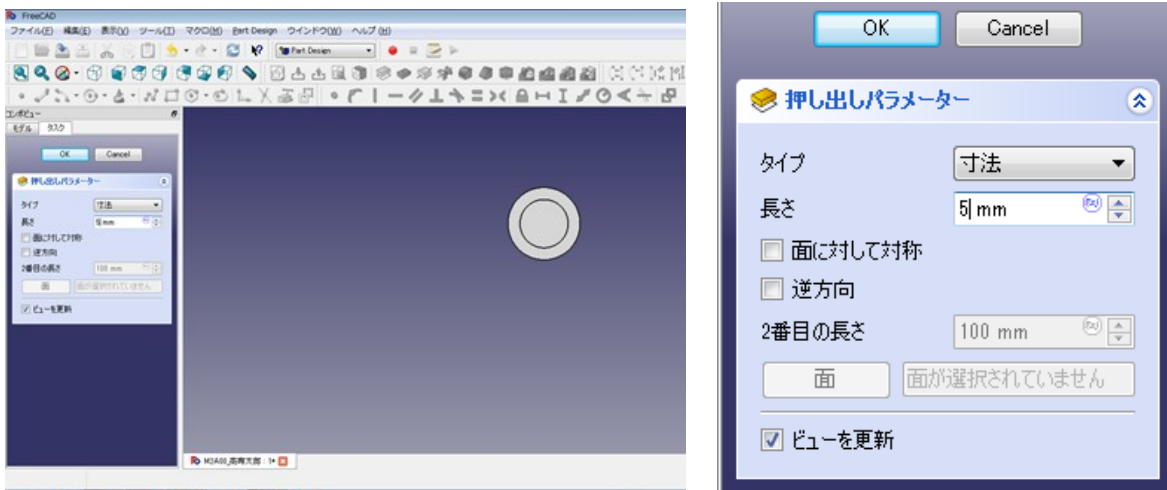
⑩ 円の半径と中心点の位置は図のように入力し、中心点を中心線の縦軸上に拘束する。



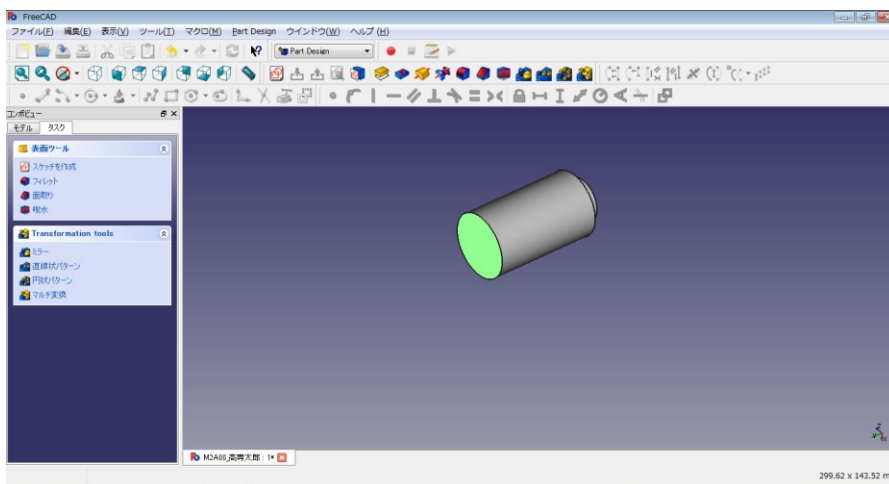
⑪ 「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

⑫ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。

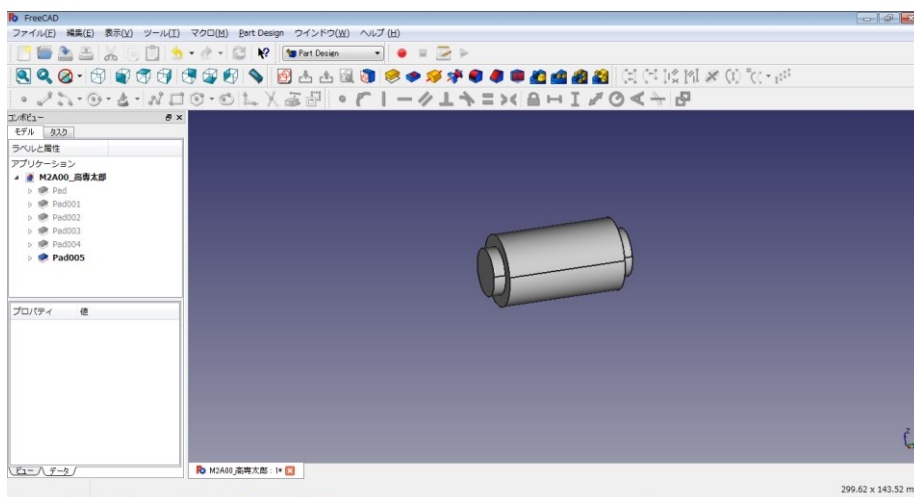
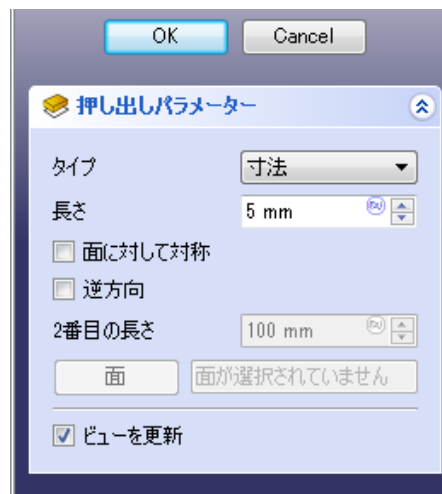
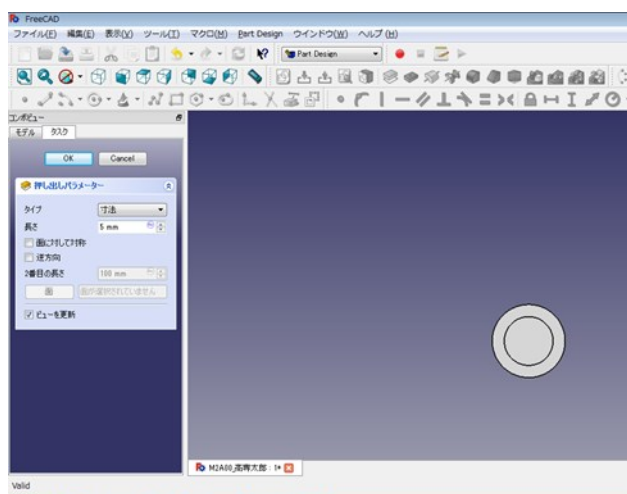
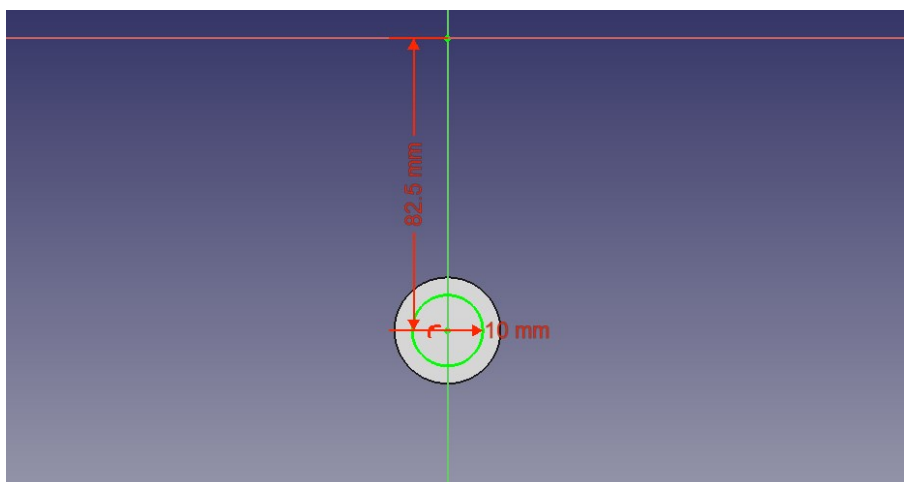
⑬押し出しパラメーターより、長さを 5mm にして「OK」を押す。




⑭もう一方の平面も⑨～⑬を行う。

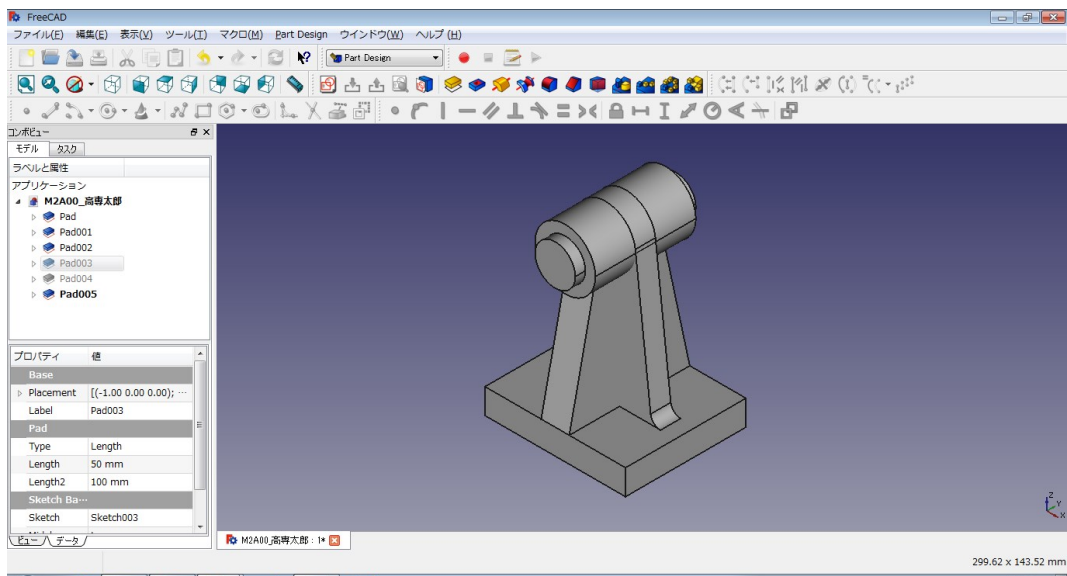


※図形の位置が上下反対になっていることに注意する。




⑮  上書き保存しておく。

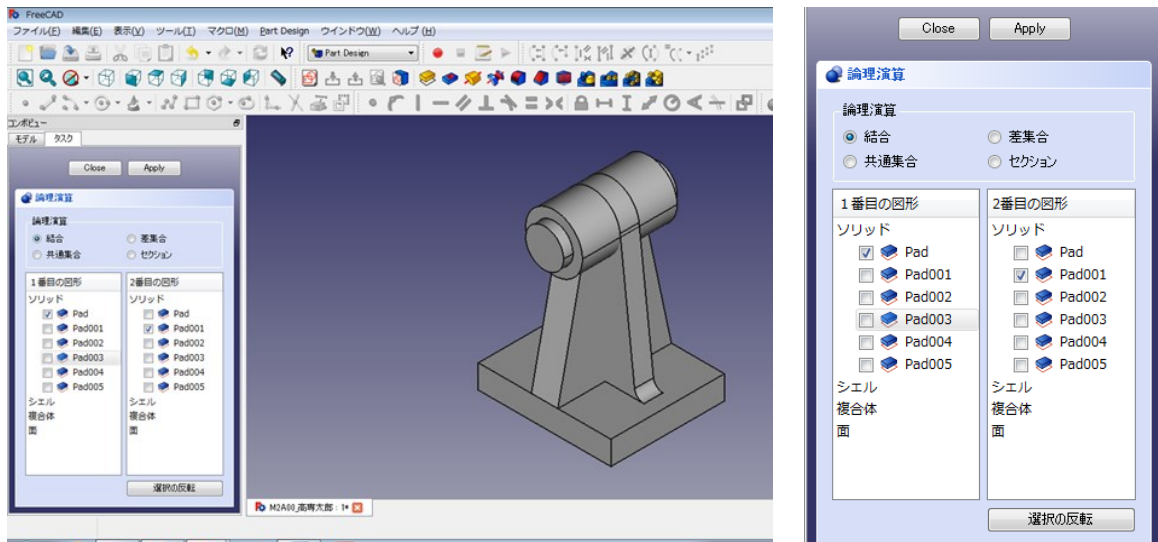
- ⑩ 「スペースキー」で隠れていた図形があれば、全て表示する。
(モデル欄より「Pad」, 「Pad001」, 「Pad002」を選択すると表示できる。)



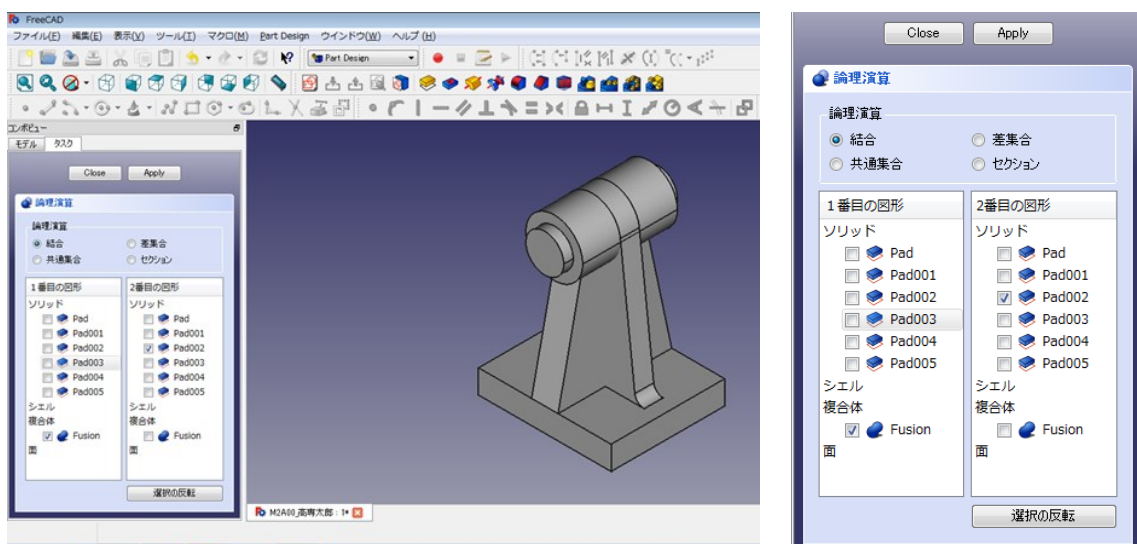
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。

(5)各モデルの結合

- ① ツールバーからを選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「結合」を押して結合するモデルを選択し、「Apply」を押す。



③ 結合したモデルは「Fusion」として表れる。



④ すべて結合するまで②を繰り返す。

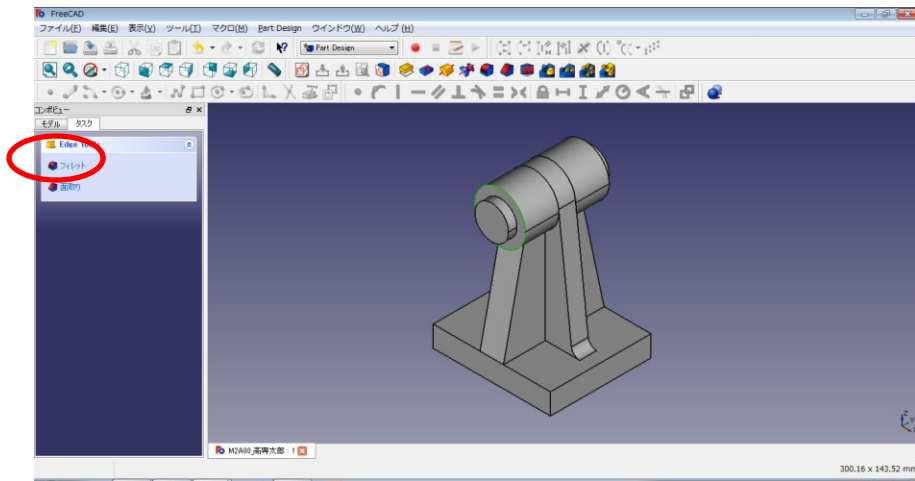
「Pad」と「Pad001」、「Fusion」と「Pad002」、「Fusion001」と「Pad005」の組み合わせで順番に結合する。

⑤ 「Close」を押して、 上書き保存する。

ワークベンチを「Part」→「Part Design」に切り替える。

(6)モデルの角に丸みをつける

①図のようにモデルの角を指定する。



②タスク欄の表面ツールより「フィレット」を選択し、半径を入力して「OK」を押す。

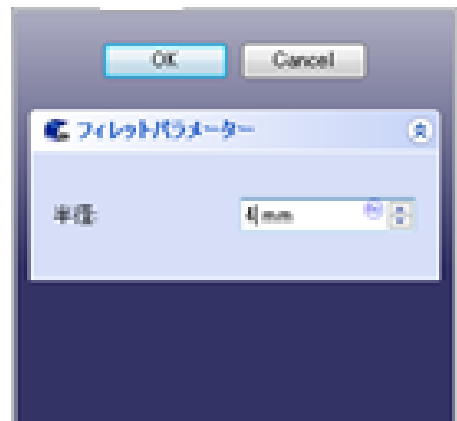
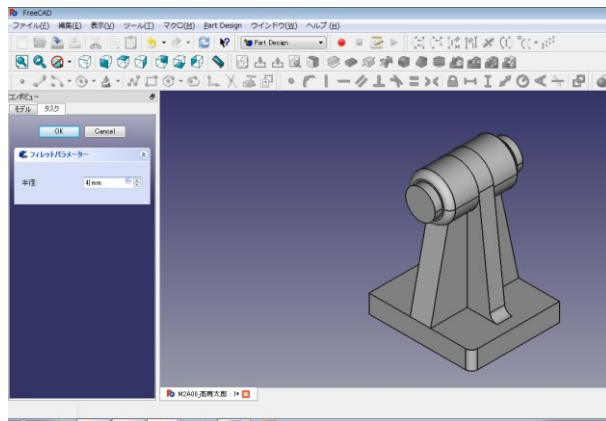
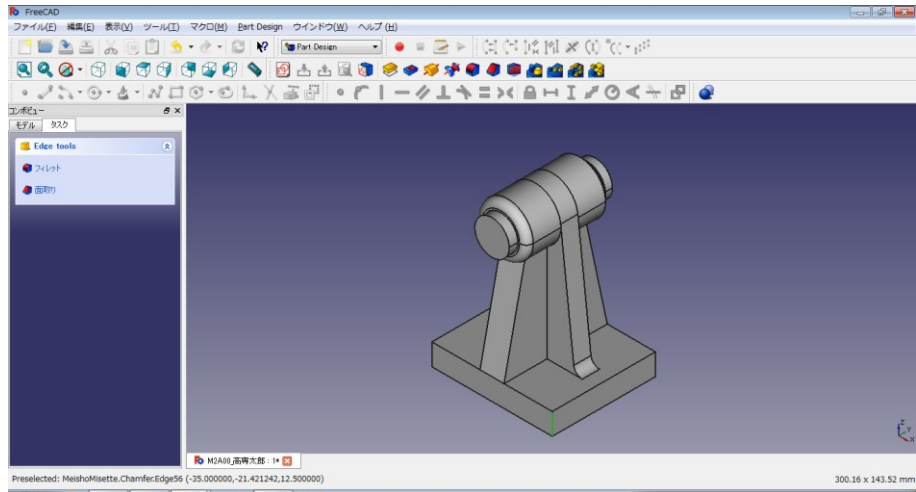


③必要なだけ繰り返す。

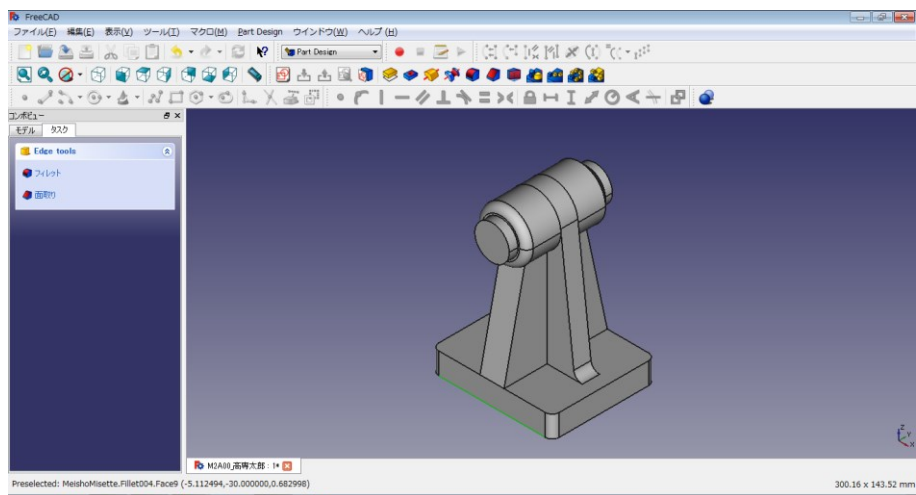
各図の角(緑線)はフィレットを付ける部分を示すが全体の一部分である。
全ての対応する角にフィレットを付けること。



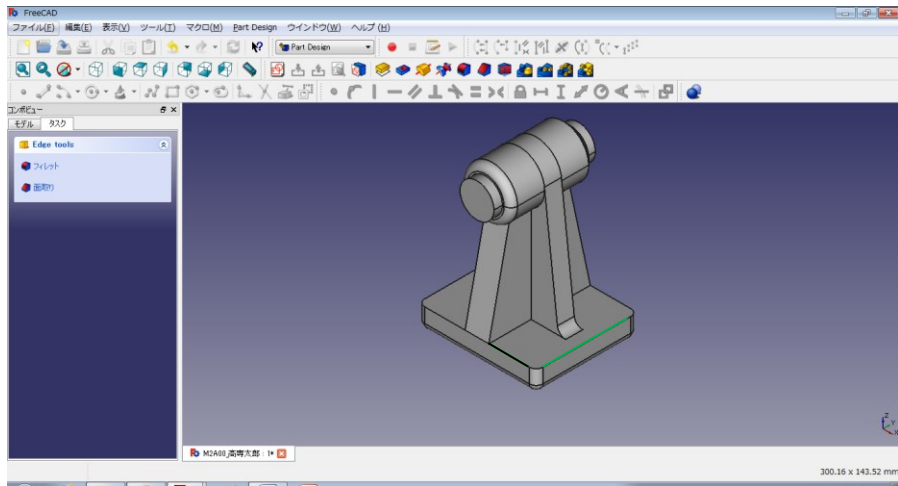
フィレットの半径は 4mm である。



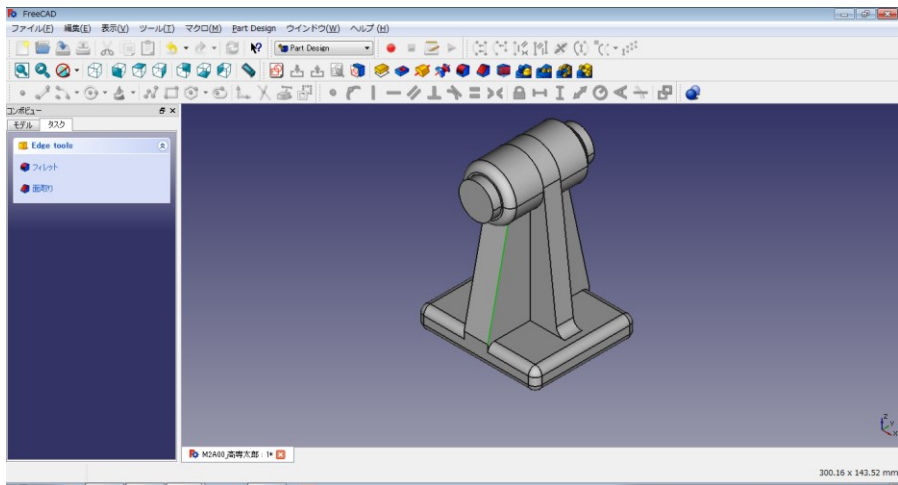
フィレットの半径は 4mm である。



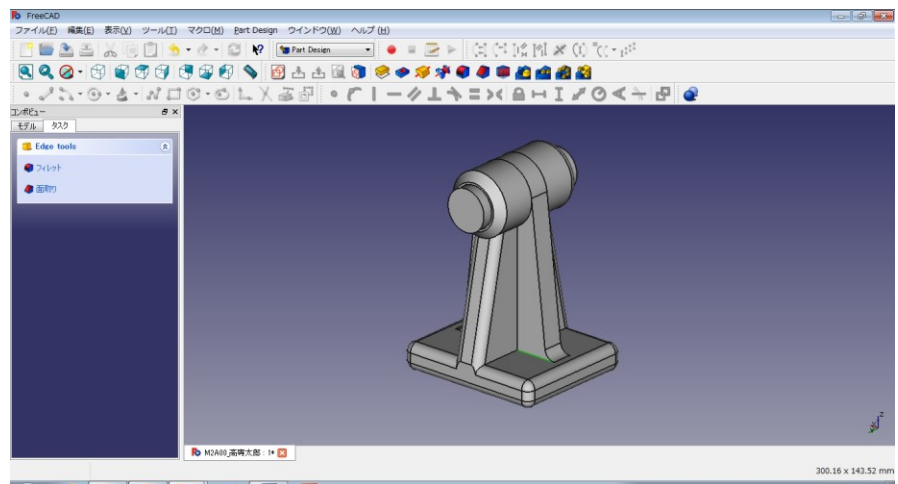
フィレットの半径は 4mm である。

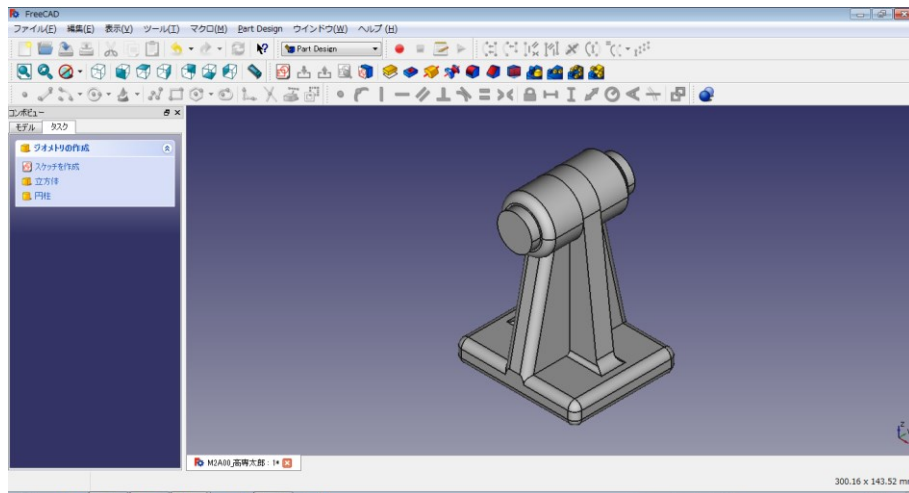



フィレットの半径は 4mm である。




フィレットの半径は 2mm である。

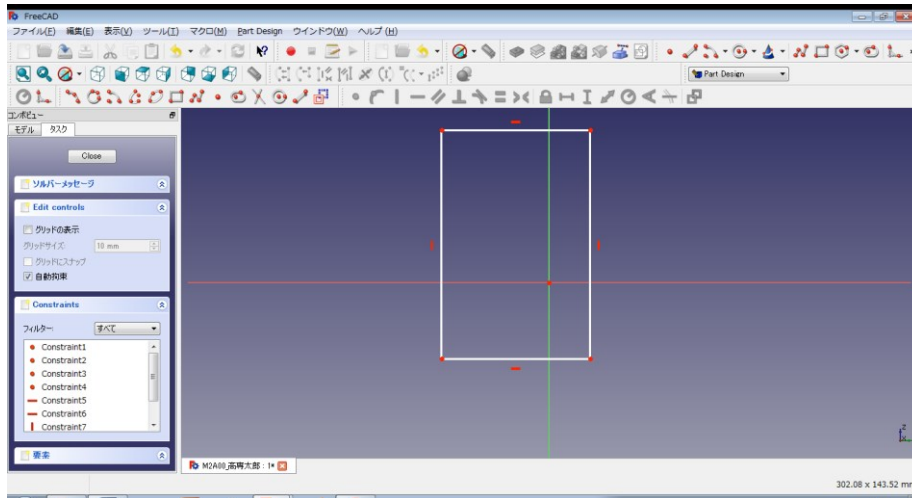




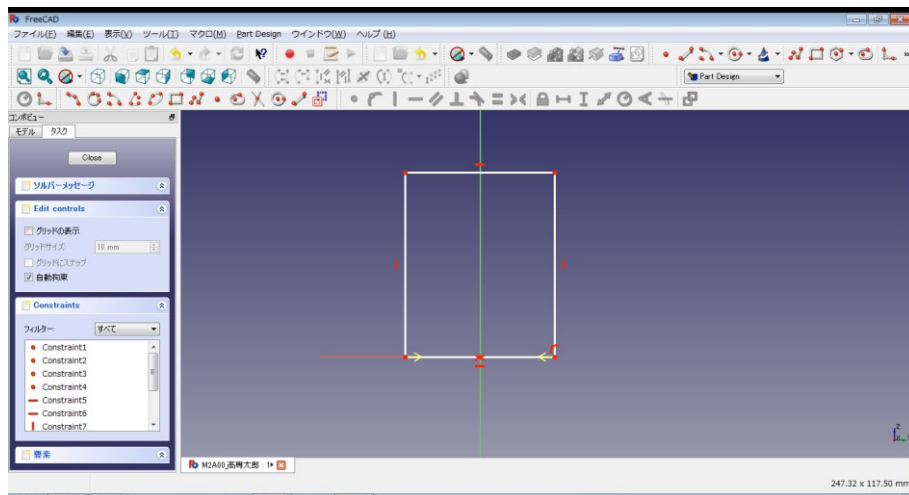
- ④  上書き保存しておく。
- ⑤ モデル欄より「Fillet016」を選択して「スペースキー」で図形を隠す。

(7)直方体の図形 1

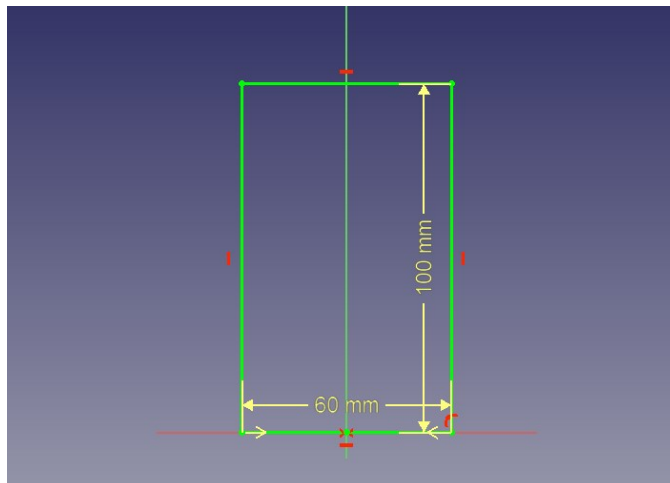
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きを「yz 平面」と選択し OK を押す。
- ②ツールバーからを選択し、四角形を作成する。




- ③四角形を図のように拘束する。



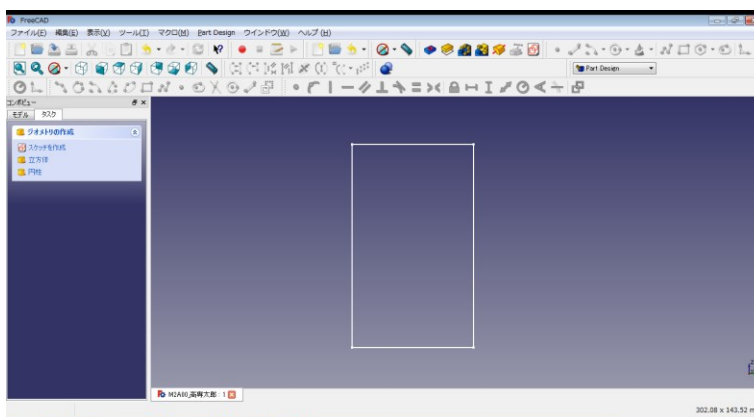
④四角形の寸法は図のように入力する。



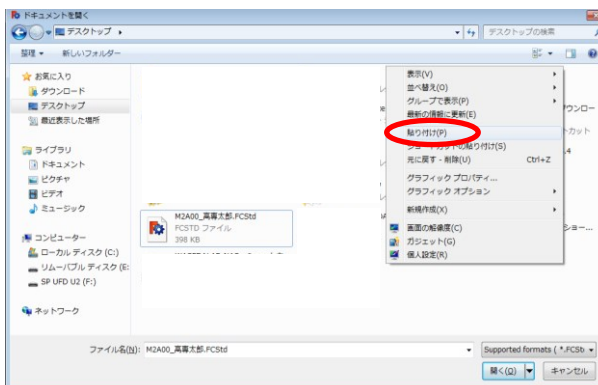
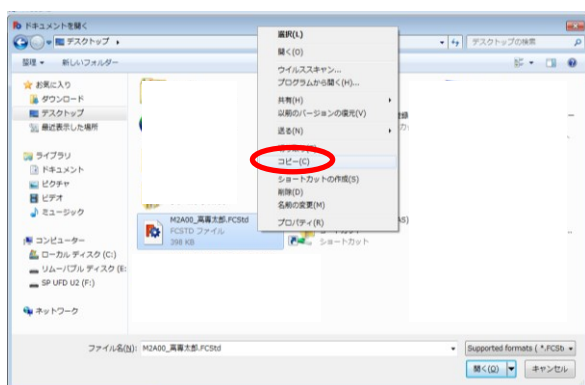
⑤「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

⑥  上書き保存する。

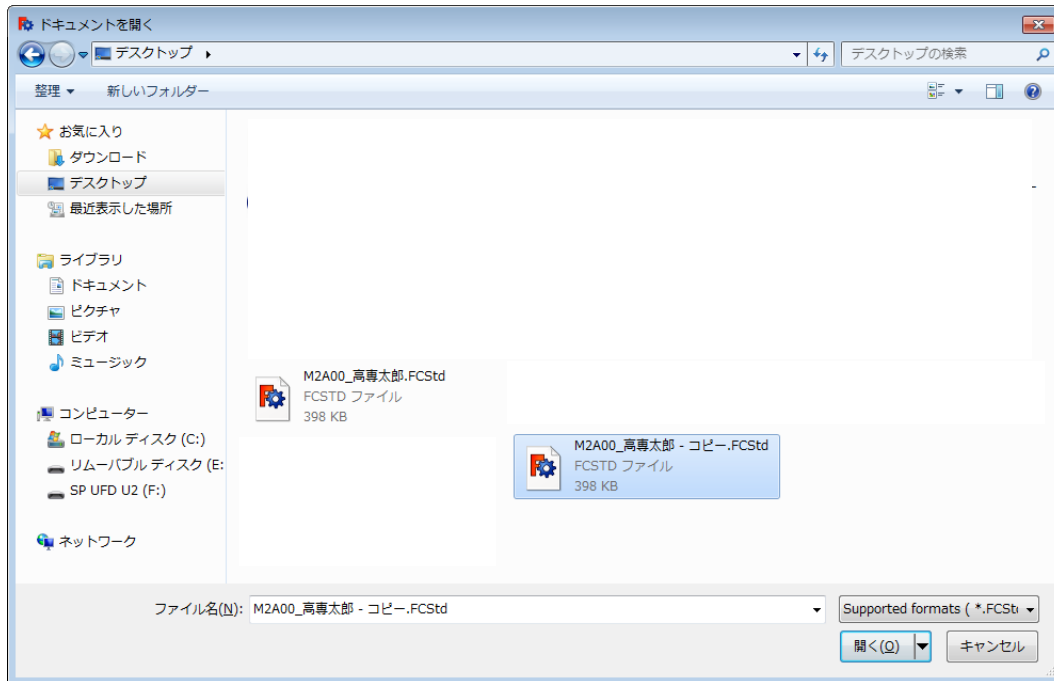
⑦ ツールバーから  を選択し、ドキュメントを開く。



⑧ デスクトップの「M2A00_高専太郎.FCStd」(例の場合)をコピーして、隣に張り付ける。



⑨ 「M2A00_高専太郎 - コピー.FCStd」と表示される。

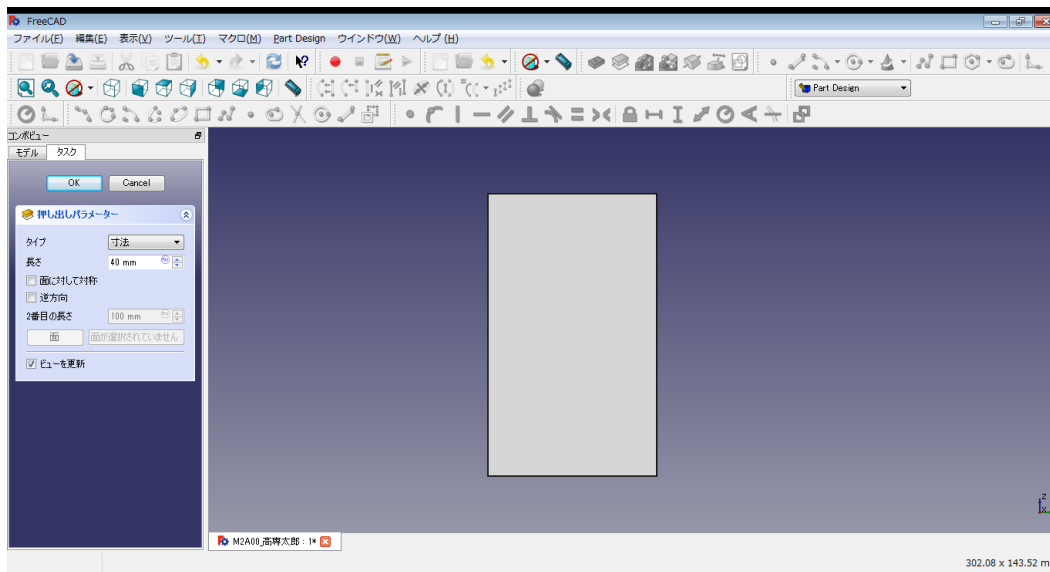


⑩ ドキュメントの「キャンセル」を押して閉じる。

⑪ モデル欄より「Sketch006」を選択する。

⑪ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。


⑫ 押し出しパラメーターより、長さを 40mm と入力して「OK」を押す。

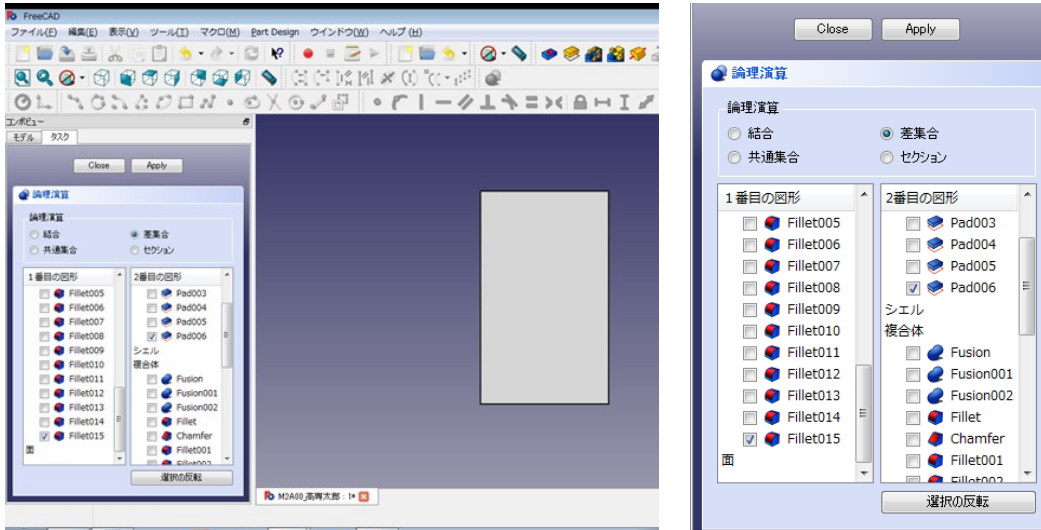


⑬ モデル欄より「Fillet016」を選択して「スペースキー」を押して図形を表示する。

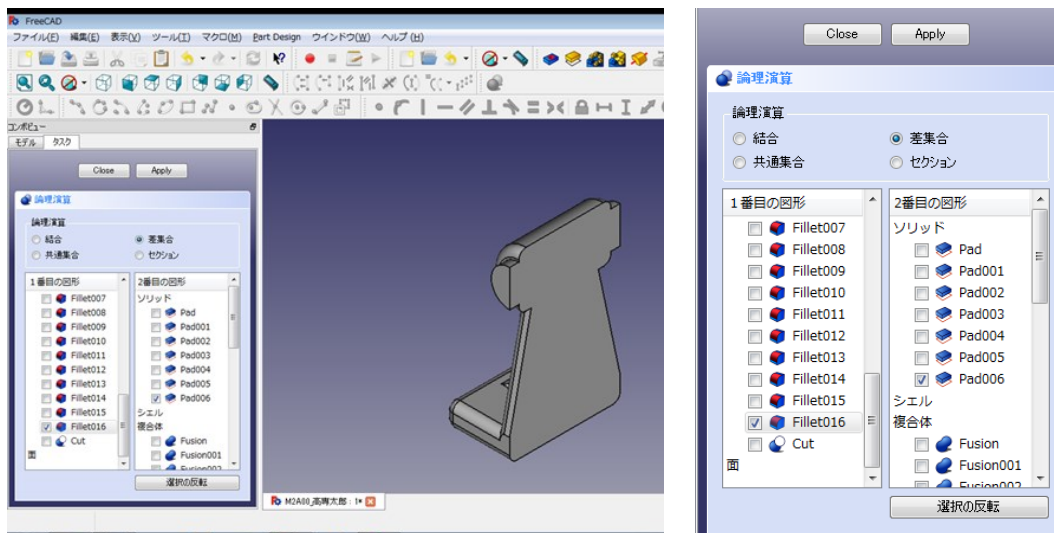
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。


(8)図形のカット

- ① ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「差集合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1番目の図形が引かれる図形で2番目の図形を引く図形を表す。



- ③ カットしたモデルは「Cut」として表れる。

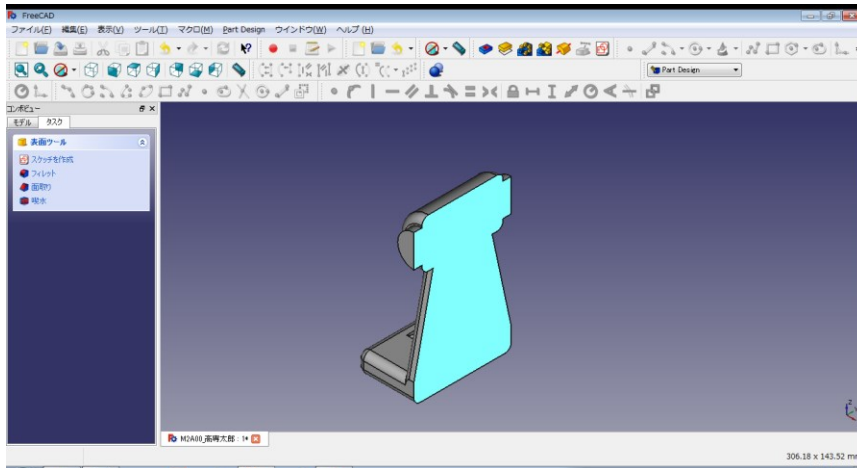



- ④ 「Close」を押して、 上書き保存する。

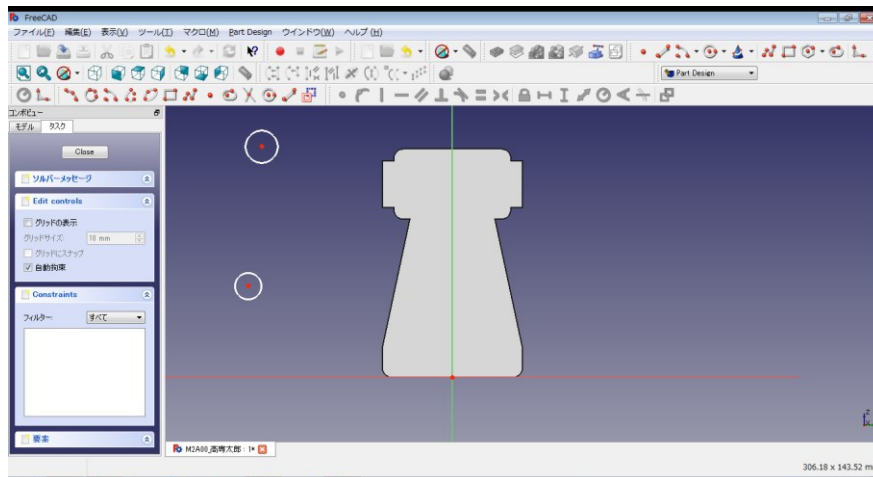
ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」に切り替える。

(9)ダボ側の図形

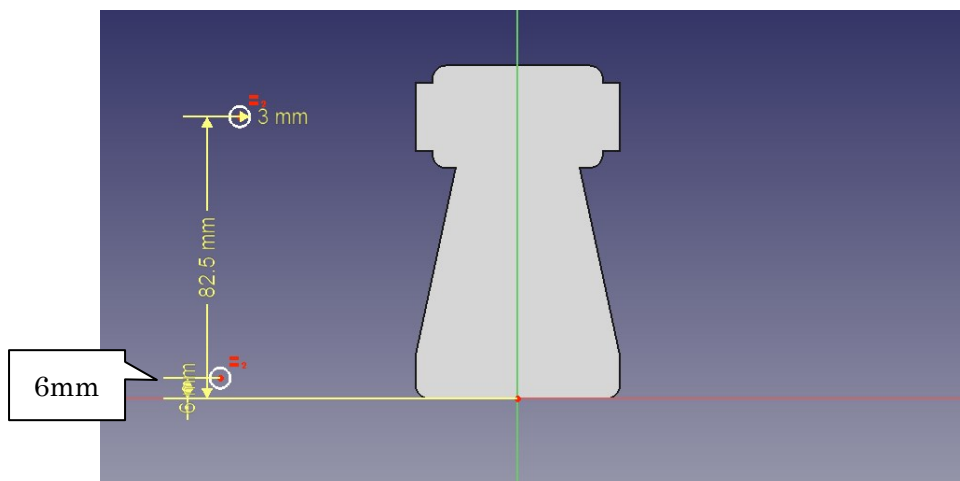
①図形の断面を指定してスケッチを作成する。



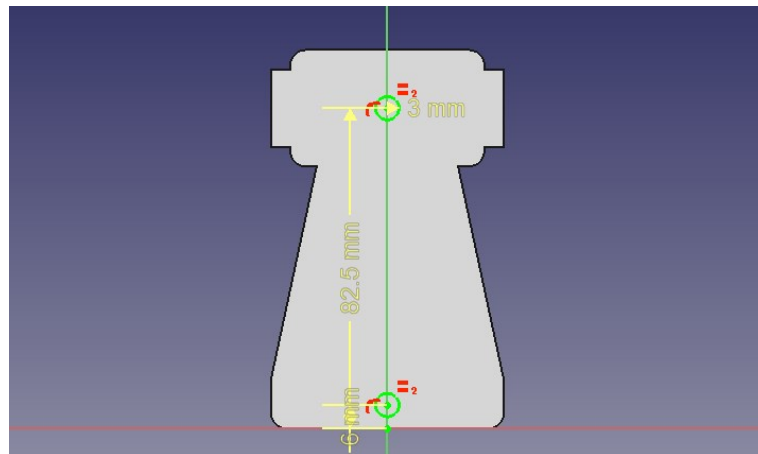
②ツールバーからを選択し、2つの円を作成する。



③2つの円の半径は同じ寸法(3mm)でそれぞれの中心点の位置は図のように入力する。



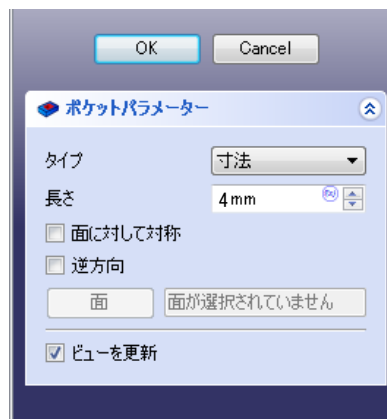
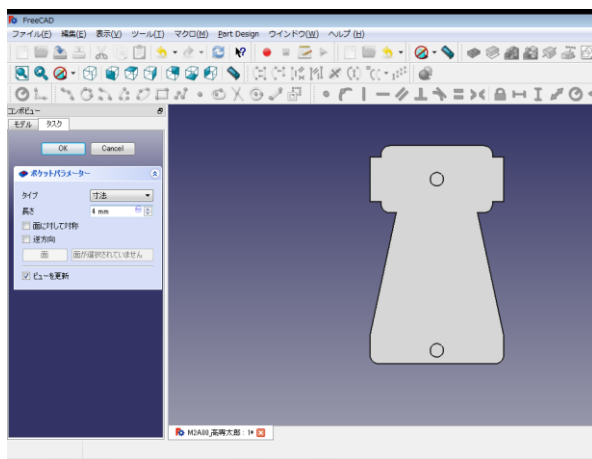
④円を中心線の縦軸上に拘束する。



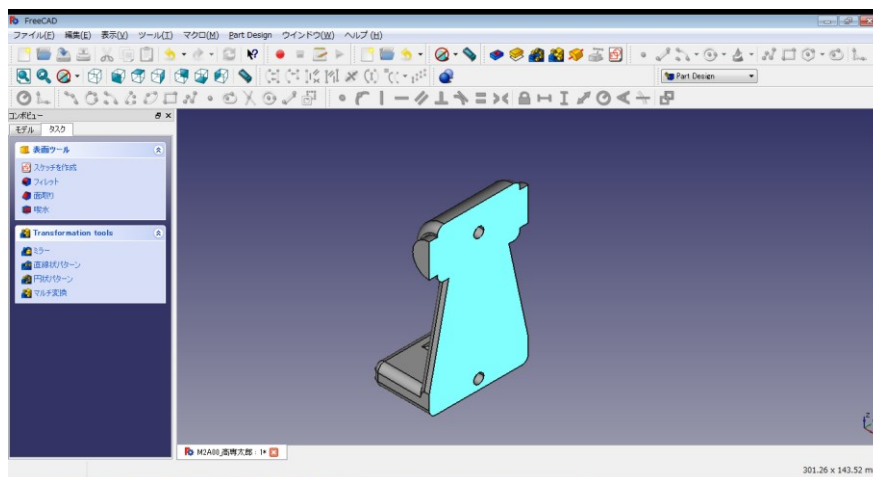
⑤「Close」を押して Sketch を閉じる。

⑥タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」を選択する。

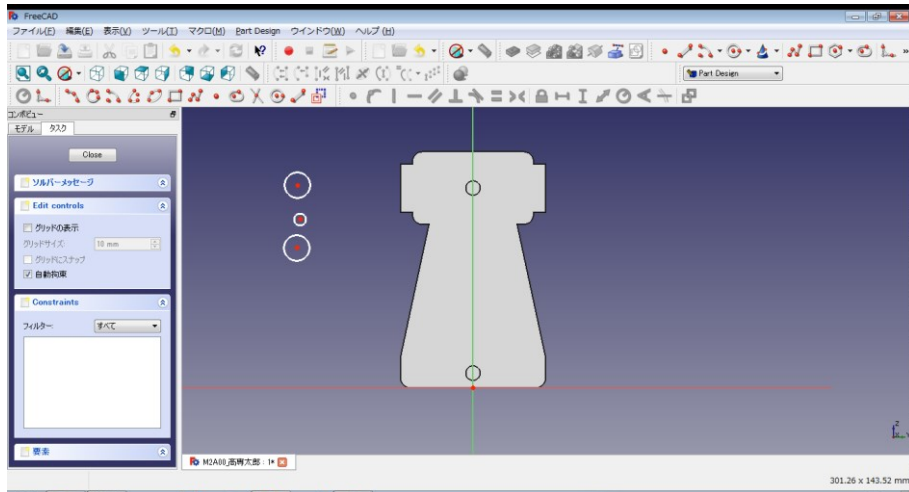
⑦ポケットパラメーターより、長さを 4mm にして「OK」を押す。



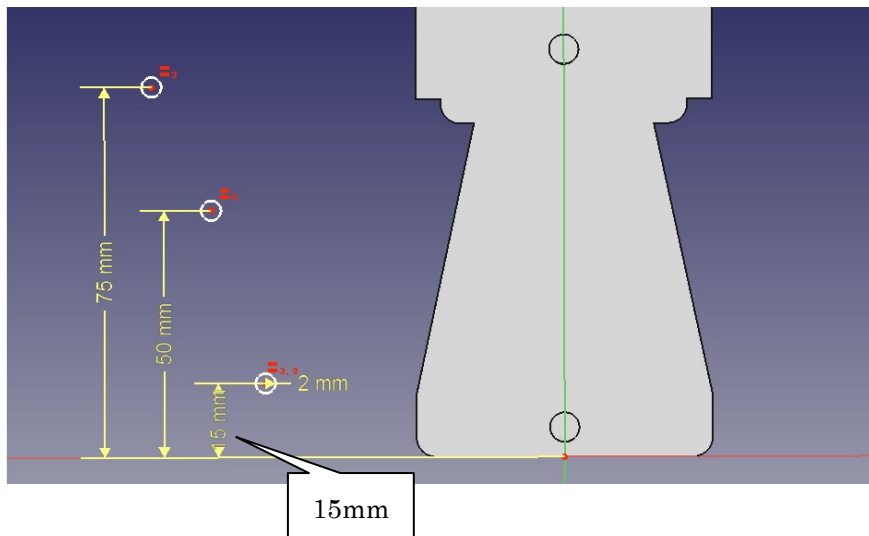
⑧図形の断面を指定してスケッチを作成する。



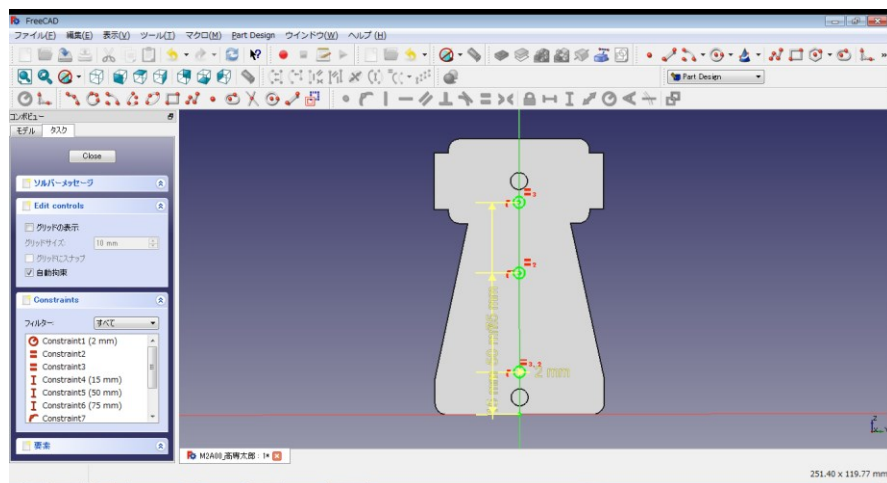
⑨ ツールバーから  を選択し、3つの円を作成する。



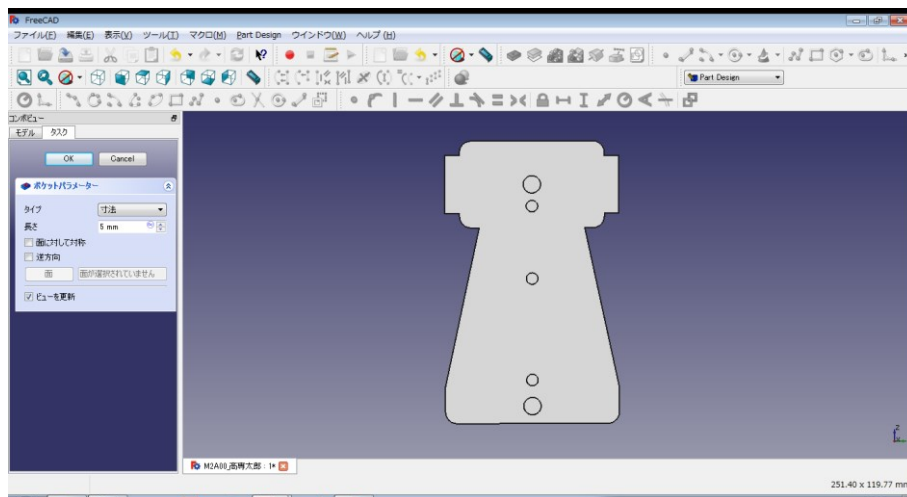
⑩ 3つの円の半径は同じ寸法(2mm)で中心点の位置は図のように入力する。



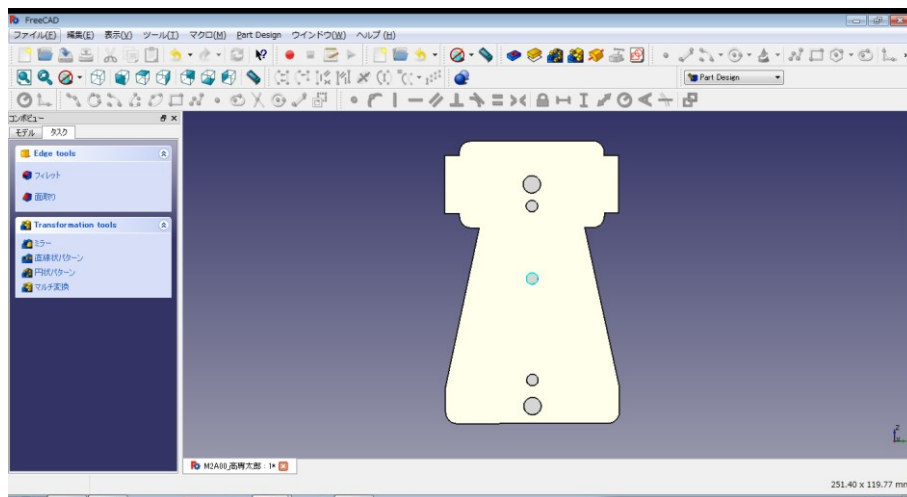
⑪ 円を中心線の縦軸上に拘束する。



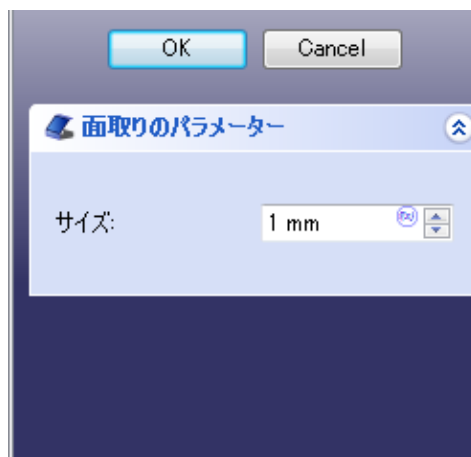
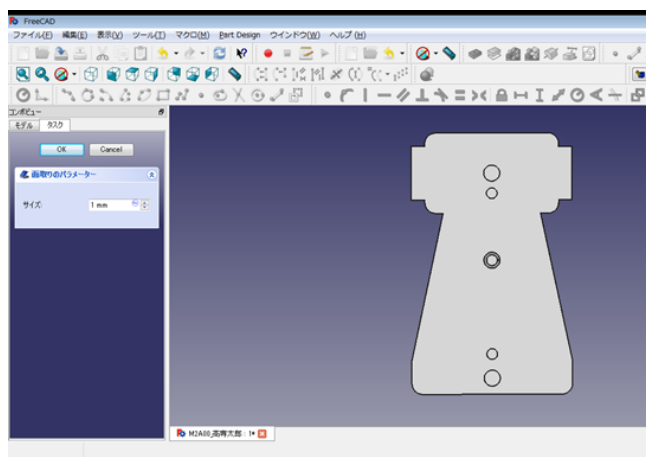
- ⑫ 「Close」 を押して 「Sketch」 を閉じる。
- ⑬ タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」 を選択する。
- ⑭ ポケットパラメーターより、長さを 5mm にして 「OK」 を押す。




- ⑮ 図のようにポケットを付けた真ん中の円の縁を選択する。

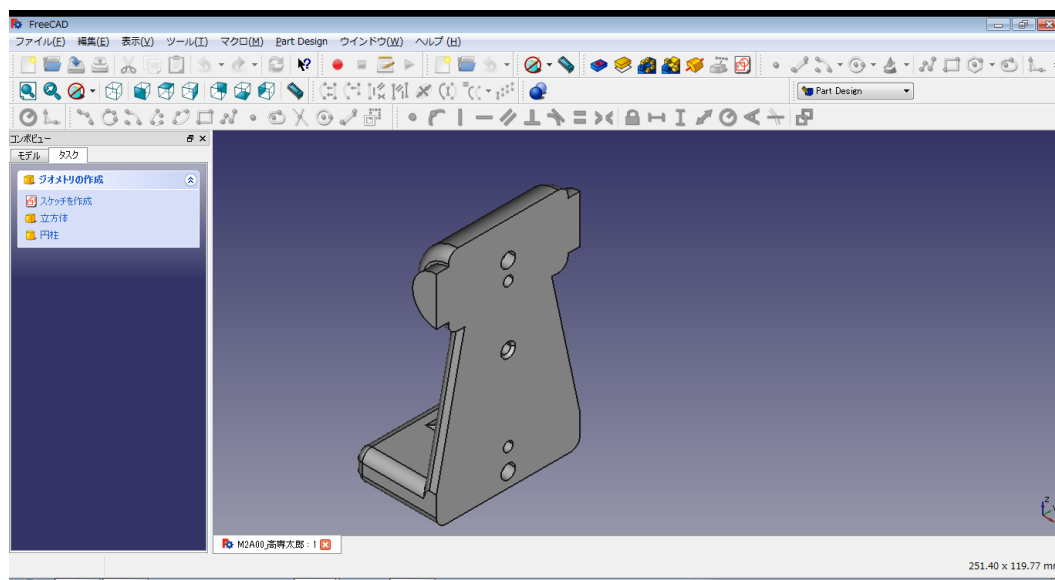


⑩ タスク欄の表面ツールより「面取り」を選択し、サイズを入力して「OK」を押す。




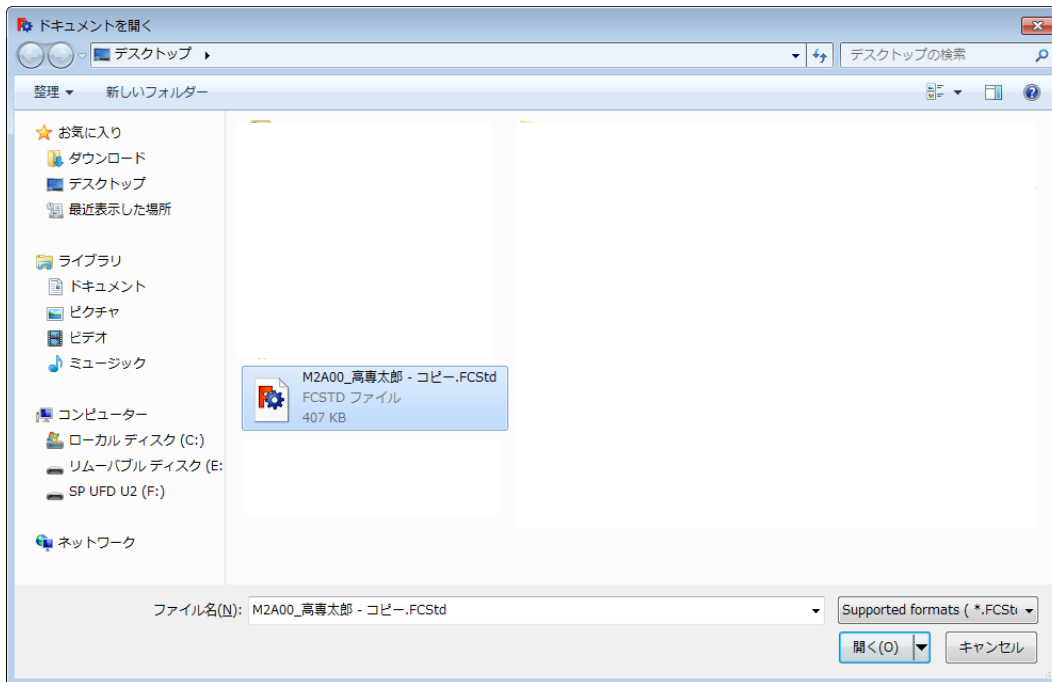
⑪  上書き保存する。

ダボ側の図形は完成である。このファイルは閉じておく。

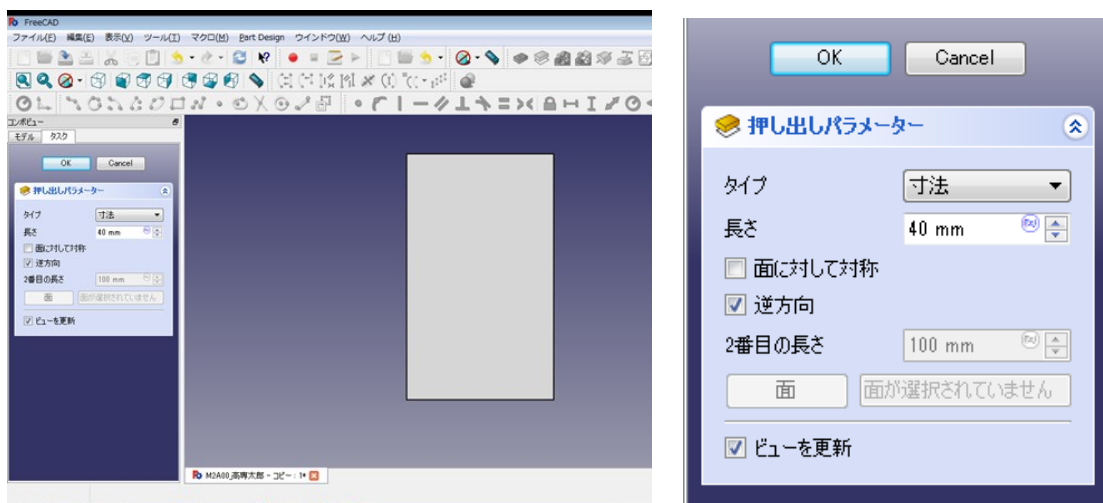


(10)直方体の図形 2

- ① ツールバーから  を選択し、ドキュメントを開く。
- ② デスクトップの「M2A00_高専太郎ーコピー.FCStd」を開く。




- ③ モデル欄より「Sketch006」を選択する。
- ④ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。
- ⑤ 押し出しパラメーターより、長さを 40mm と入力し、「逆方向」をチェックして「OK」を押す。

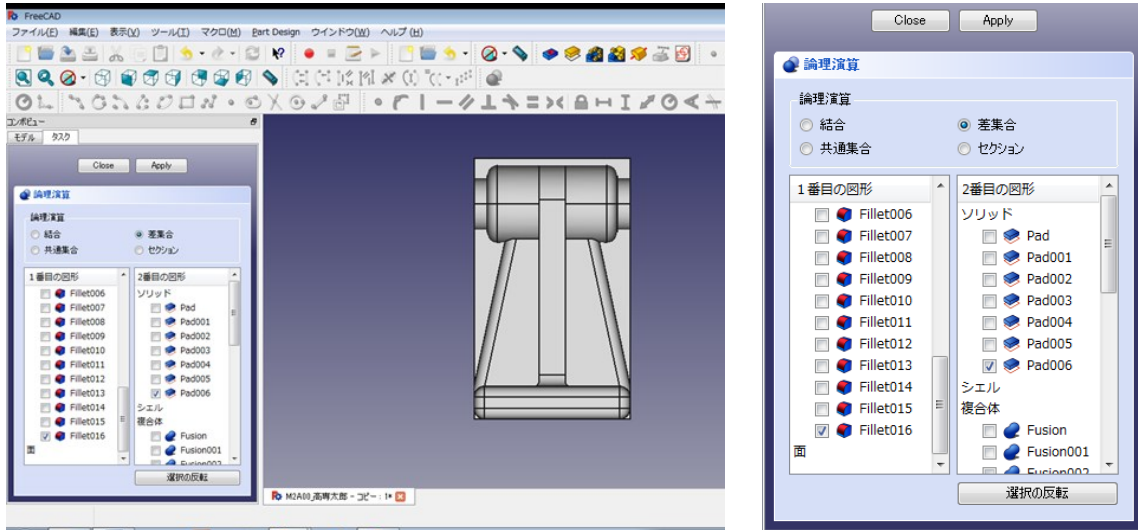


- ⑥ モデル欄より「Fillet016」を選択し、「スペースキー」を押して図形を表示する。

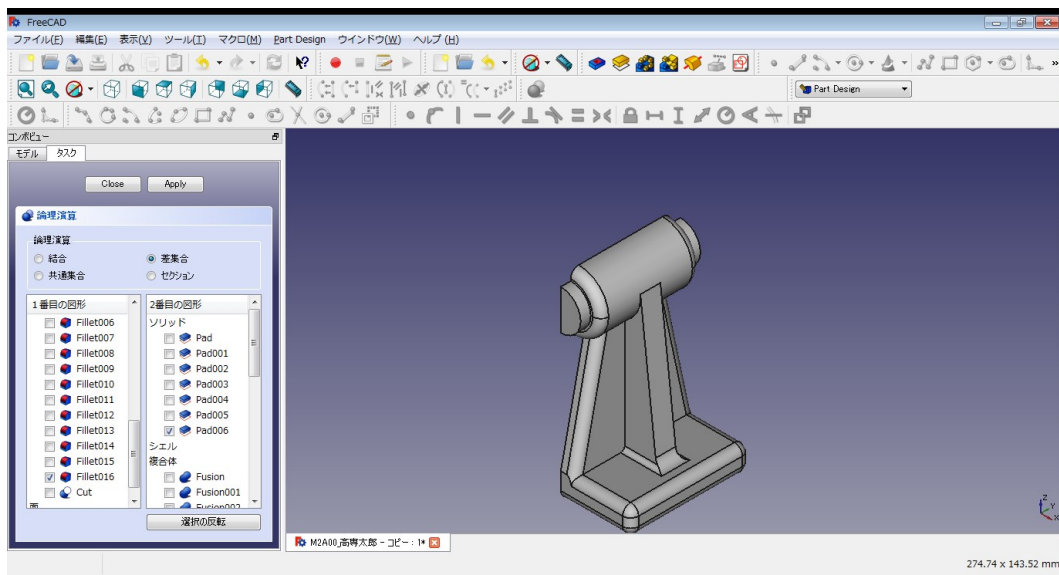
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。


(11)図形のカット 2

- ① ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「差集合」を押してカットするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1番目の図形が引かれる図形で2番目の図形を引く図形を表す。




- ③ 結合したモデルは「Cut」として表れる。

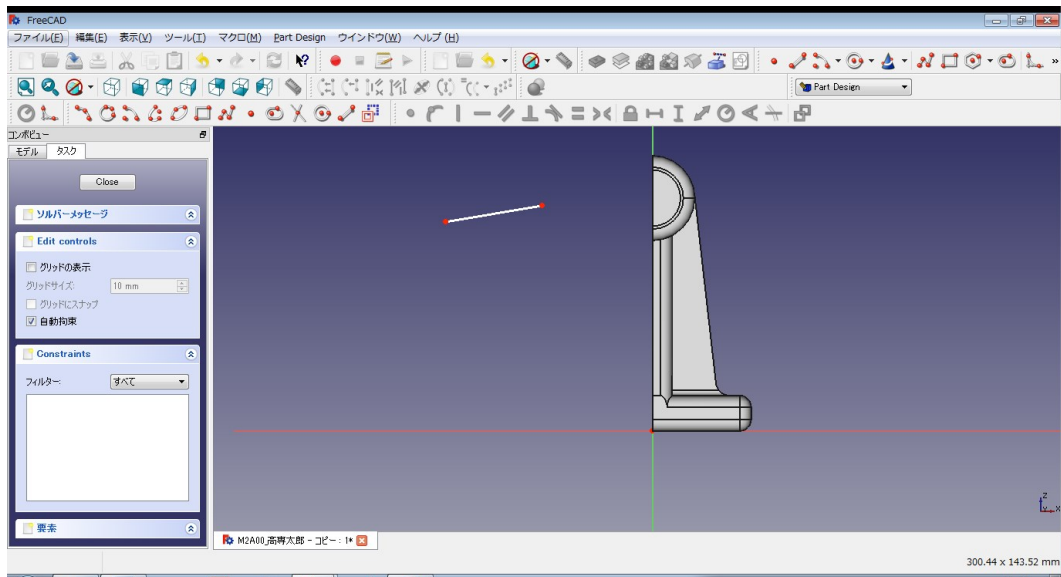


- ④ 「Close」を押して、 上書き保存する。

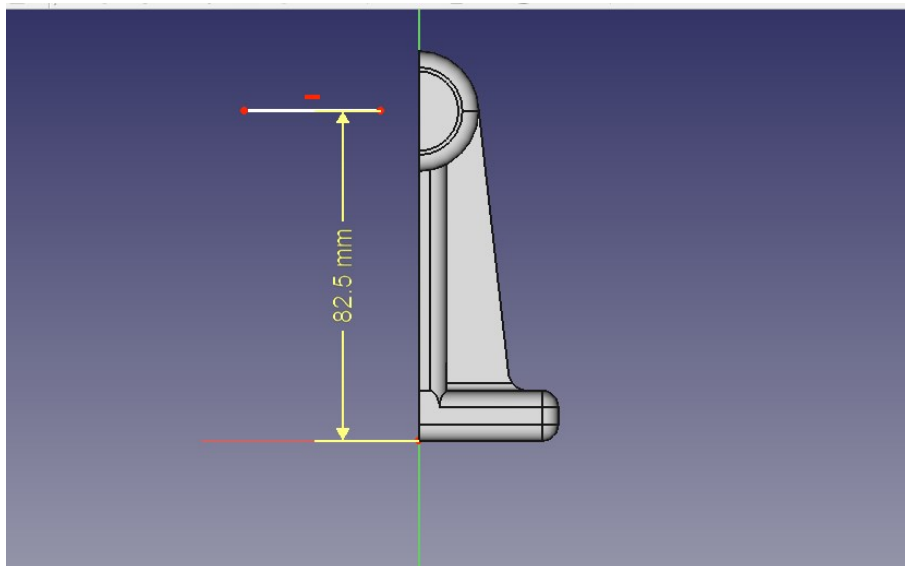
ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」に切り替える。

(12)ダボ穴の図形

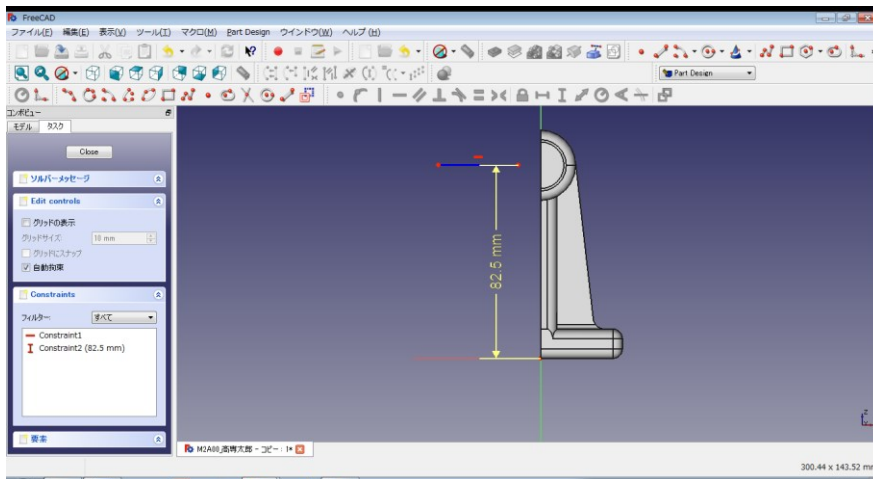
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択し「OK」を押す。
- ②ツールバーからを選択し、直線を作成する。




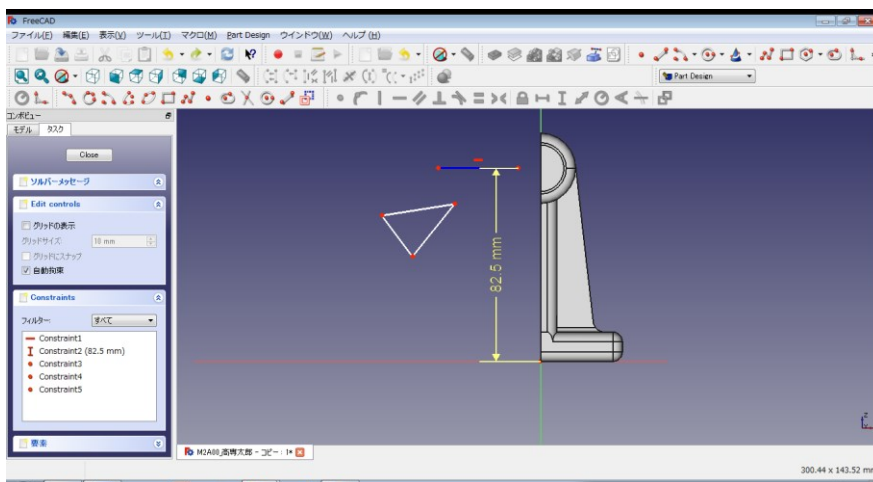
- ③直線を水平になるように拘束し、図のように位置を入力する。



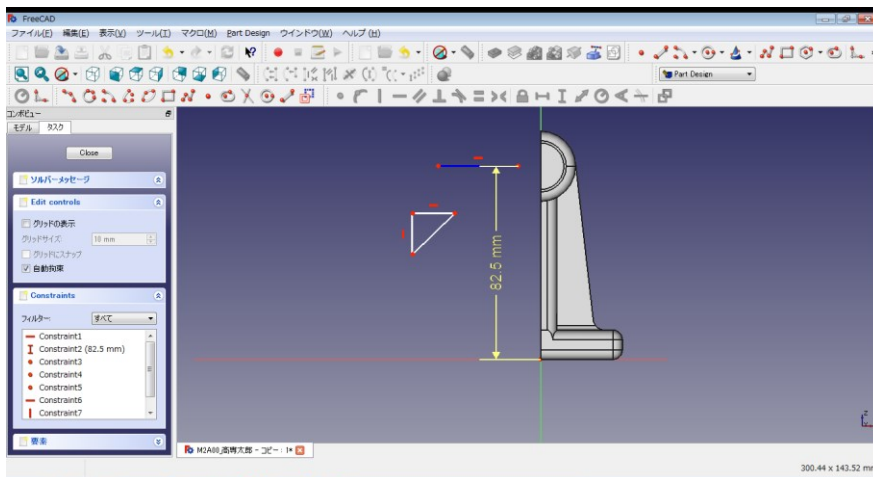
④直線を選択し、ツールバーからを選択して補助モードに切り替える。



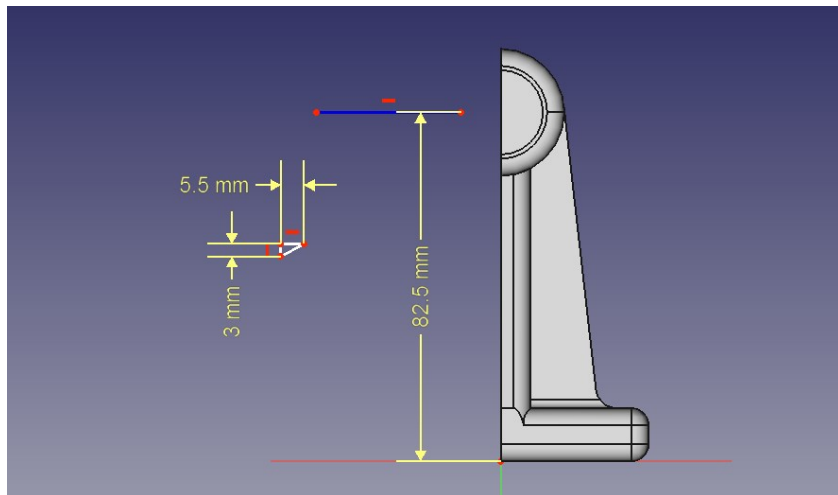
⑤ツールバーからを選択し、三角形を作成する。



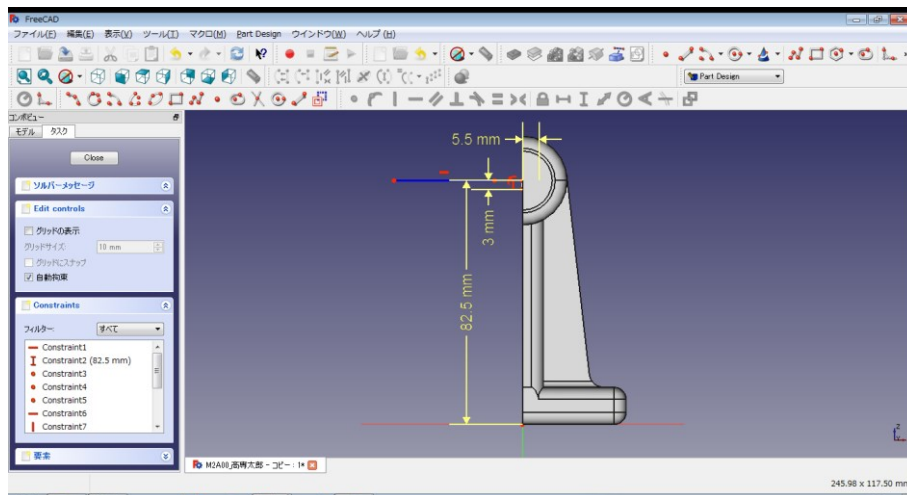
⑥図のように直角三角形として拘束する。



⑦図のように寸法を入力する。



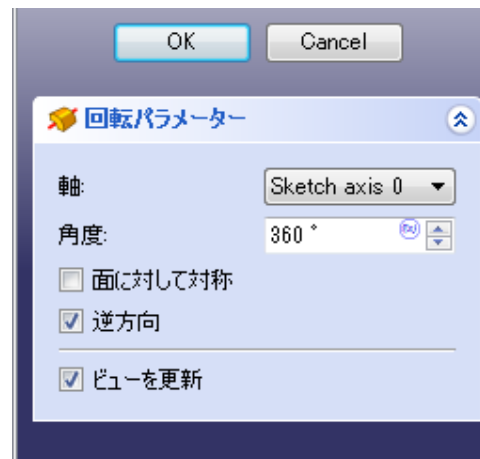
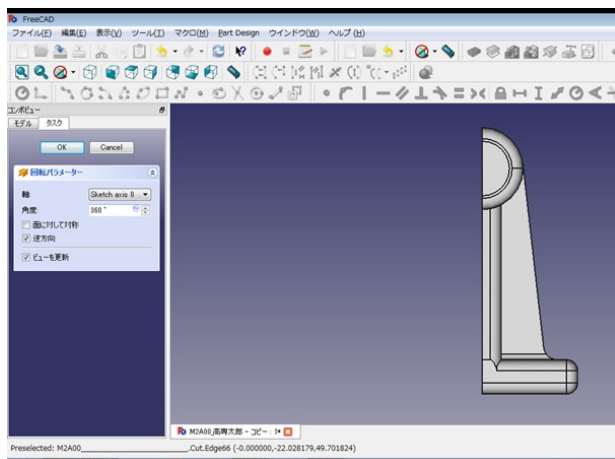
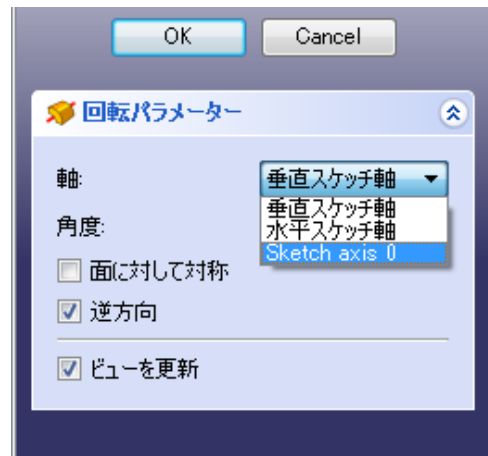
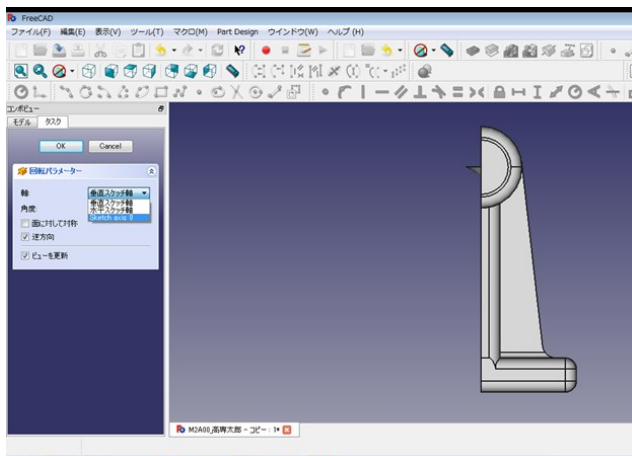
⑧三角形の直角となる点を直線上(補助モード)と接点拘束し、またその点を中心線の縦軸上とも拘束する。



⑨「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

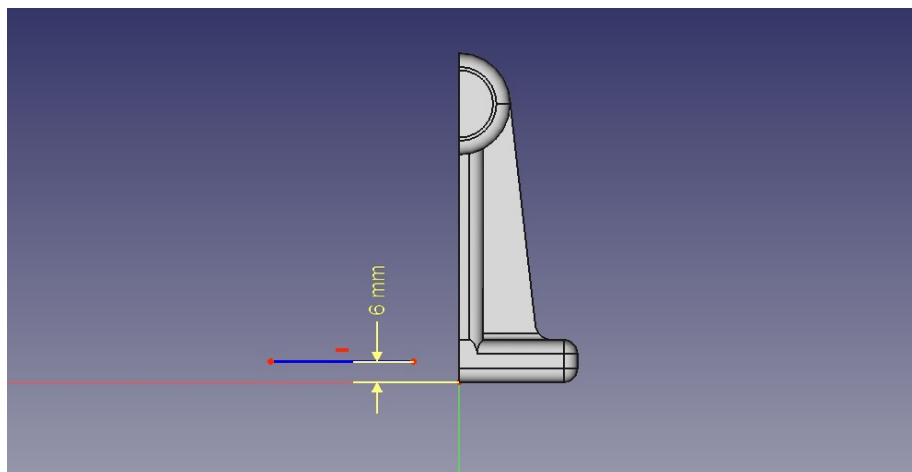
⑩タスク欄のスケッチツールより、「回転体」を選択する。

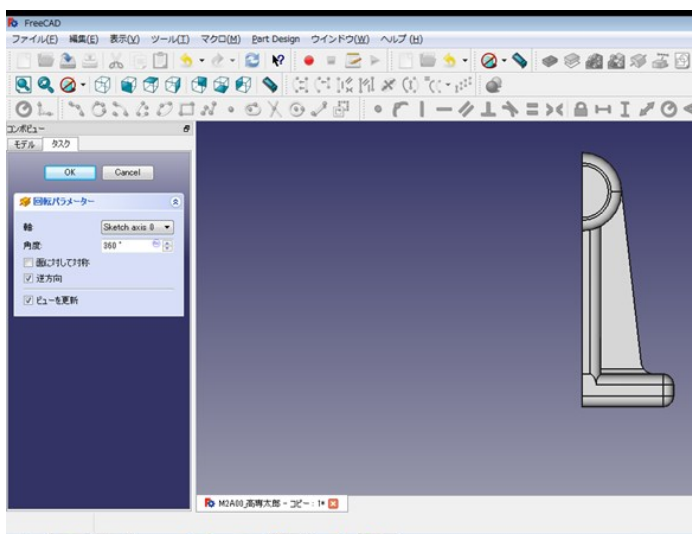
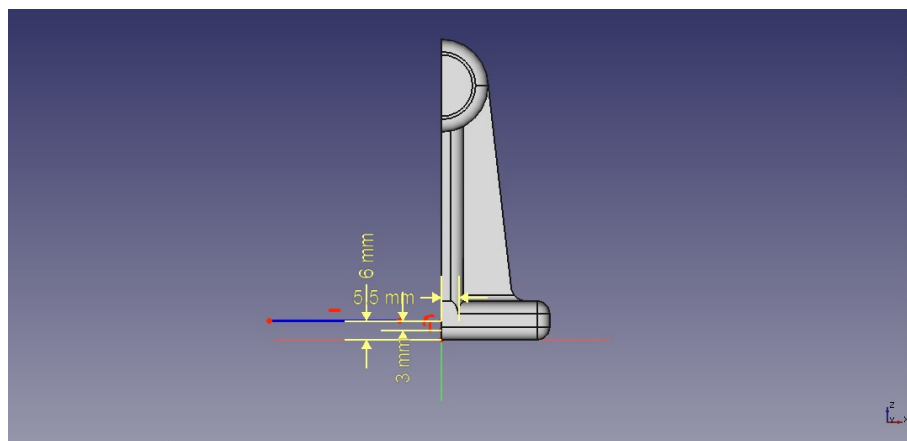
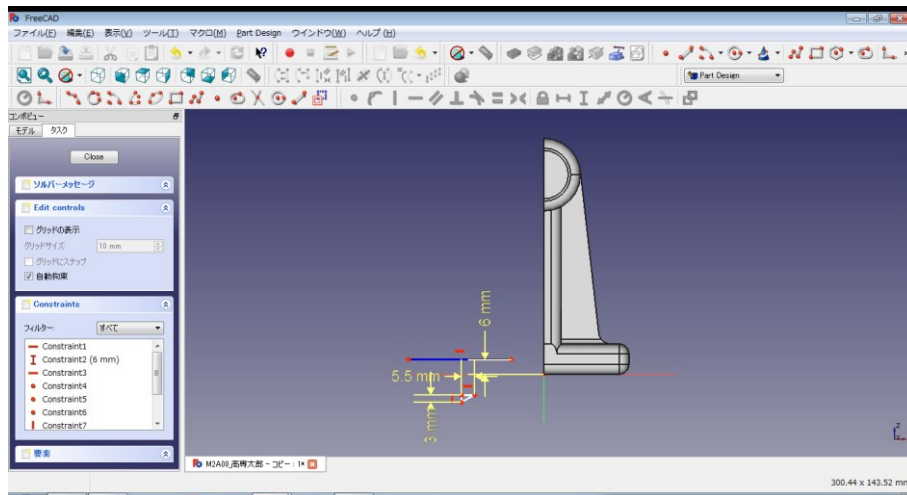
⑪回転パラメーターより、軸を「sketch axis 0」を選択し、「OK」を押す。




⑫①～⑫の手順をもう一度行う。

ただし、直線(補助モード)の位置は図のように変更すること。

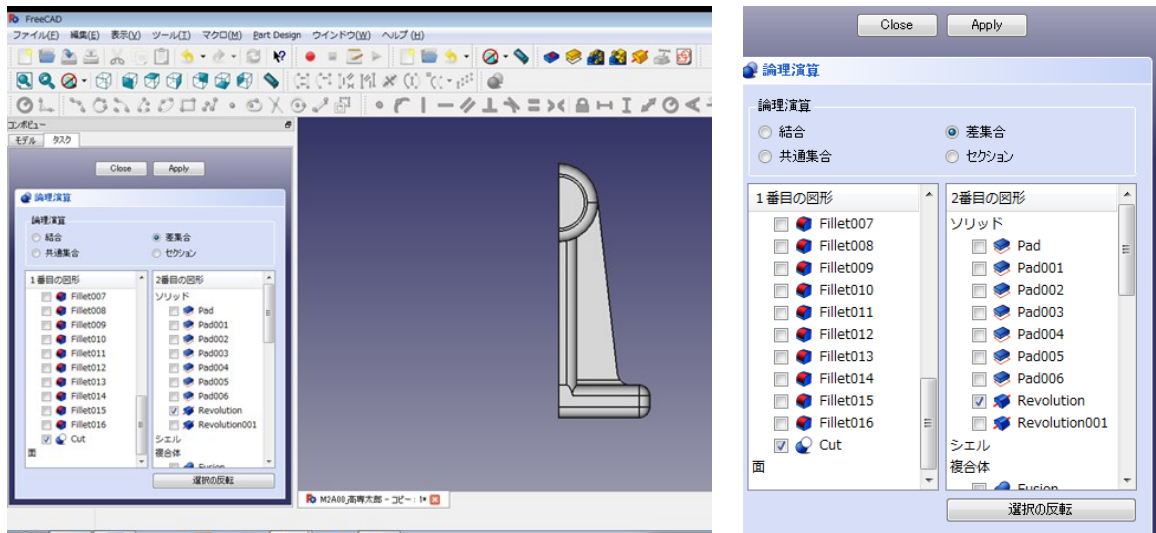




ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。

⑬ ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。

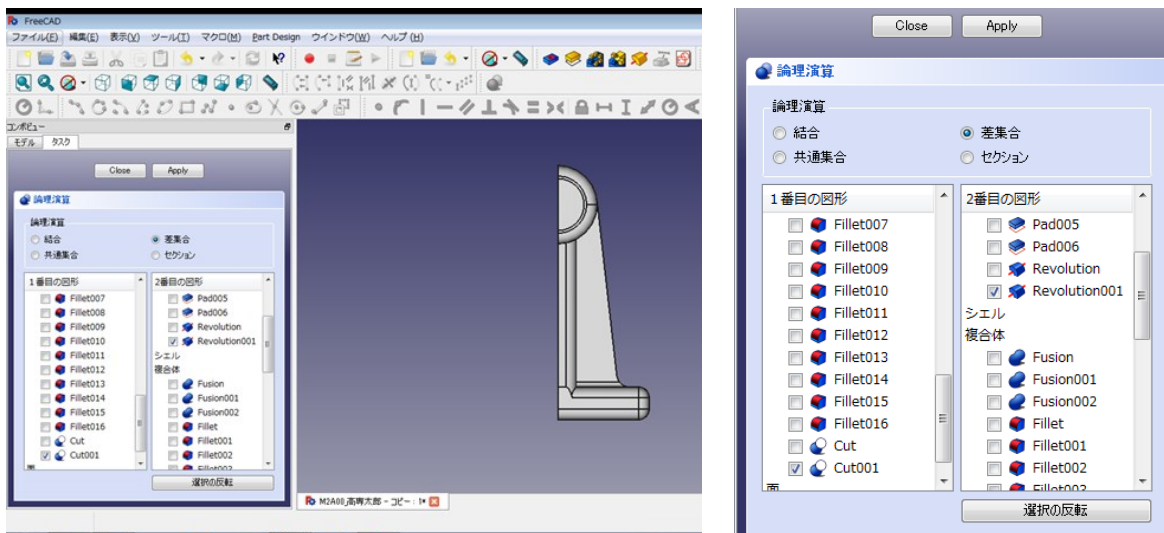
- ⑭図のように「差集合」を押してカットするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1番目の図形が引かれる図形で2番目の図形を引く図形を表す。




- ⑮カットしたモデルは「Cut001」として表れる。

- ⑯必要な図形だけ⑭を繰り返す。

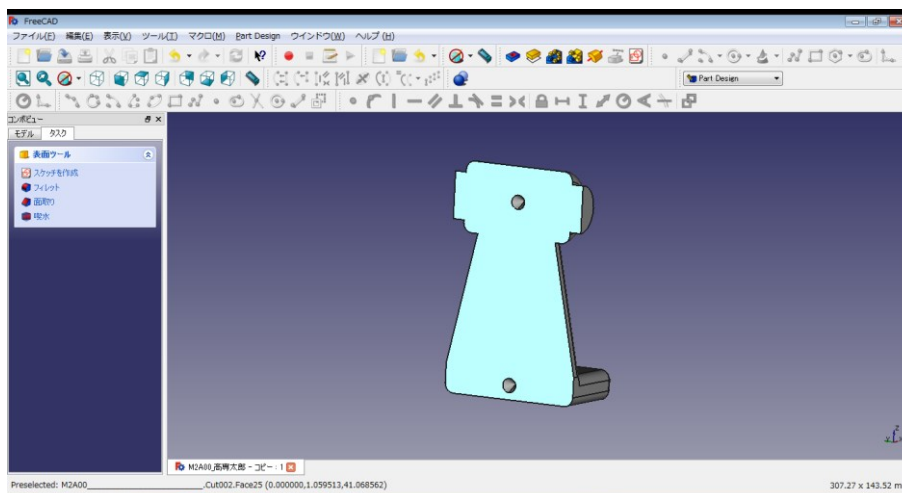
「Cut」と「Revolution」、「Cut001」と「Revolution001」の組み合わせで順番にカットする



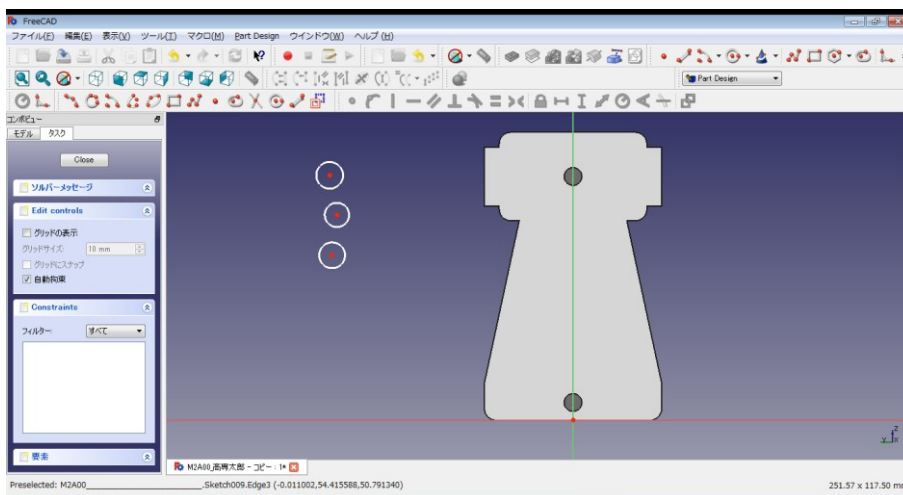
- ⑰「Close」を押して、 上書き保存する。

ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」に切り替える。

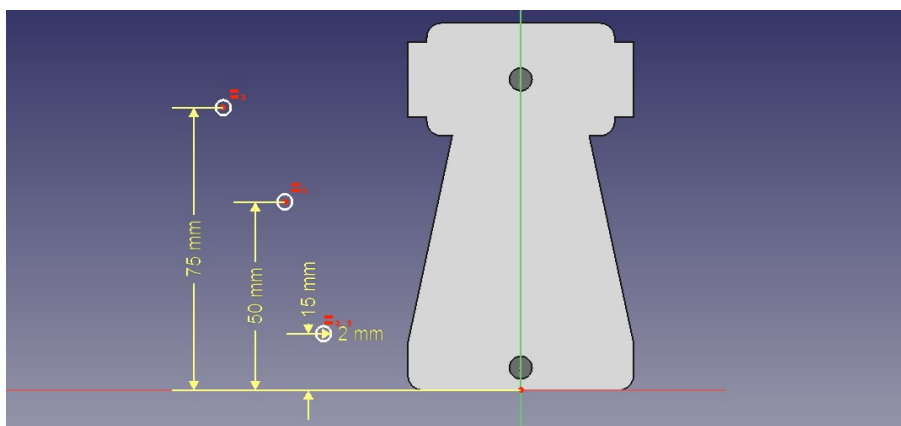
⑰図形の断面を指定してスケッチを作成する。



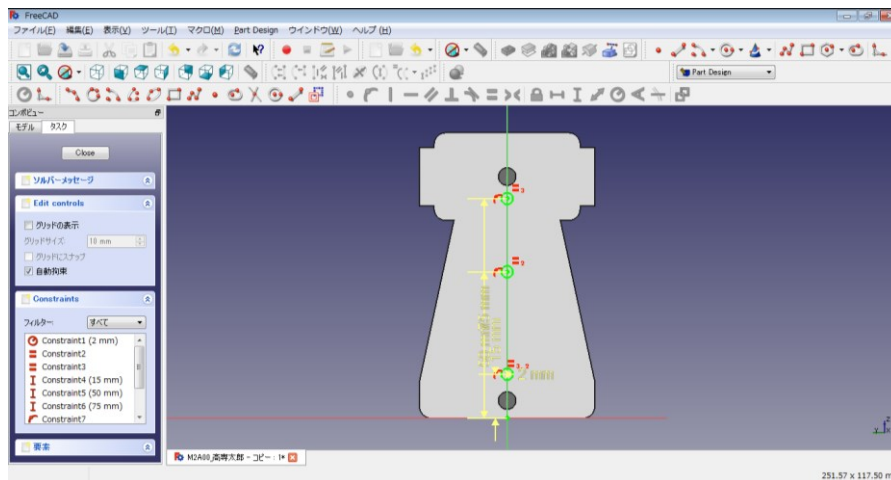
⑱ツールバーからを選択し、3つの円を作成する。



⑲3つの円の半径は同じ寸法(2mm)で中心点の位置は図のように入力する。



⑳円を中心線の縦軸上に拘束する。



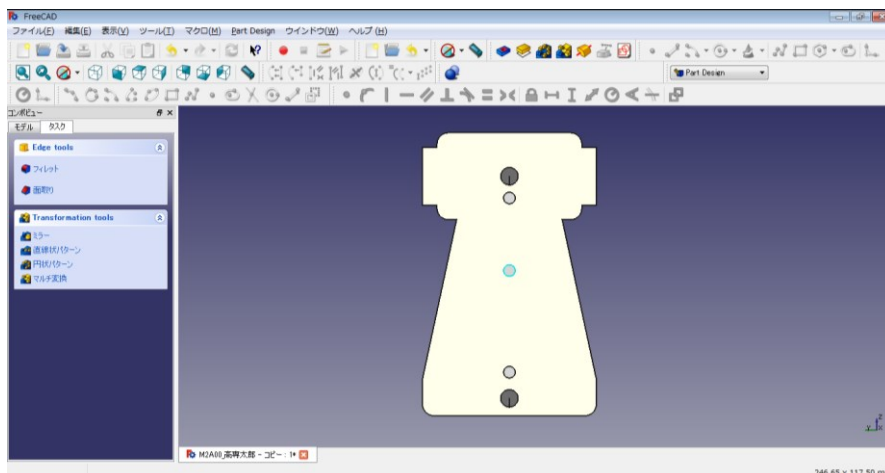
㉑「Close」を押して Sketch を閉じる。

㉒タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」を選択する。

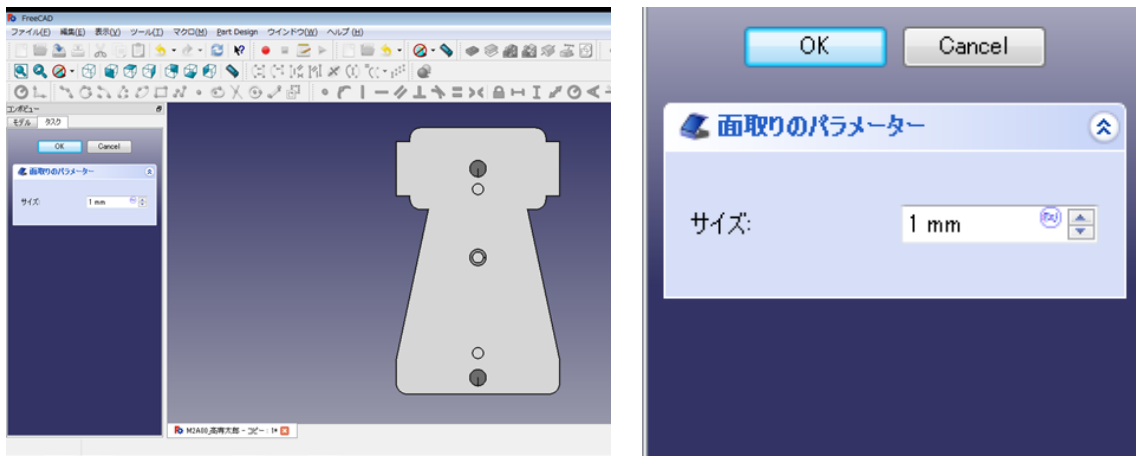
㉓ポケットパラメーターより、長さを 5mm にして「OK」を押す。



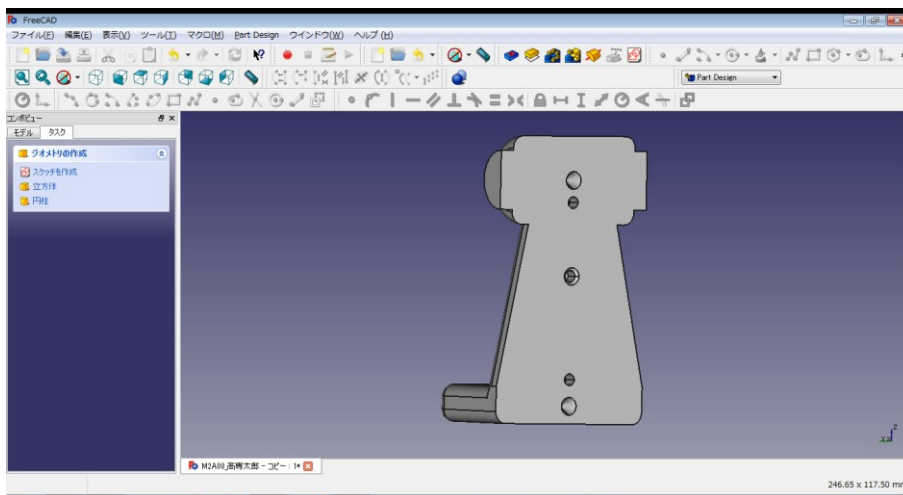
㉔図のようにポケットを付けた真ん中の円の縁を選択する。



②⑤ タスク欄の表面ツールより面取りを選択し、サイズを入力して「OK」を押す。




②⑥ 上書き保存する。
ダボ穴側の図形は完成である。

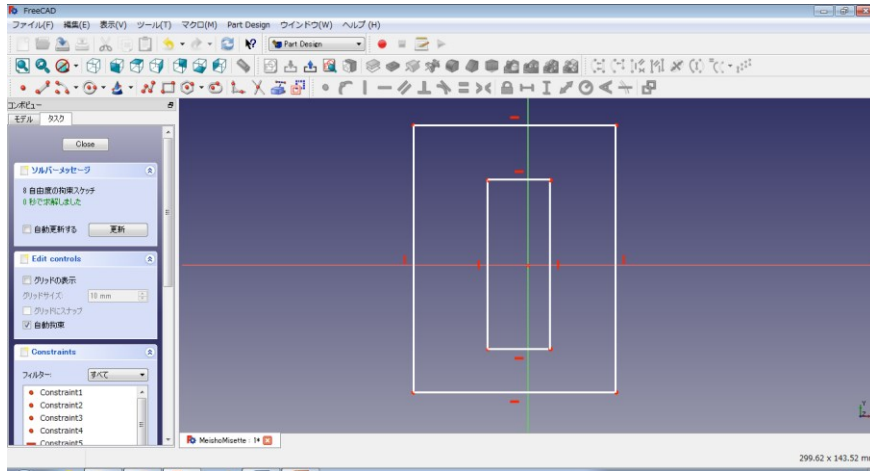


3D プリンタで造形を行う場合は「5. stl 形式へのエクスポートおよびスライサーソフトの使用方法」を読んでください。

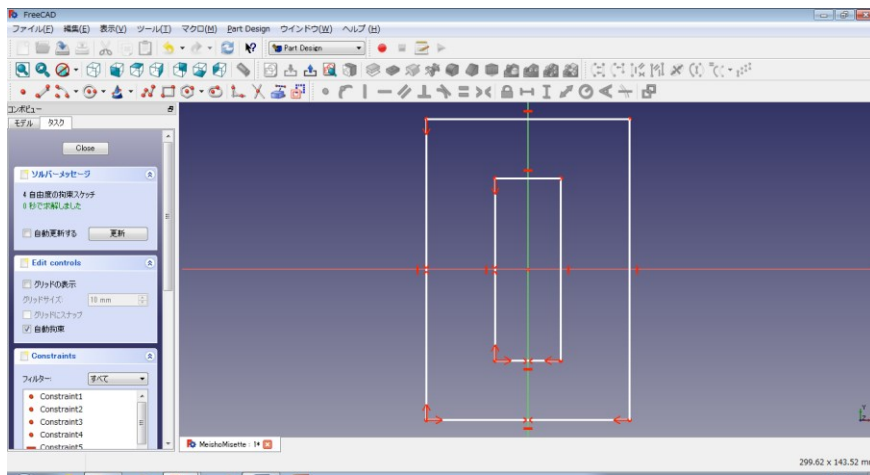
4. 課題品 (C型クランプ) 模型の設計

(1) O型の図形の作成

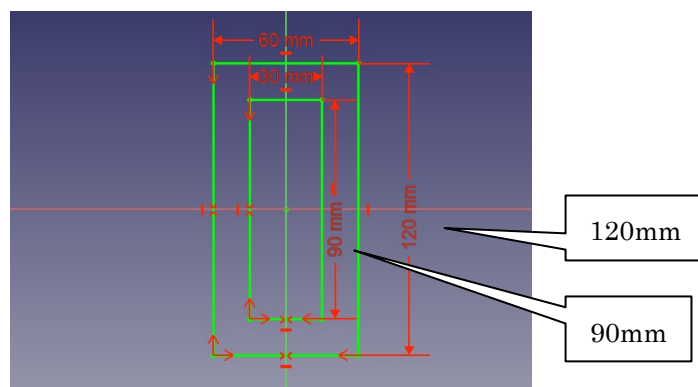
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きを「xy 平面」と選択し「OK」を押す。
- ②ツールバーからを選択し、2つの四角形を作成する。



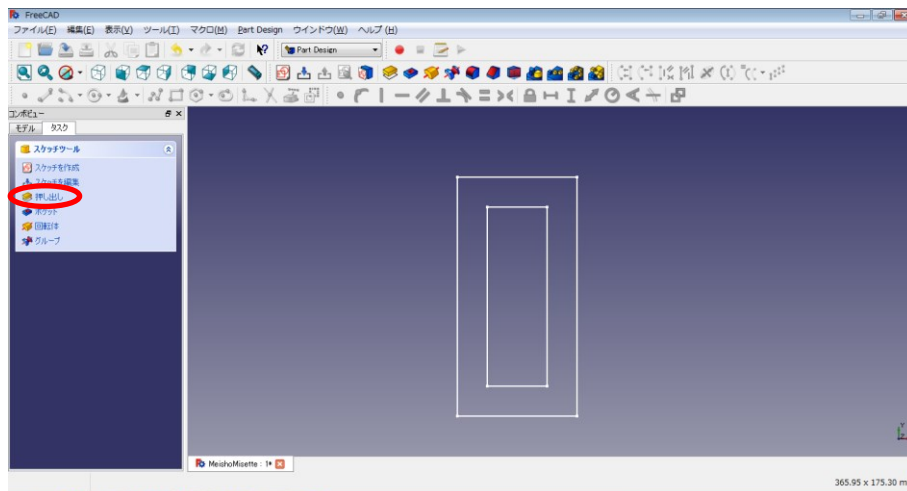
- ③2つの四角形を xy 平面の中心になるように拘束する。



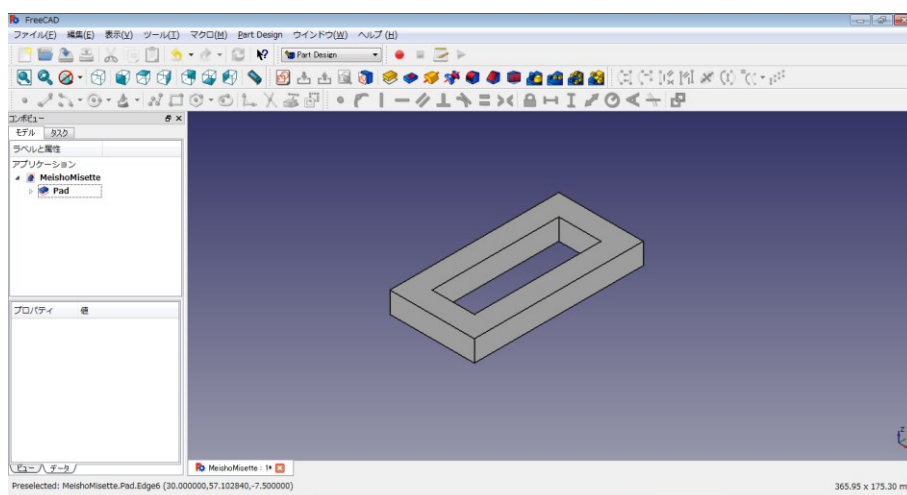
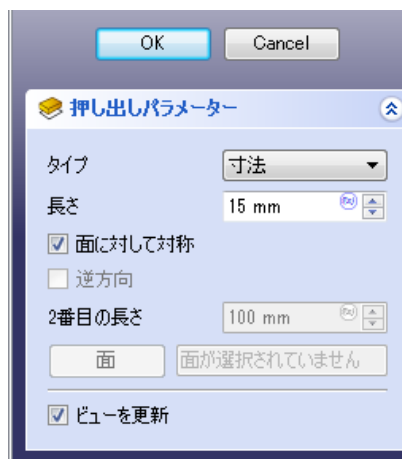
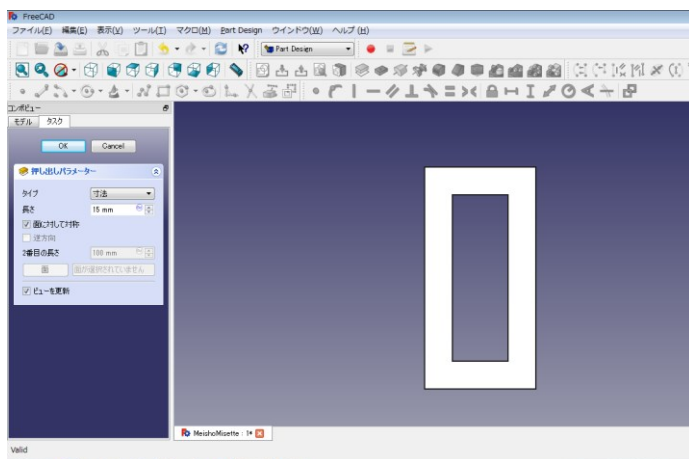
- ④四角形の寸法は図のように入力する。



- ⑤ 「Close」 を押して Sketch を閉じる。
- ⑥ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。



- ⑦ 押し出しパラメーターより、長さを 15mm にし、「面に対して対称」をチェックして「OK」を押す。



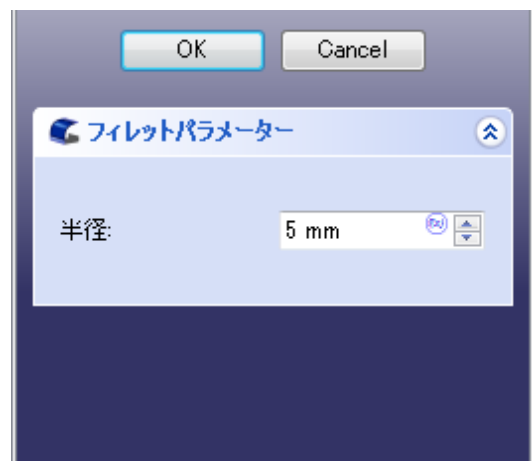
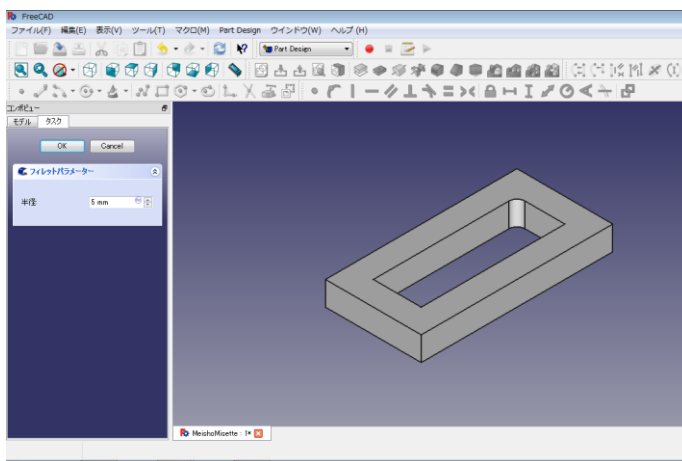
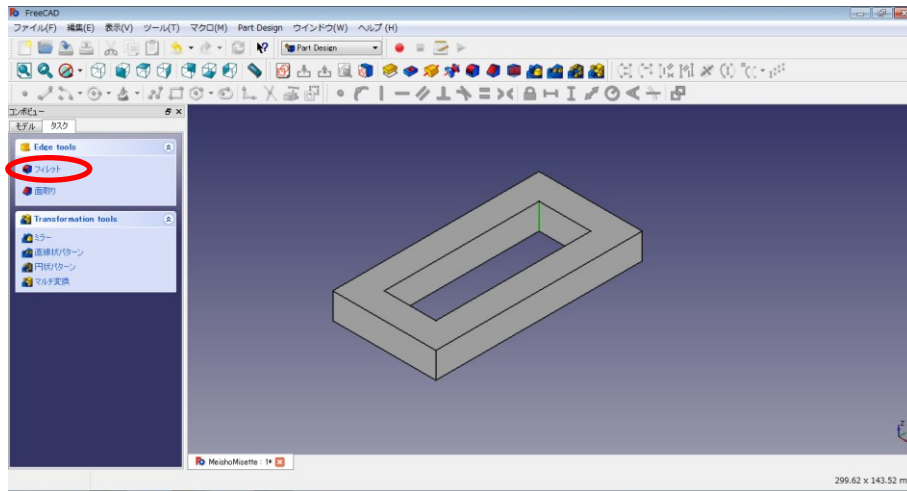
(2) O型の図形に丸みを付ける。

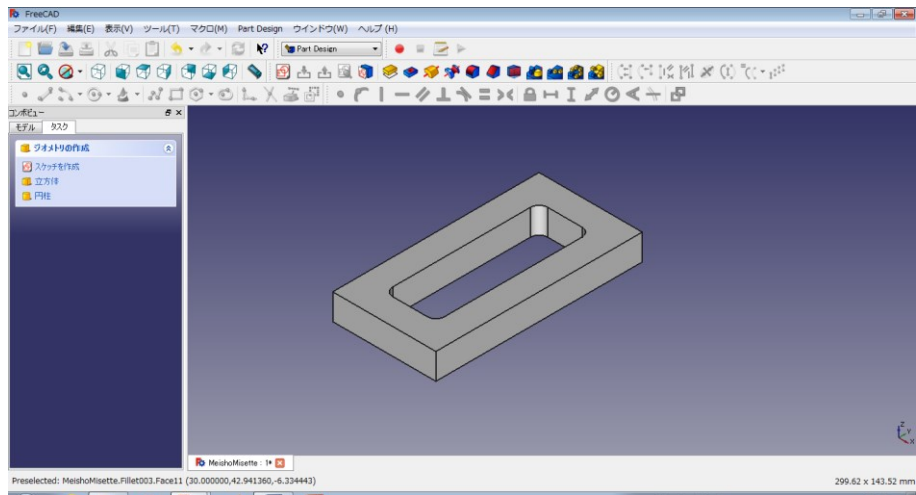
- ① フィレットを付ける場所を選択する。
- ② タスク欄の表面ツールより「フィレット」を選択し、半径を入力して「OK」を押す。
- ③ ①と②を必要なだけ繰り返す。

各図の角(緑線)はフィレットを付ける部分を示すが全体の一部分である。

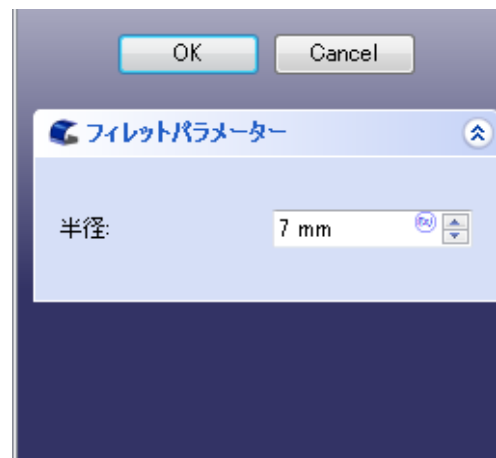
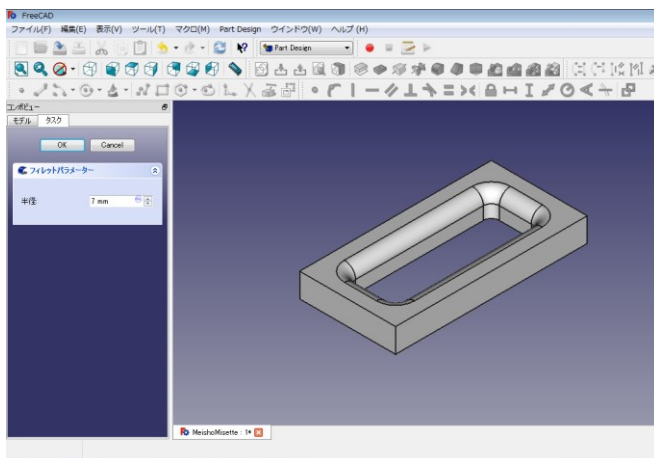
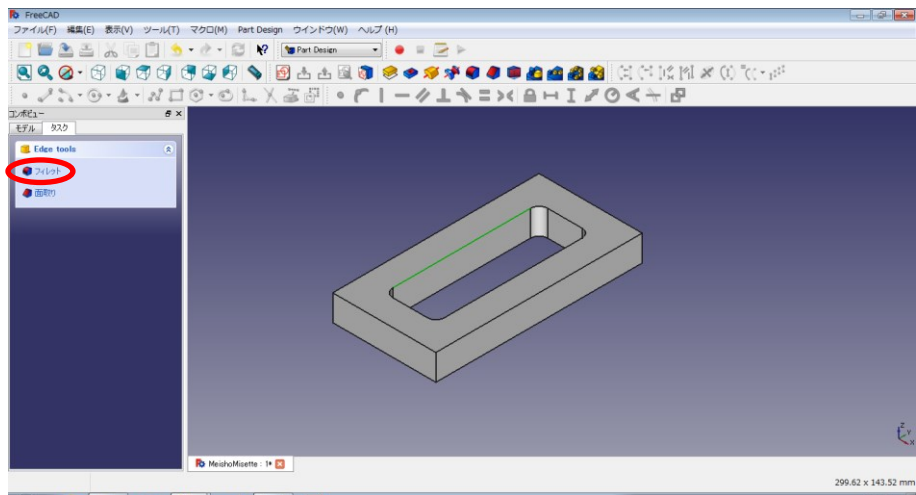
全ての対応する角にフィレットを付けること。

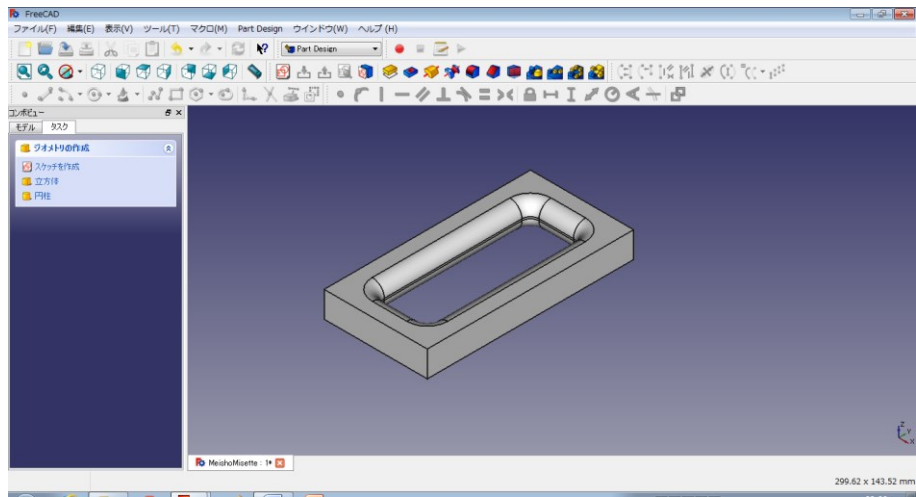
図の緑線部(内角)のフィレットの半径は 5mm である(4か所)。



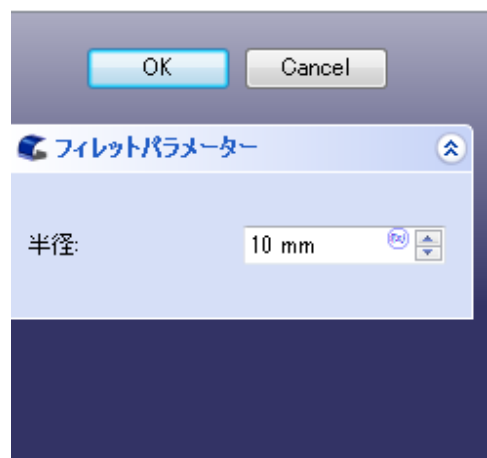
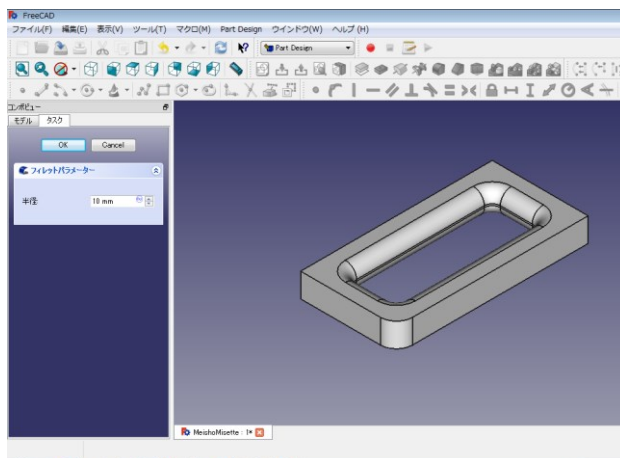
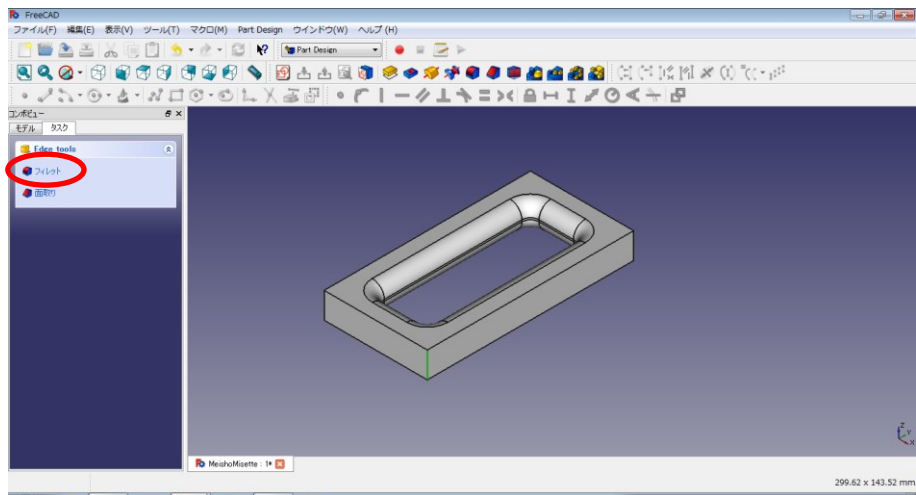


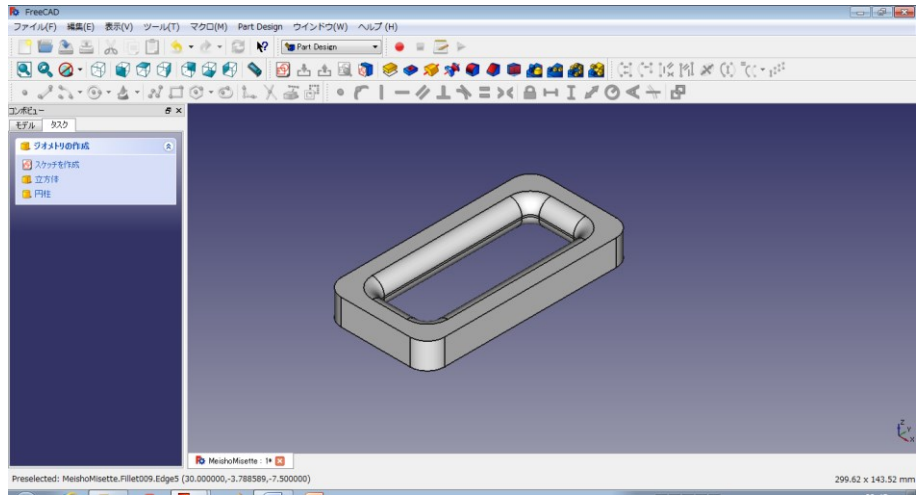
図の緑線部(内枠)のフィレットの半径は 7mm である(2ヶ所)。



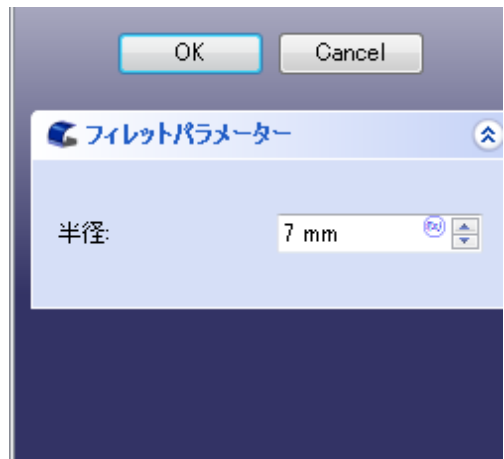
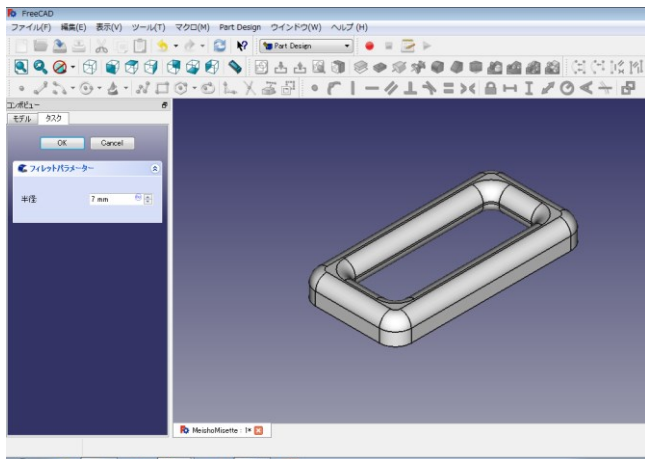
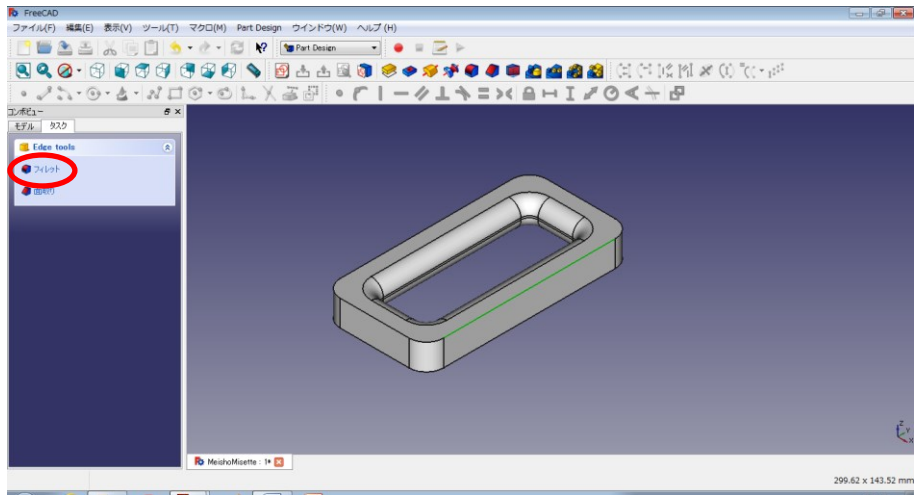


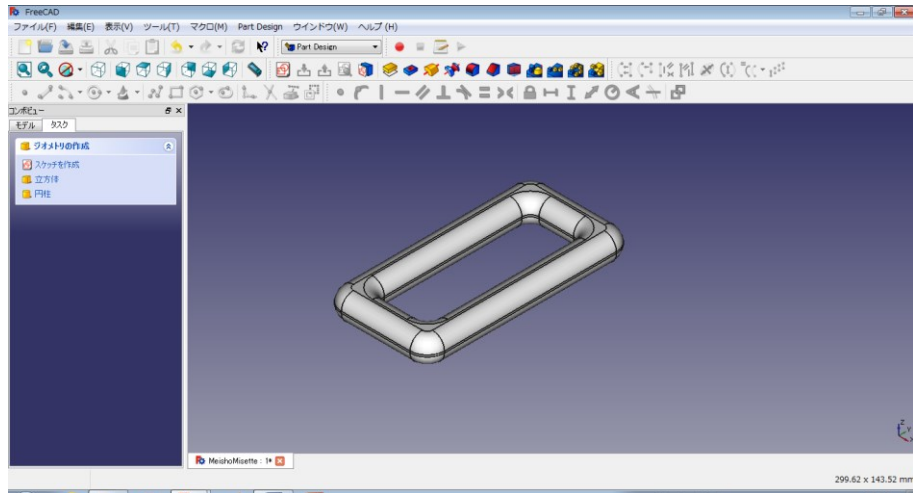
図の緑線部(外角)のフィレットの半径は 10mm である(4ヶ所)。





図の緑線部(外枠)のフィレットの半径は 7mm である(2ヶ所)。






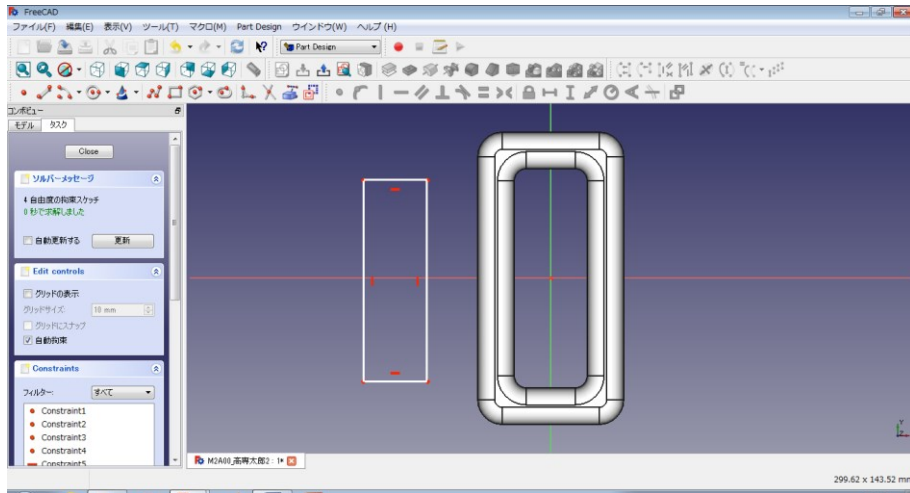
④一度、 保存しておく。

保存場所は「デスクトップ」とする。

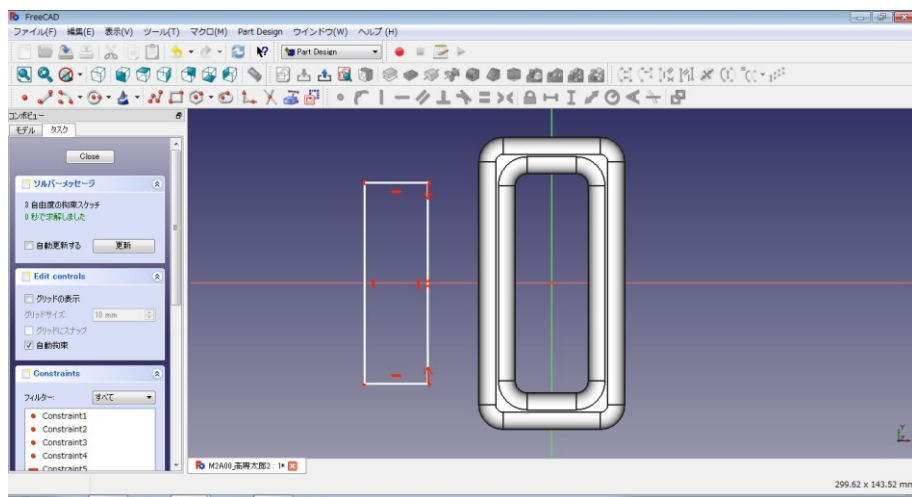
ファイル名を「クラス番号__名前 2」にする(例「M2A00_高専太郎 2.FCStd」)。

(3) 直方体の作成 1

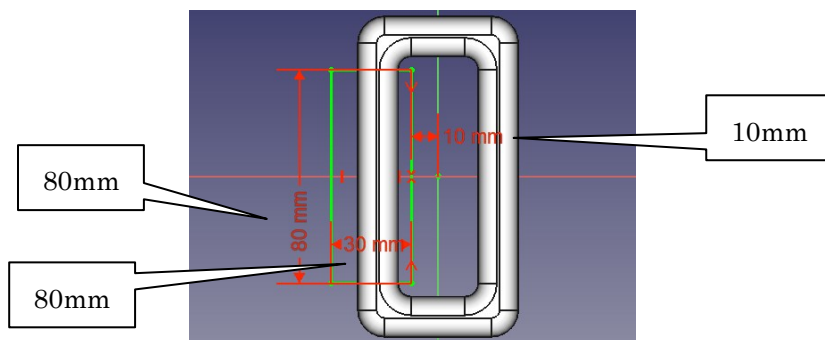
- ① スケッチを作成し、スケッチの向きを「xy 平面」と選択して「OK」を押す。
- ② ツールバーから  を選択し、四角形を作成する。



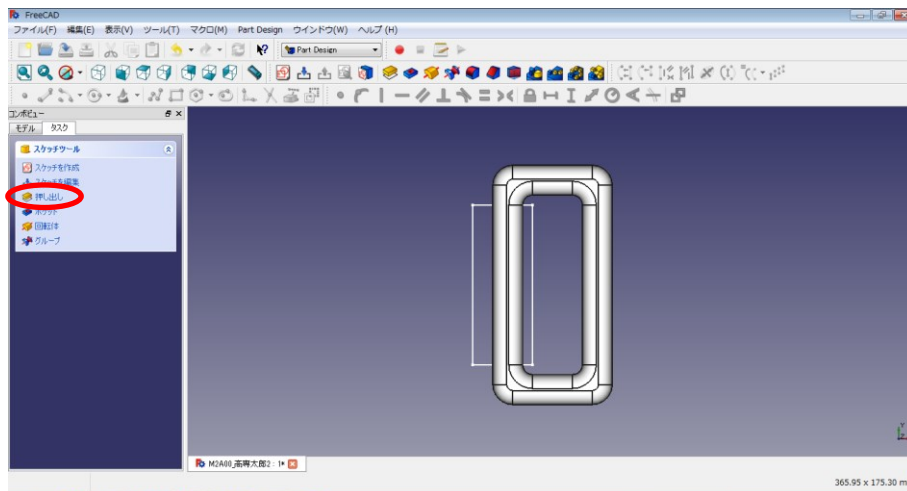
- ③ 四角形を xy 平面の中心線に対して縦方向に対称拘束する。



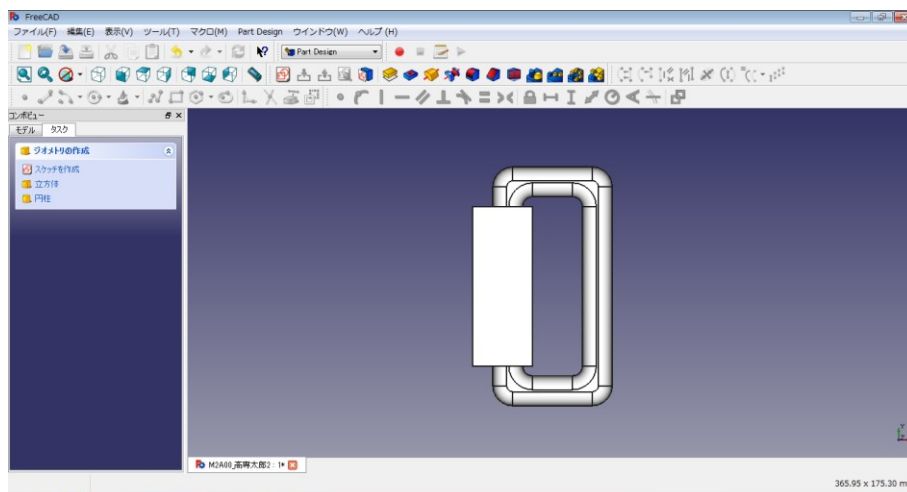
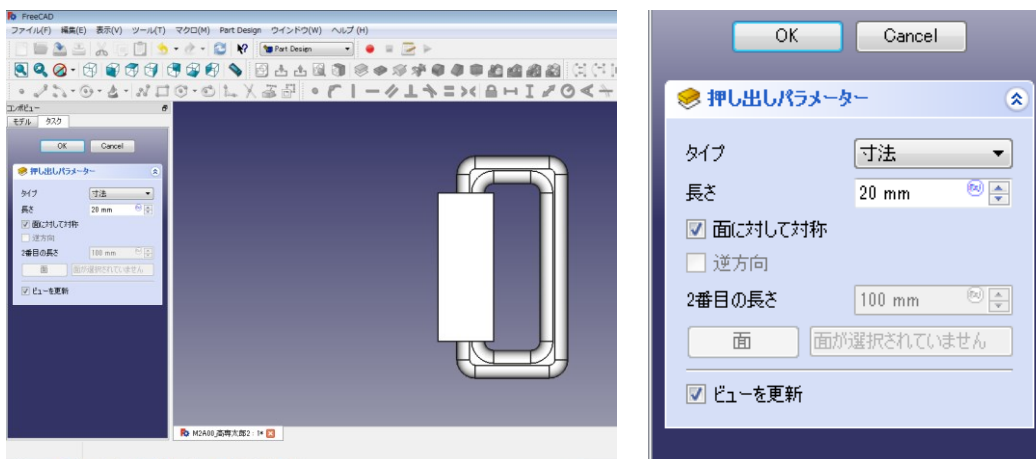
- ④ 四角形の寸法は図のように入力する。



- ⑤ 「Close」 を押して Sketch を閉じる。
- ⑥ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。




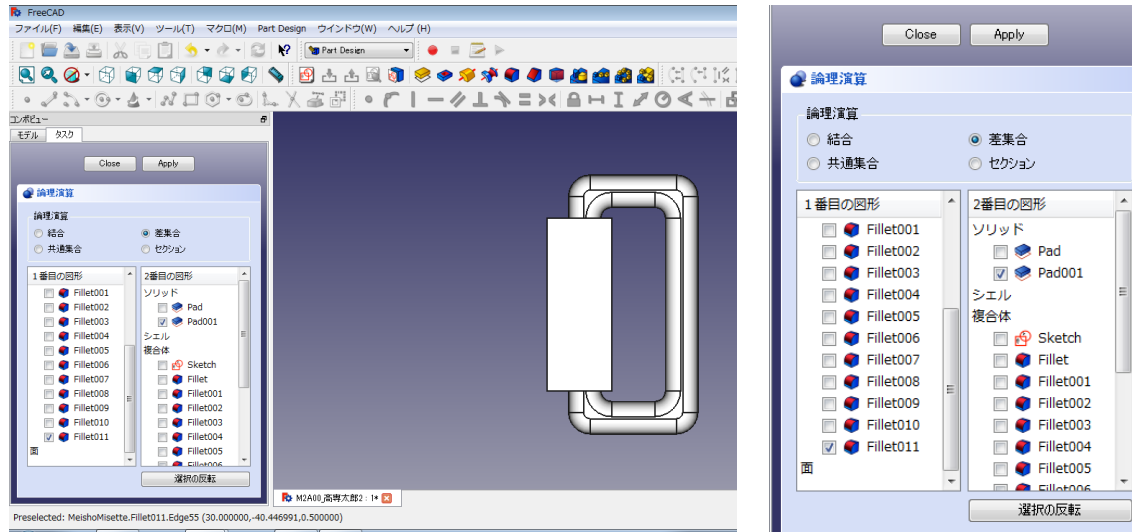
- ⑦ 押し出しパラメーターより、長さを 20mm と入力し、「面に対して対称」をチェックして「OK」を押す。



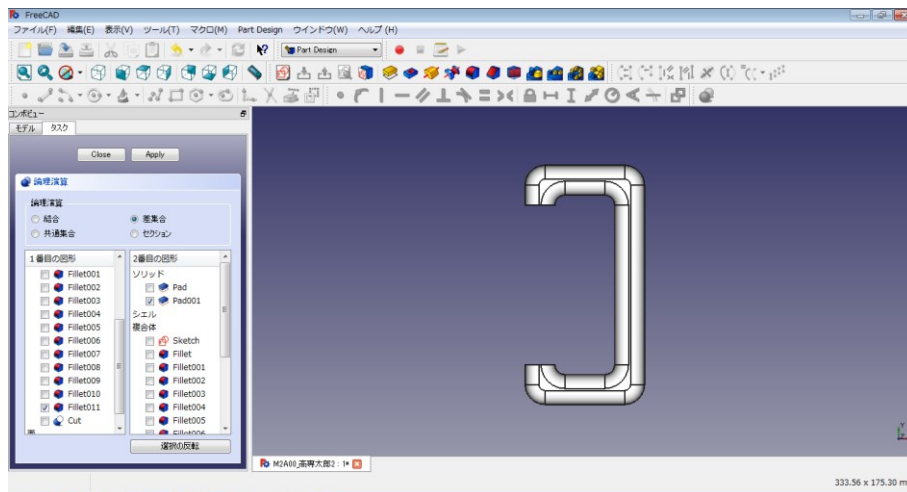
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。


(4) C型の図形の作成

- ① ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「差集合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1番目の図形が引かれる図形で2番目の図形を引く図形を表す。



- ③ カットしたモデルは「Cut」として表れる。



- ④ 「Close」を押して、 上書き保存する。
- ⑤ モデル欄から「Cut」を選択して、「スペースキー」を押して図形を隠す。

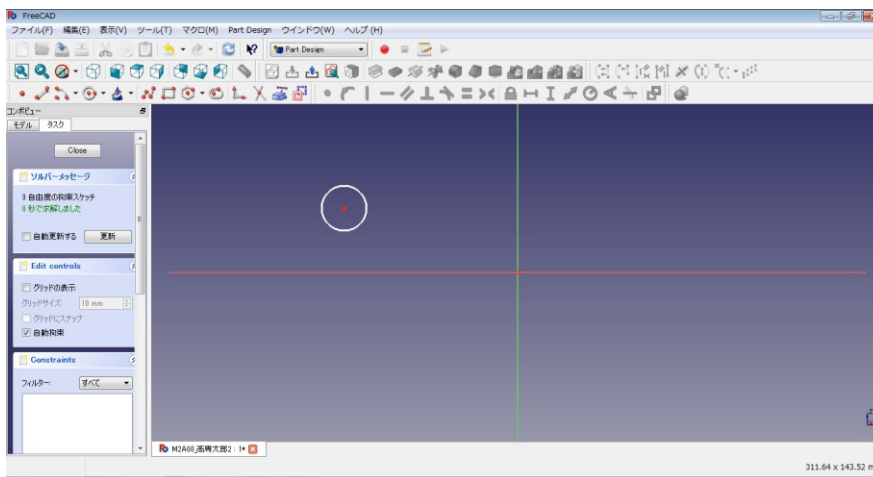
ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」 に切り替える。

(5) ねじ穴部分の幅木の作成

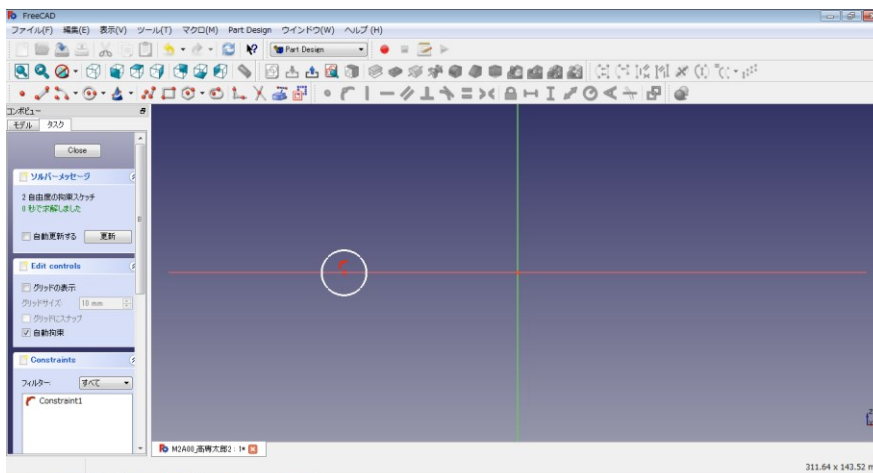
- ① スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択する。
- ② オフセットを 40mm と入力して「OK」を押す。



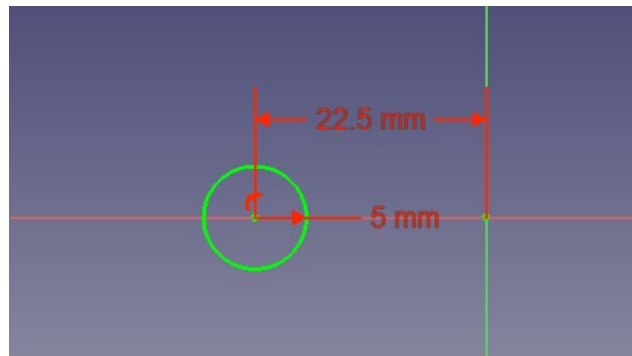
③ ツールバーから  を選択し、円を作成する。



④ 円を xz 面の中心線の横軸上に拘束する。

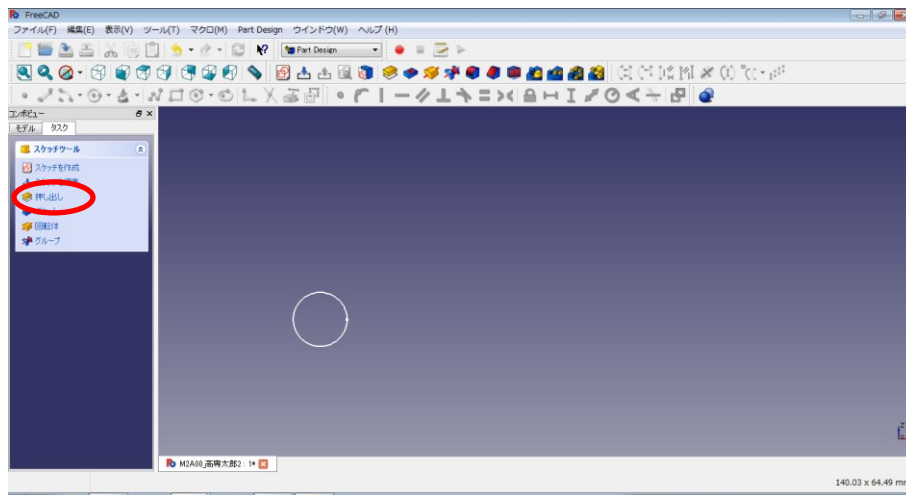


⑤円の寸法は図のように入力する。

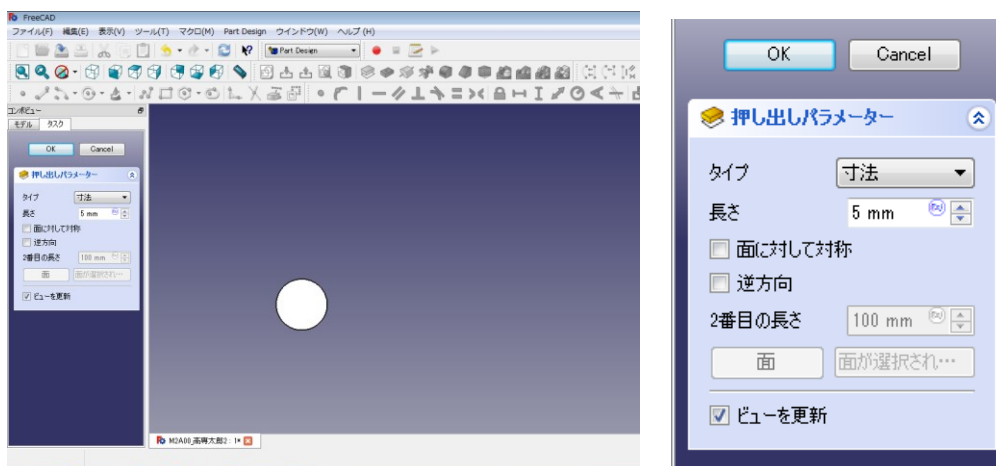


⑥「Close」を押して Sketch を閉じる。

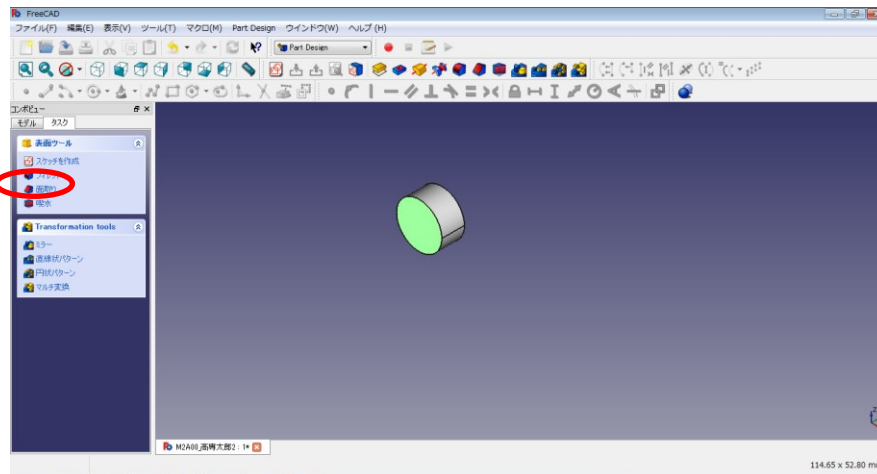
⑦タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。




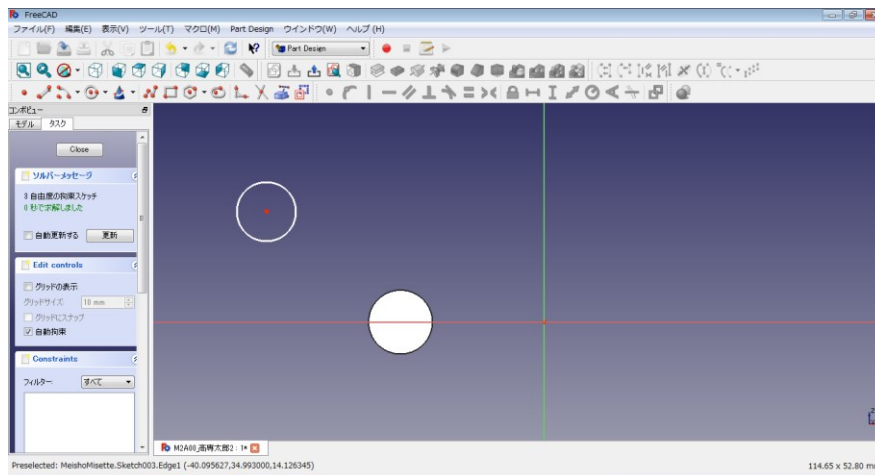
⑧押し出しパラメーターより、長さを 5mm と入力して「OK」を押す。



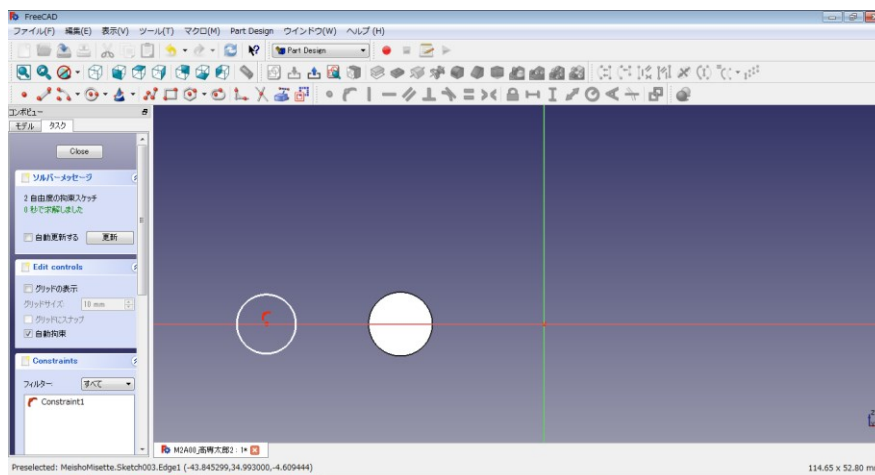
⑨円柱の片側(見えている方)の平面を選択し、スケッチを作成する。



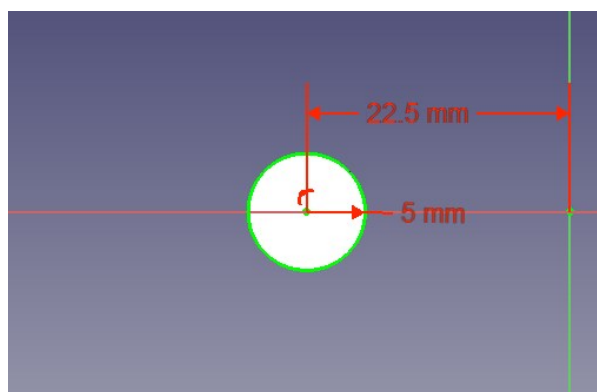
⑩ツールバーからを選択し、円を作成する。



⑪円をxz面の中心線の横軸上に拘束する。

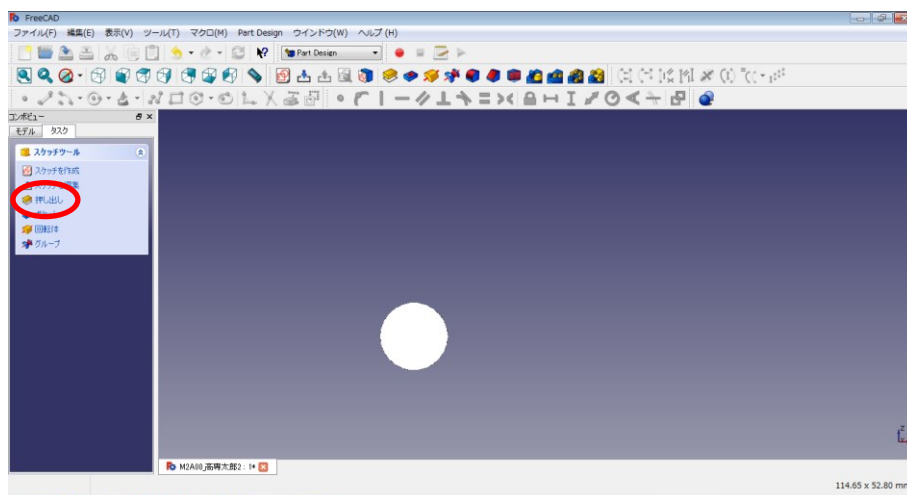


⑫円の寸法は図のように入力する。

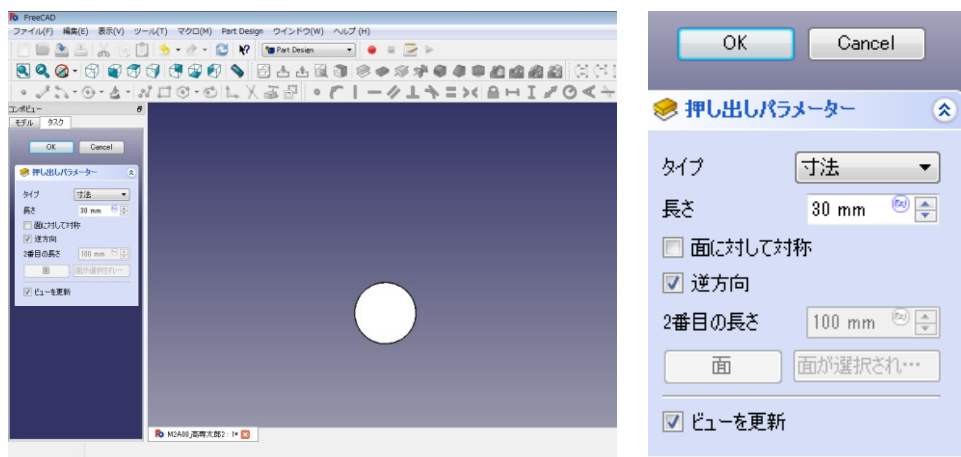


⑬「Close」を押して Sketch を閉じる。

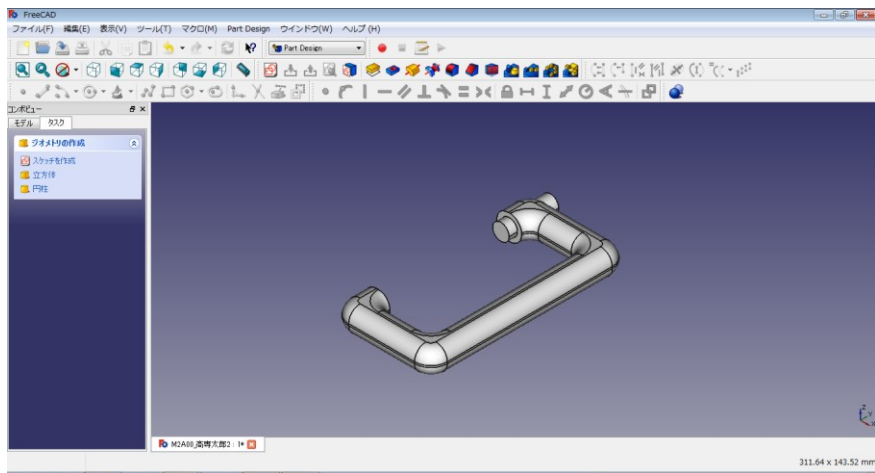
⑭タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。




⑮押し出しパラメーターより、長さを 30mm と入力し、「逆方向」をチェックして「OK」を押す。



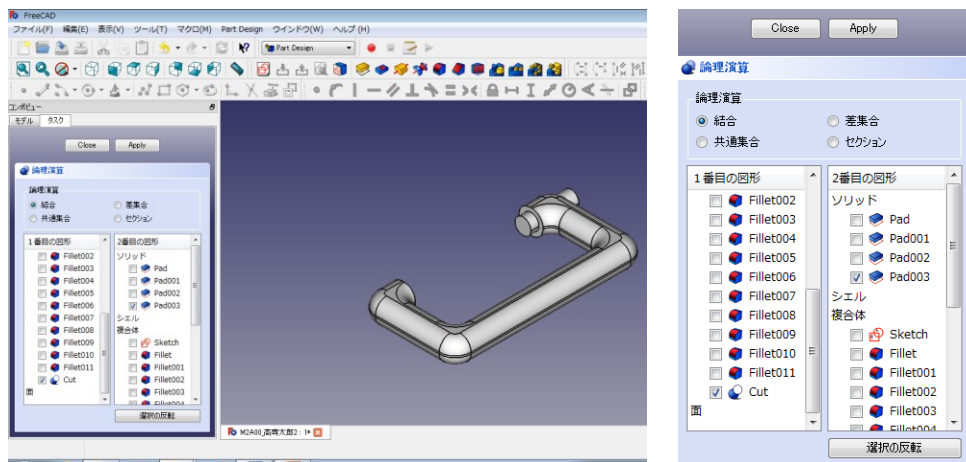
⑩モデル欄より「Cut」を選択し、「スペースキー」を押して図形を表示する。



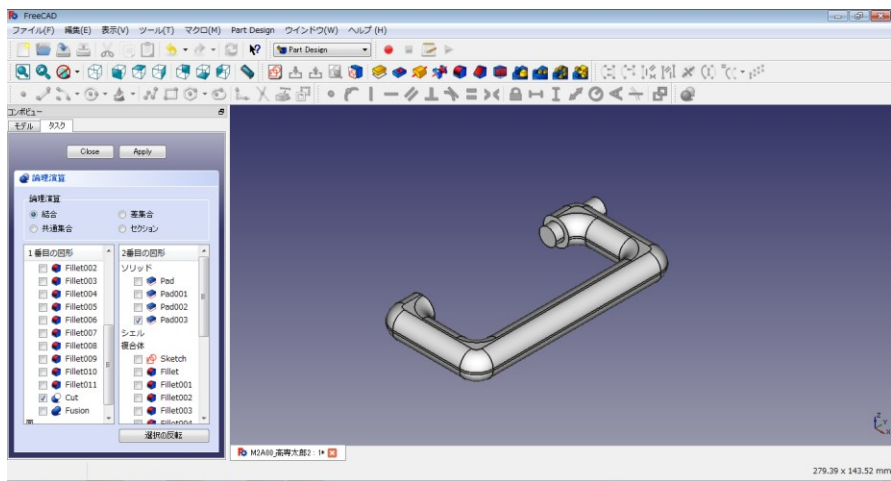
ワークベンチを「Part Design」→「Part」に切り替える。


⑪ツールバーからを選択し、論理演算を行う。

⑫図のように「結合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。



⑬結合したモデルは「Fusion」として表れる。



⑳ 「Close」 を押して、 上書き保存する。

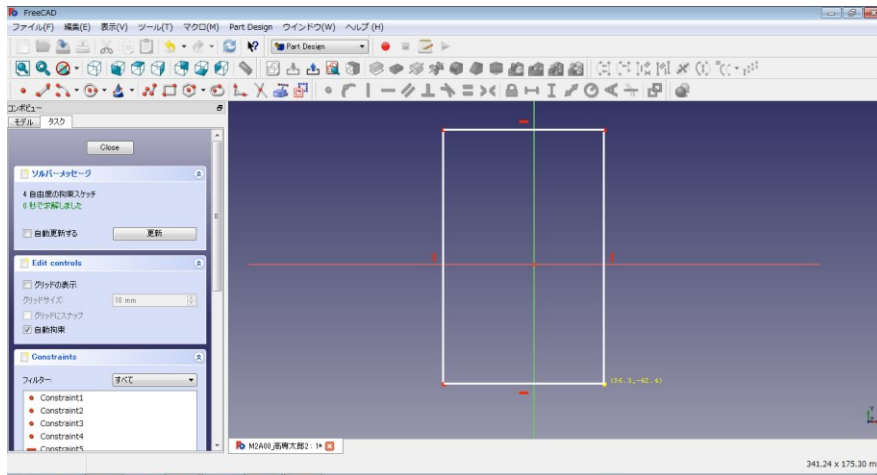
㉑ モデル欄から「Fusion」 を選択して、「スペースキー」を押して図形を隠す。

ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」に切り替える。

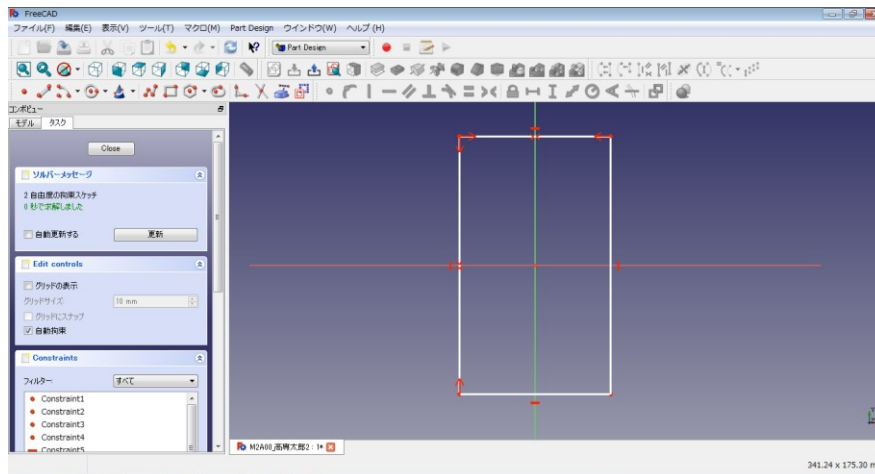
(6) 直方体の図形 2

① スケッチを作成し、スケッチの向きを「xy 平面」と選択し「OK」を押す。

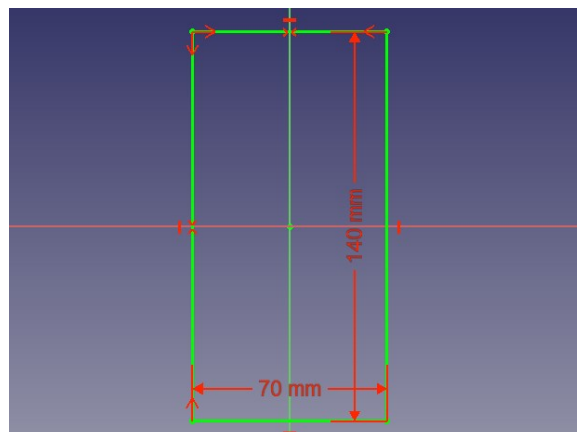
② ツールバーからを選択し、四角形を作成する。



③ 四角形を xy 平面の中心なるように拘束する。




④ 四角形の寸法は図のように入力する。



⑤ 「Close」 を押して Sketch を閉じる。

⑥  上書き保存する。

⑦ ツールバーから  を選択し、ドキュメントを開く。

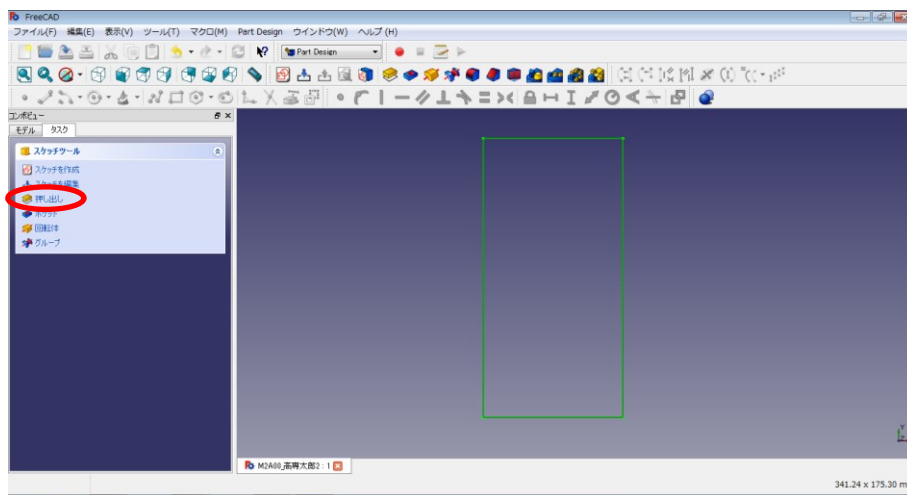
⑧ デスクトップの「M2A00_高専太郎 2.FCStd」(例の場合)をコピーして、張り付ける。

⑨ 「M2A00_高専太郎 2 - コピー」 と表示される。

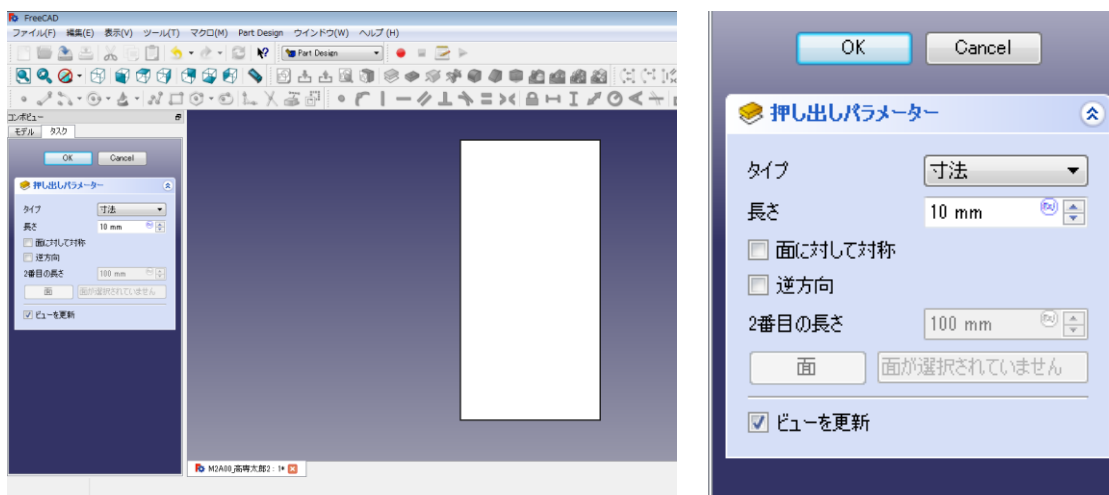
⑩ ドキュメントの「キャンセル」を押して閉じる。

⑪ モデル欄より「Sketch004」を選択する。

⑫ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。



⑬ 押し出しパラメーターより、長さを 10mm と入力して「OK」を押す。




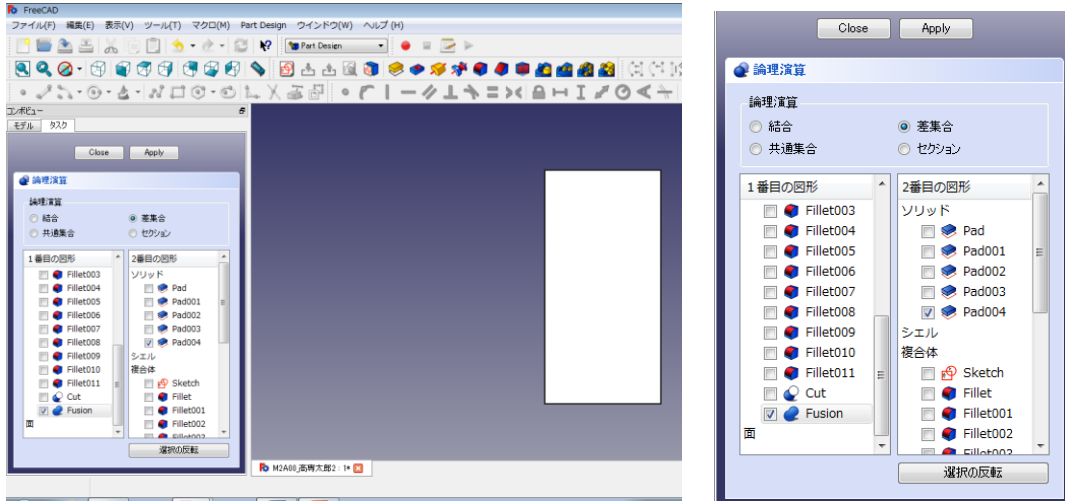
⑭ 「Close」 を押して Sketch を閉じる。

⑮ モデル欄より「Fusion」を選択し、「スペースキー」を押して図形を表示する。

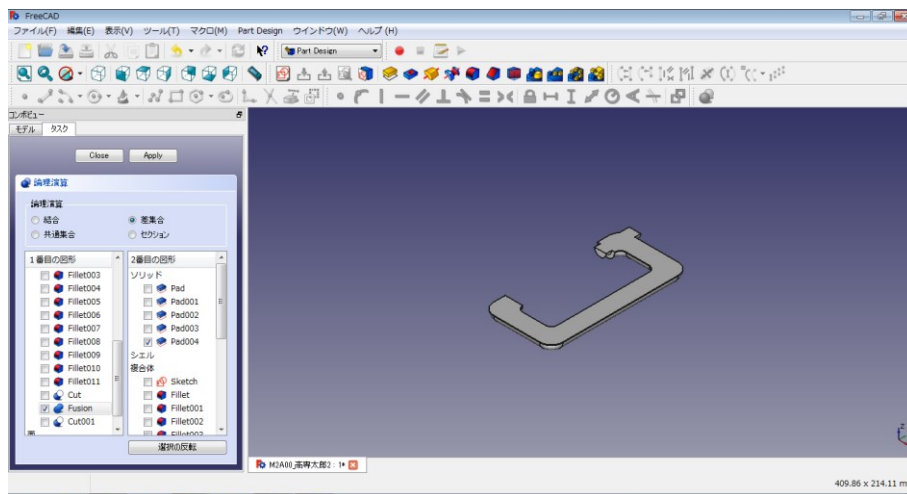
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。


(7) 図形のカット 1

- ① ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「差集合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1 番目の図形が引かれる図形で 2 番目の図形を引く図形を表す。



③ カットしたモデルは「Cut001」として表れる。



④ 「Close」を押して、 上書き保存する。

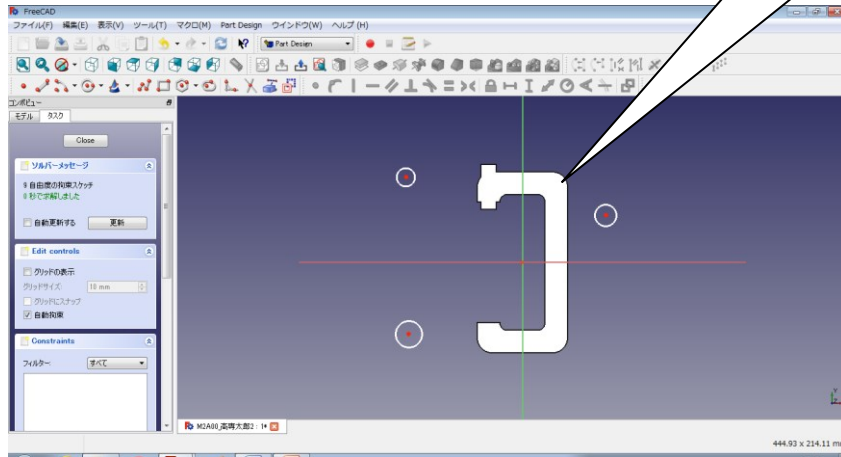
ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」に切り替える。

(8) ダボ側の図形の作成

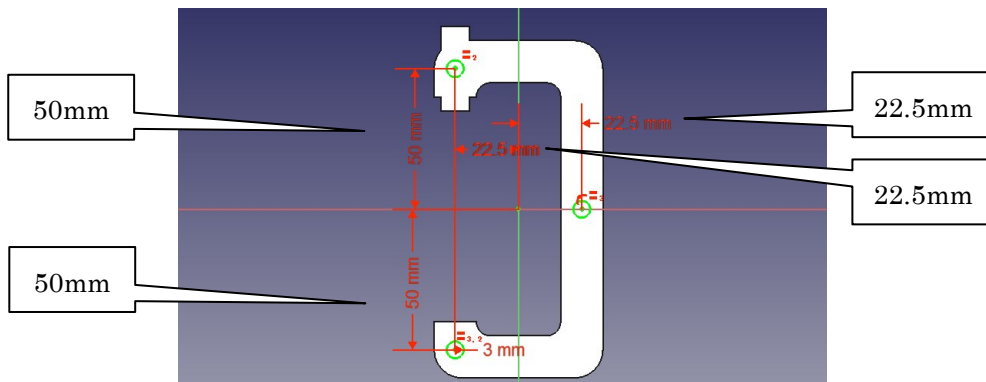
① 図形の断面を指定してスケッチを作成する。

② ツールバーからを選択し、3つの円を作成する。

この断面を選択した状態でスケッチボタンを押す

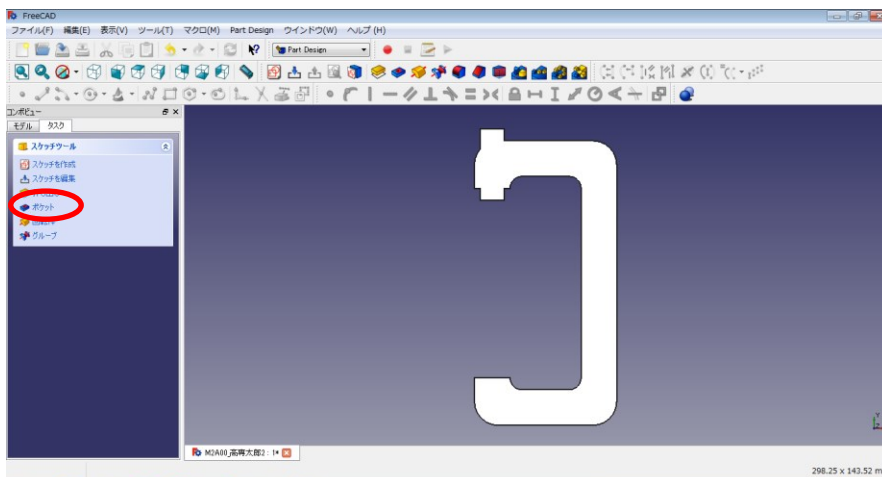


③ 3つの円の半径は同じ寸法(3mm)で中心点の位置は図のように入力する。



④ 「Close」を押してSketchを閉じる。


⑤ タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」を選択する。

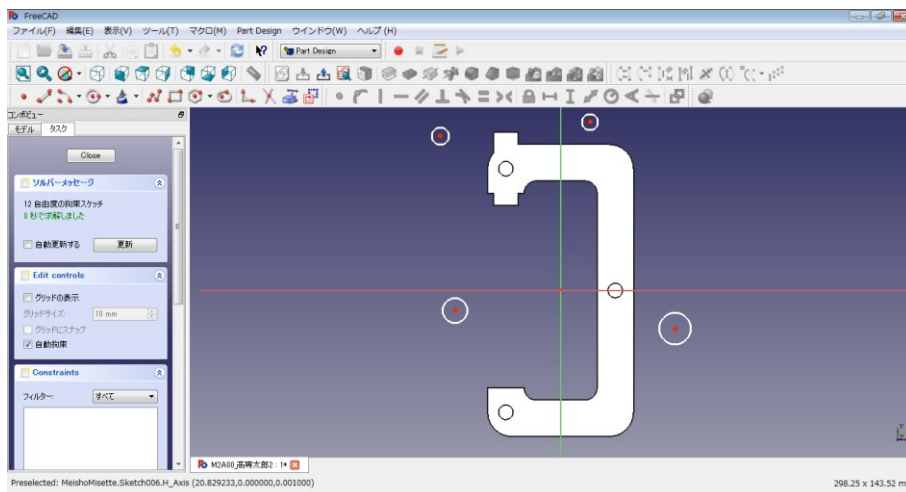


⑥ポケットパラメーターより、長さを4mmにして「OK」を押す。

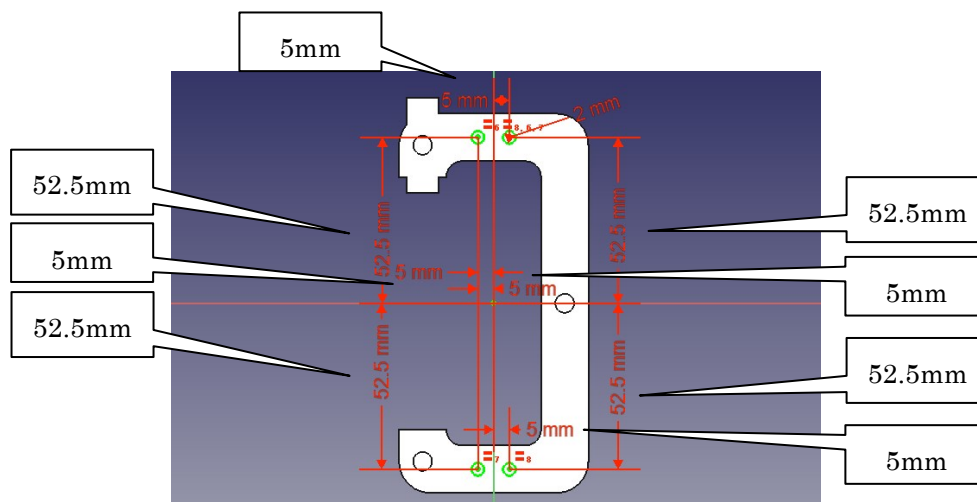


⑦図形の断面を指定してスケッチを作成する。

⑧ツールバーから  を選択し、4つの円を作成する。

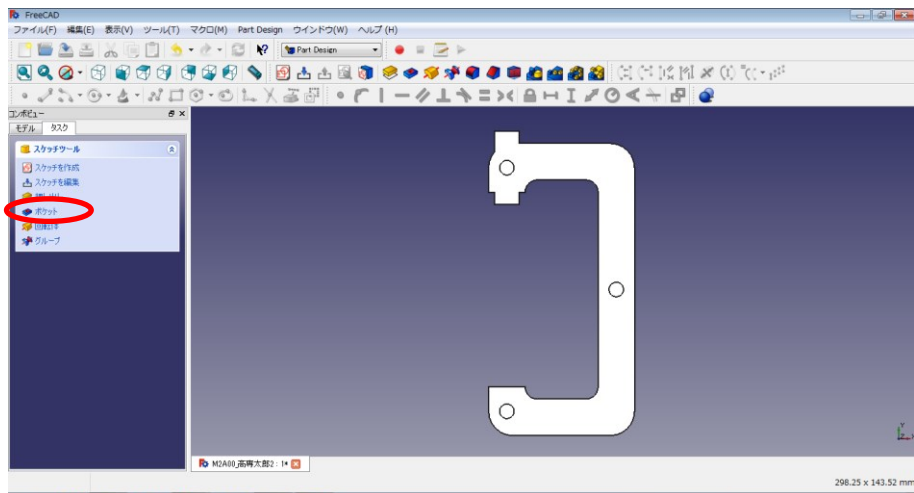


⑨円の半径(2mm)と中心点の位置は図のように入力する。



⑩「Close」を押して Sketch を閉じる。

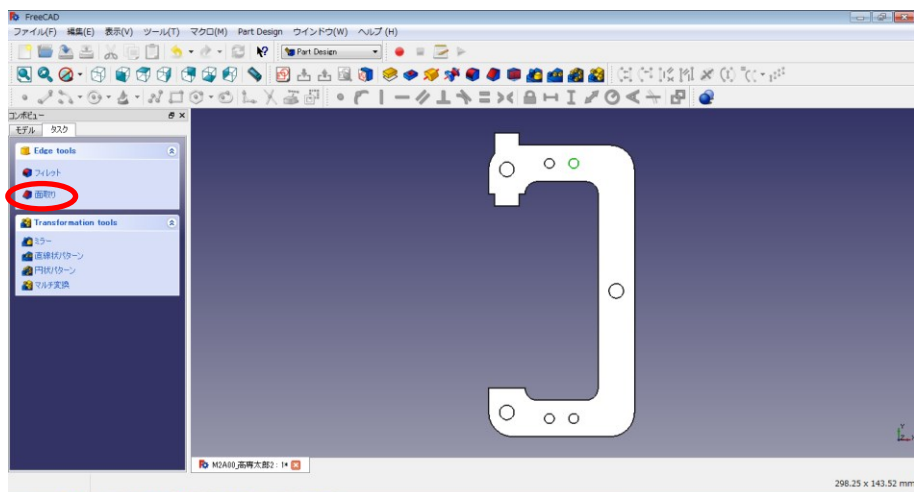
⑪タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」を選択する。



⑫ポケットパラメーターより、長さを 5mm にして「OK」を押す。



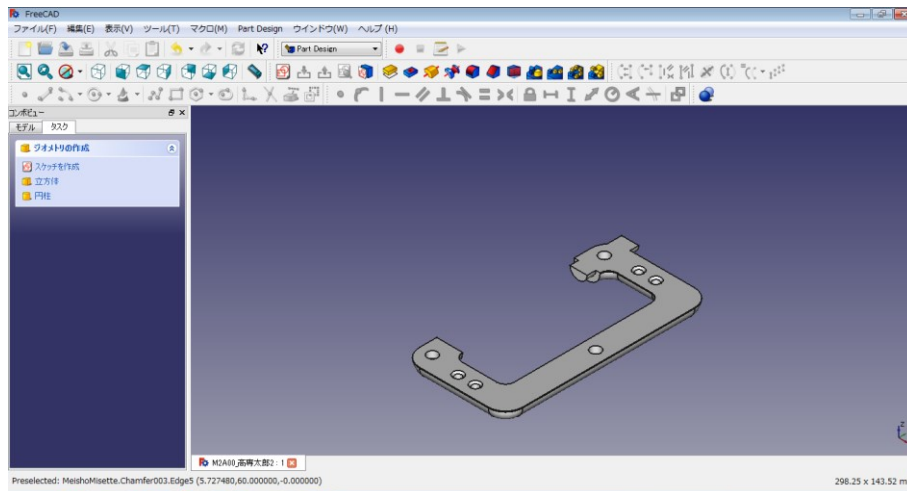
⑬図のようにポケットを付けた真ん中の円の縁を選択する。




⑭タスク欄の表面ツールより面取りを選択し、サイズを入力して「OK」を押す。




⑮⑬と⑭を全部で4か所行う。

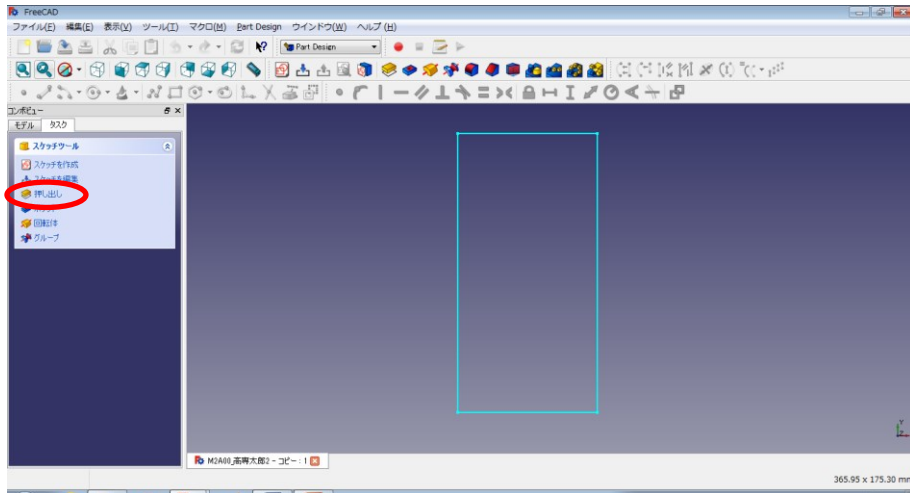


⑮  上書き保存する。

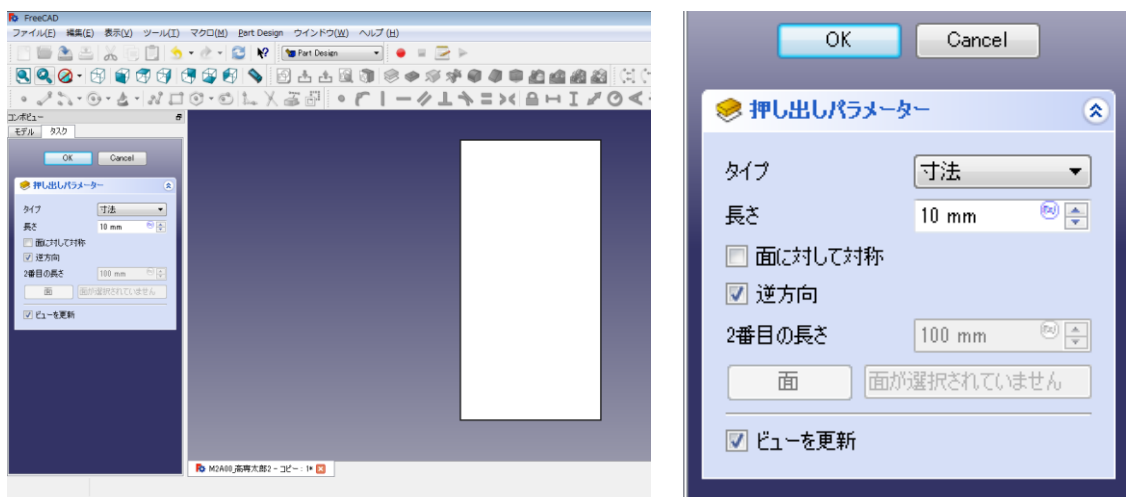
ダボ側の図形は完成である。

(9) 直方体の図形 3

- ① ツールバーからを選択し、ドキュメントを開く。
- ② デスクトップの「M2A00_高専太郎 2-コピー.FCStd」を開く。
- ③ モデル欄より「Sketch004」を選択する。
- ④ タスク欄のスケッチツールより、「押し出し」を選択する。




- ⑤ 押し出しパラメーターより、長さを 10mm と入力し、「逆方向」をチェックして「OK」を押す。

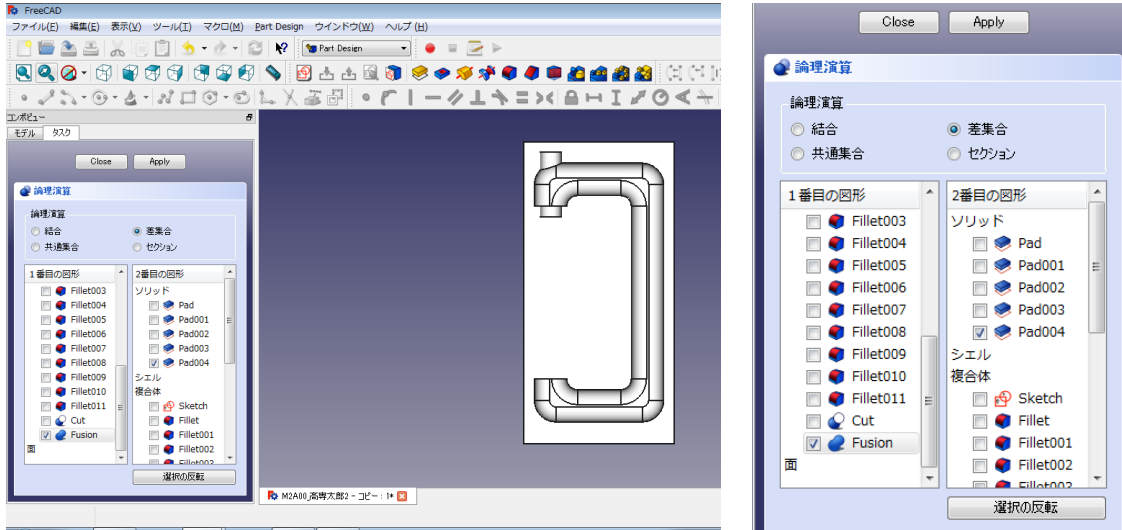


- ④ 「Close」を押して Sketch を閉じる。
- ⑤ モデル欄より「Fusion」を選択し、「スペースキー」を押して図形を表示する。

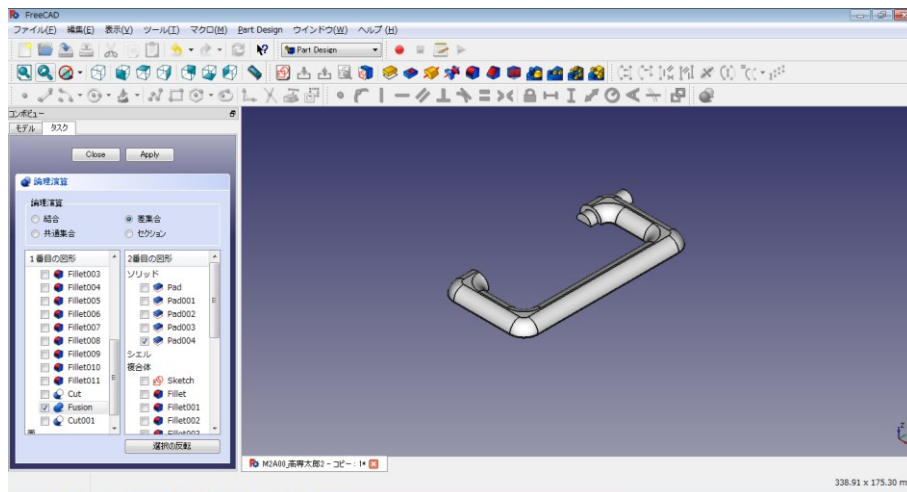
ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」に切り替える。


(10) 図形のカット 2

- ① ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。
- ② 図のように「差集合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1 番目の図形が引かれる図形で 2 番目の図形を引く図形を表す。



③ カットしたモデルは「Cut001」として表れる。



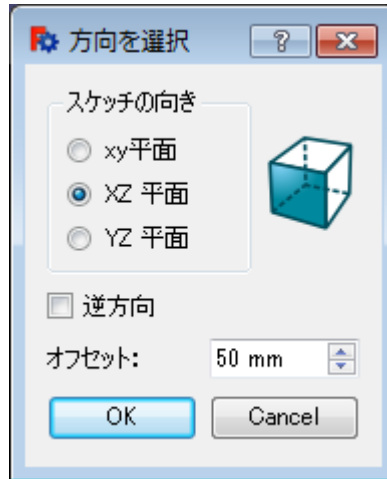
④ 「Close」を押して、 上書き保存する。

⑤ モデル欄から「Cut001」を選択して、「スペースキー」を押して図形を隠す。

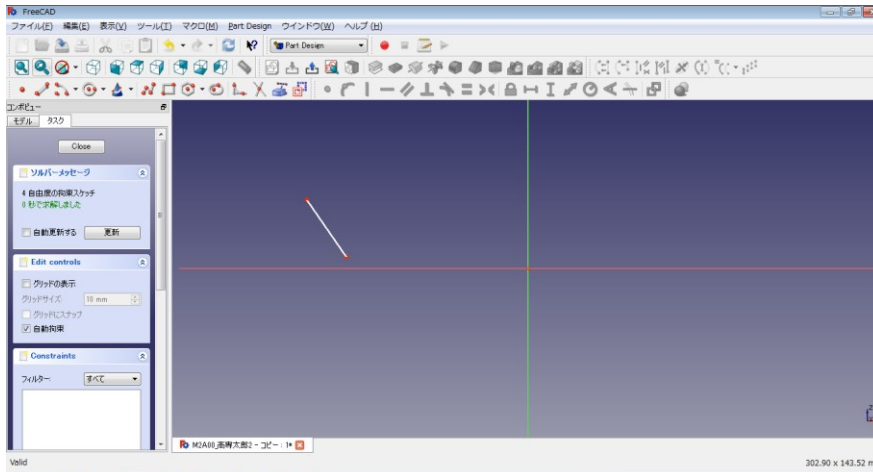
ワークベンチを「Part」 → 「Part Design」 に切り替える。

(11) ダボ穴側の図形の作成

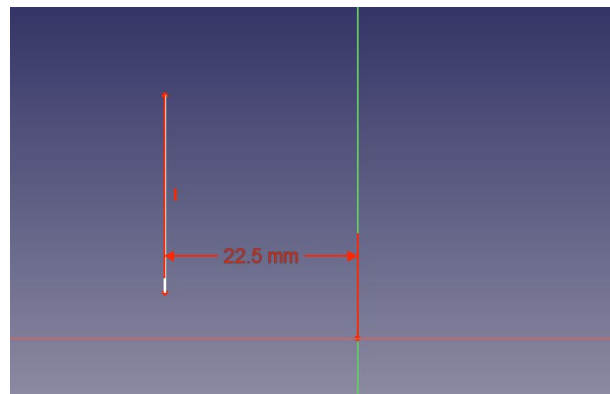
- ①スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択する。
- ②オフセットを 50mm と入力して「OK」を押す。



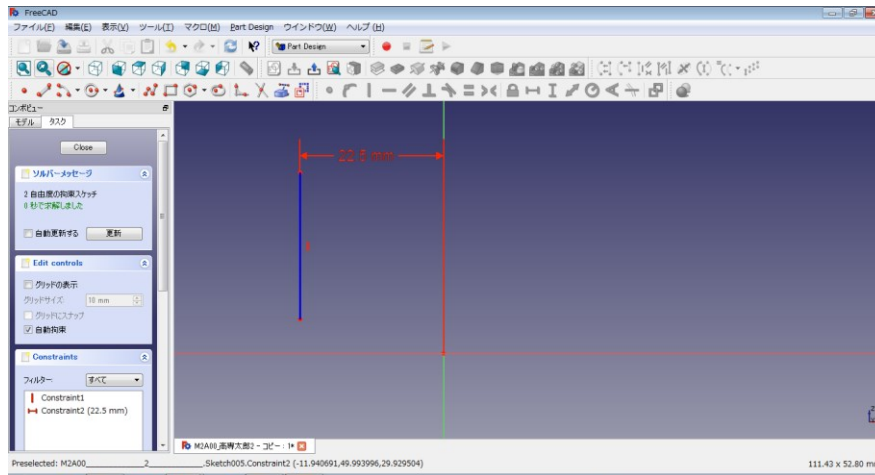
- ③ツールバーから  を選択し、直線を作成する。




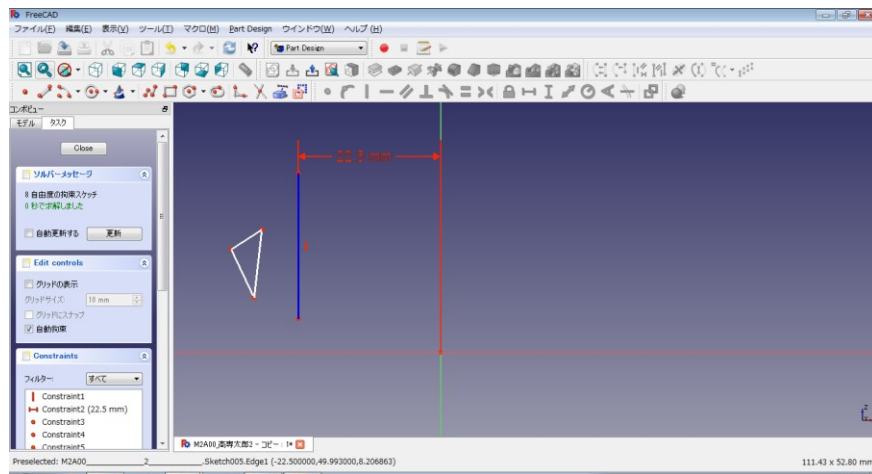
- ④直線を垂直になるように拘束し、図のように位置を入力する。



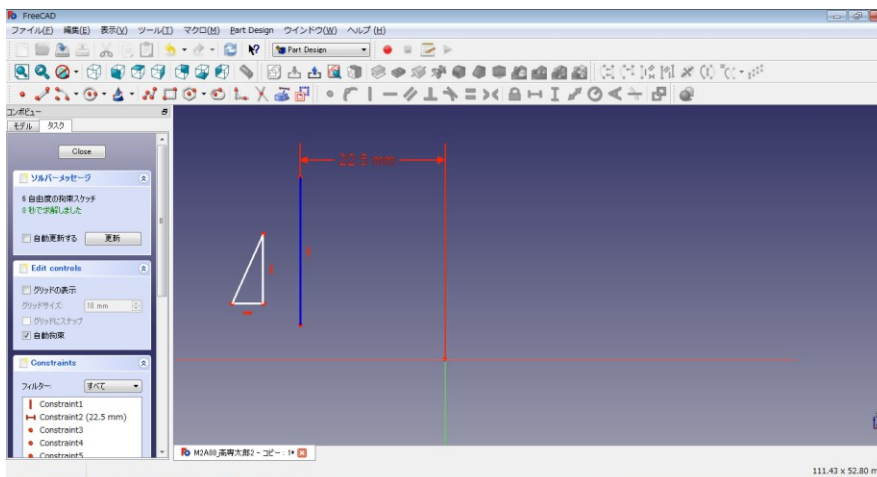
⑤直線を選択し、ツールバーからを選択して補助モードに切り替える。



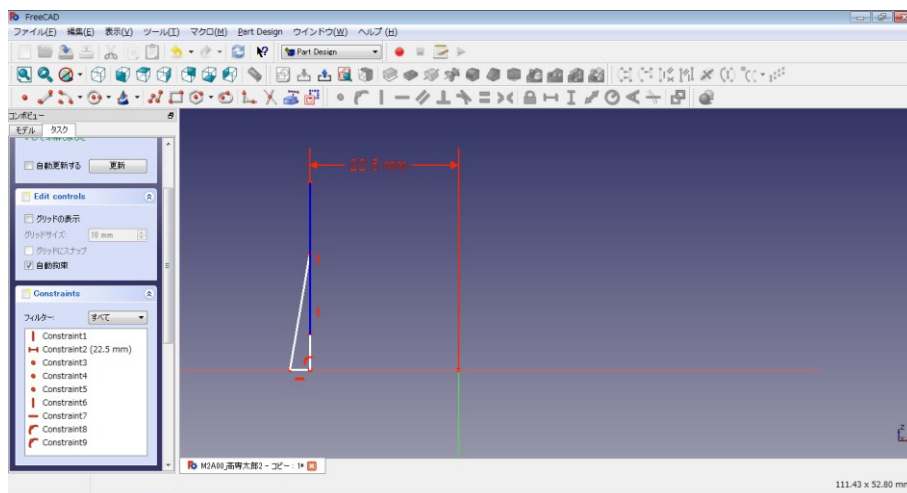
⑥ツールバーからを選択し、三角形を作成する。



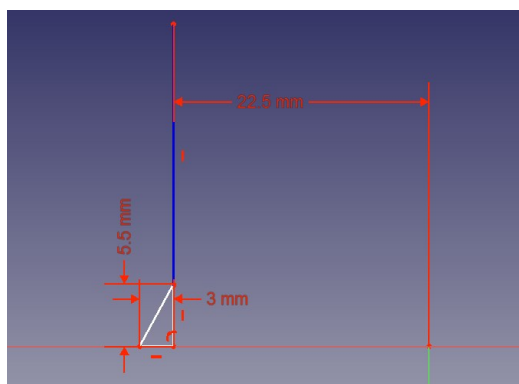
⑦図のように直角三角形として拘束する。



⑧ 三角形の直角となる点と直線(補助モード)を接点拘束し、中心線の横軸上にも拘束する。

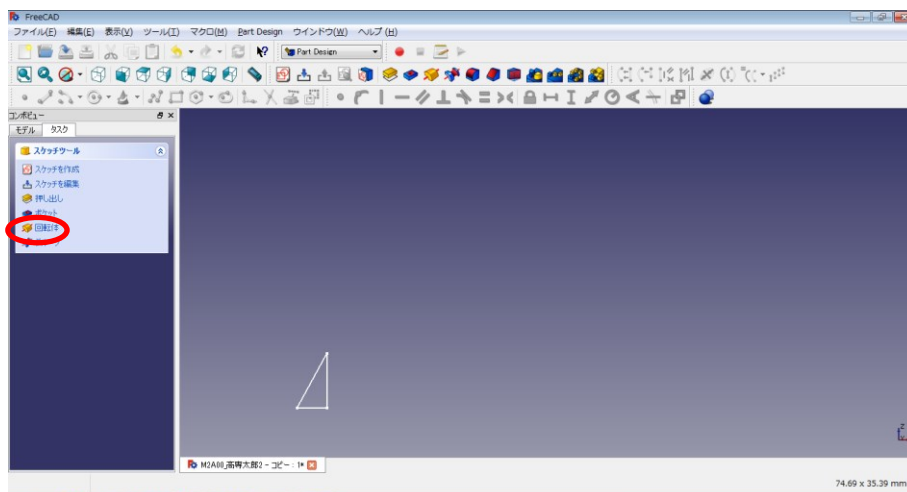


⑨ 図のように寸法を入力する。

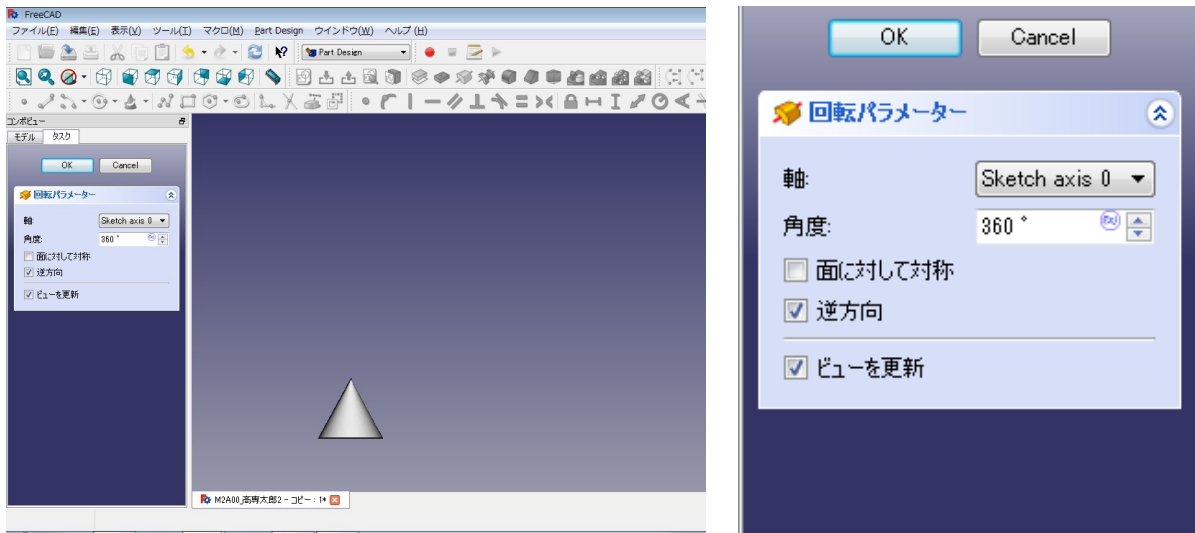


⑩ 「Close」を押して「Sketch」を閉じる。

⑪ タスク欄のスケッチツールより、「回転体」を選択する。



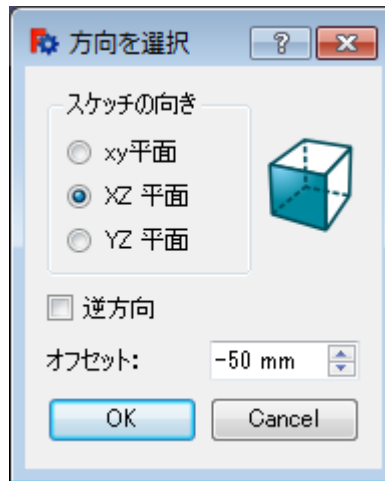
⑫回転パラメーターより、軸を「sketch axis 0」を選択し、「OK」を押す。



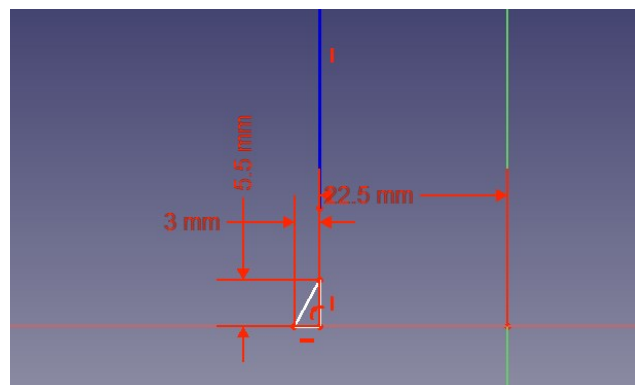
⑬モデル欄から「Revolution」を選択して、「スペースキー」を押して図形を隠す。

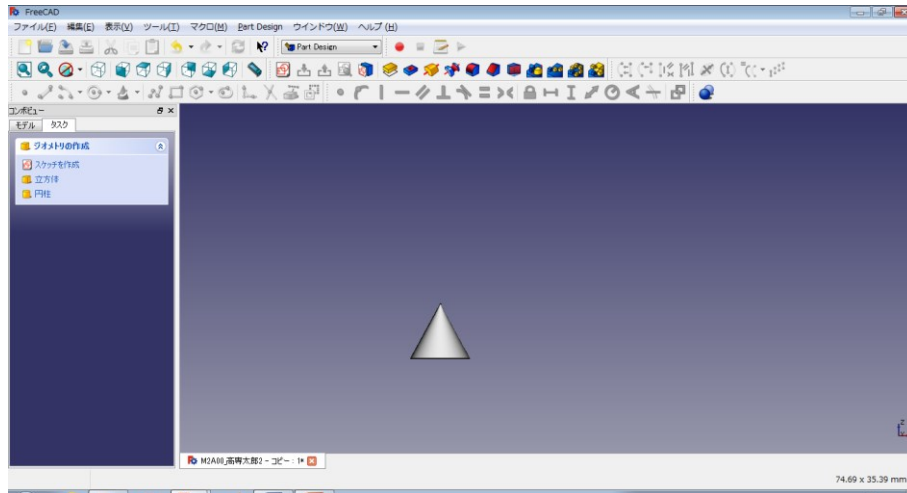
⑭スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択する。

⑮オフセットを-50mm と入力して「OK」を押す。

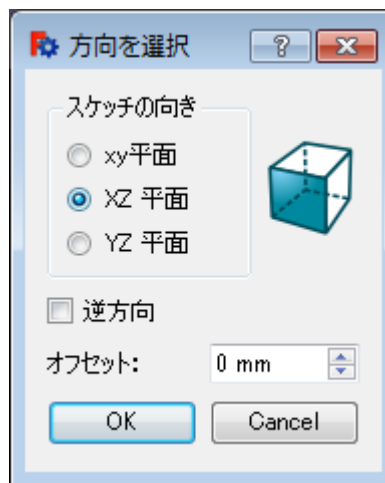


⑯③～⑫をもう一度行う。



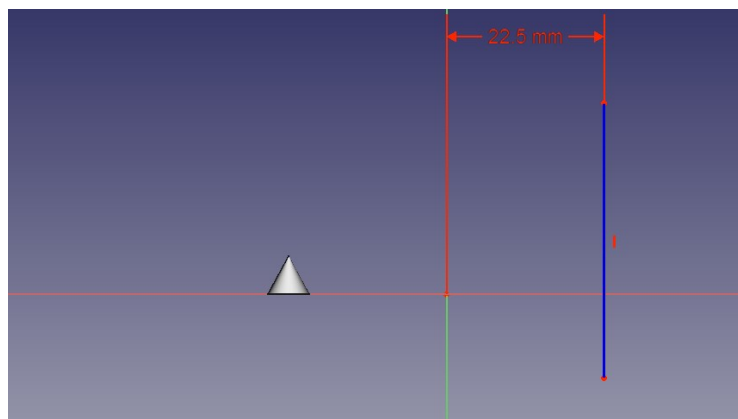


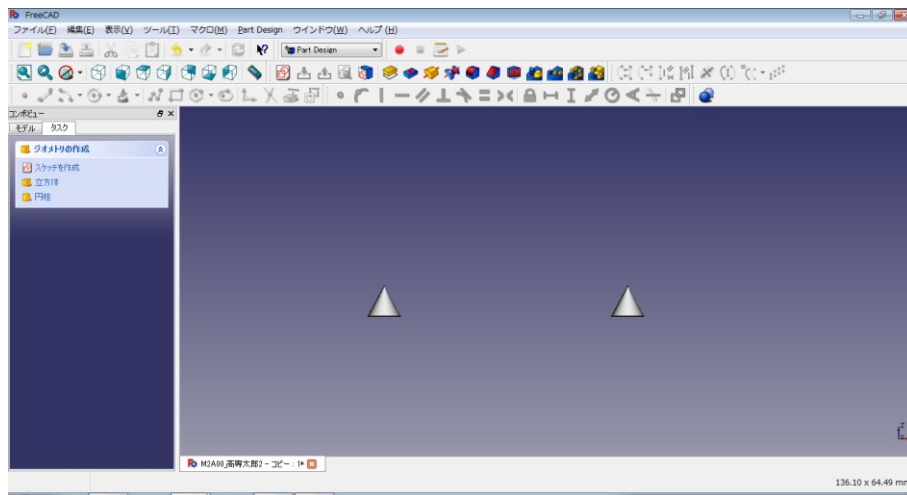
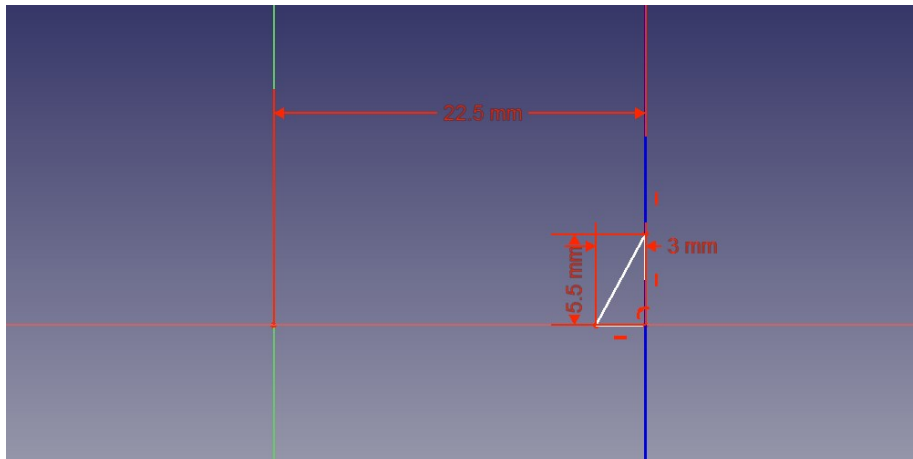
⑰スケッチを作成し、スケッチの向きを「xz 平面」と選択して「OK」を押す。



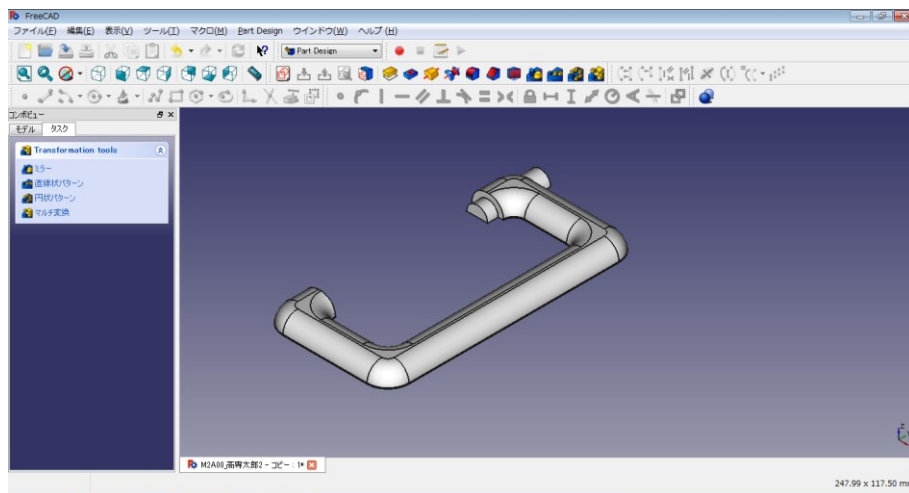
⑱③～⑫をもう一度行う。

ただし、直線(補助モード)の位置は図のように変更すること。






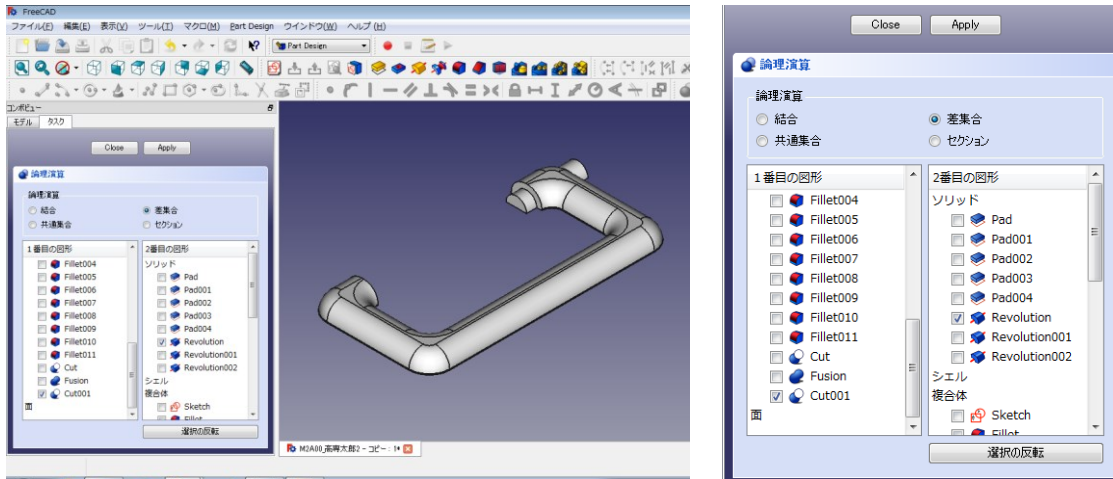
⑱モデル欄より隠れている図形を全て選択し、それぞれ「スペースキー」を押して表示する(「Cut001」、「Revolution」)。



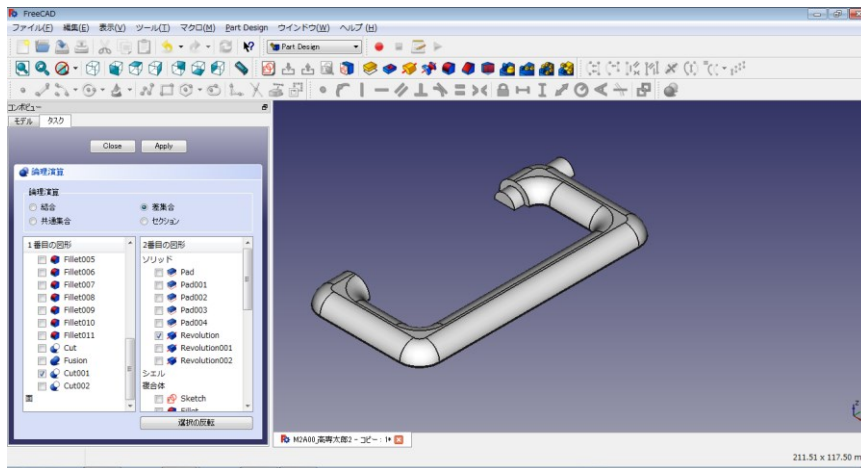
ワークベンチを「Part Design」→「Part」に切り替える。

⑳ ツールバーから  を選択し、論理演算を行う。

㉑ 図のように「差集合」を押してするモデルを選択し、「Apply」を押す。
この時、1 番目の図形が引かれる図形で 2 番目の図形を引く図形を表す。

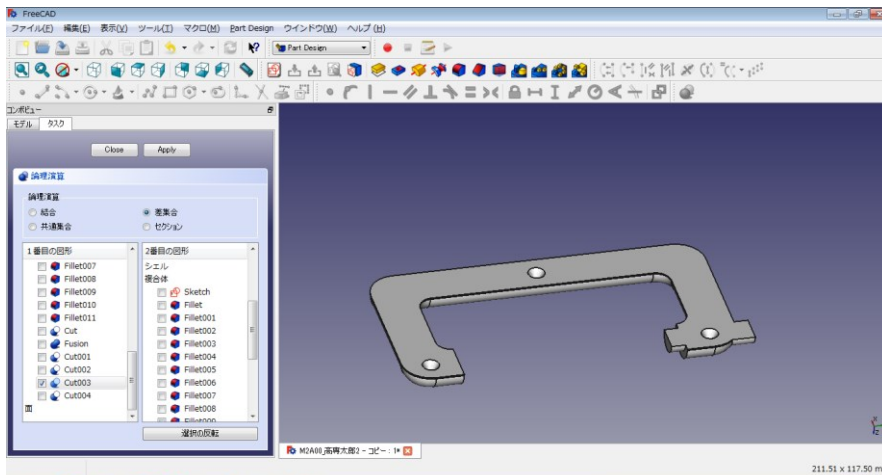



㉒ カットしたモデルは「Cut」として表れる。



㉓ 必要な図形だけ㉑を繰り返す。

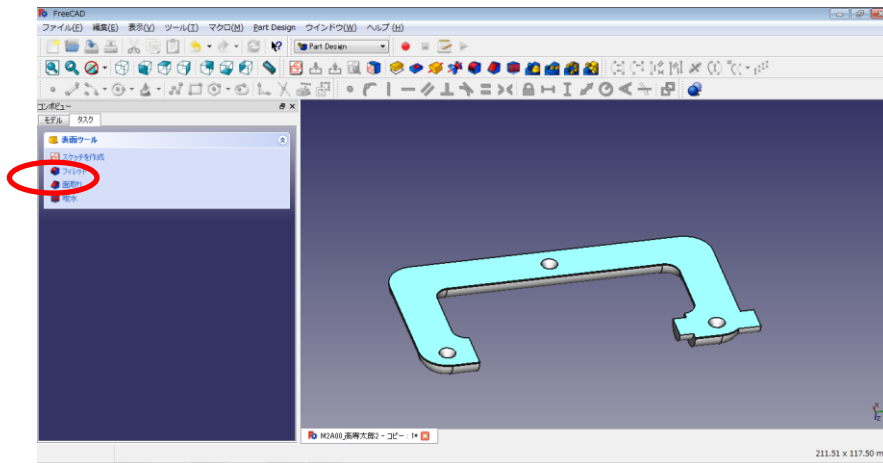
「Cut001」と「Revolution」、「Cut002」と「Revolution001」、「Cut003」と
「Revolution002」の組み合わせで順番にカットする



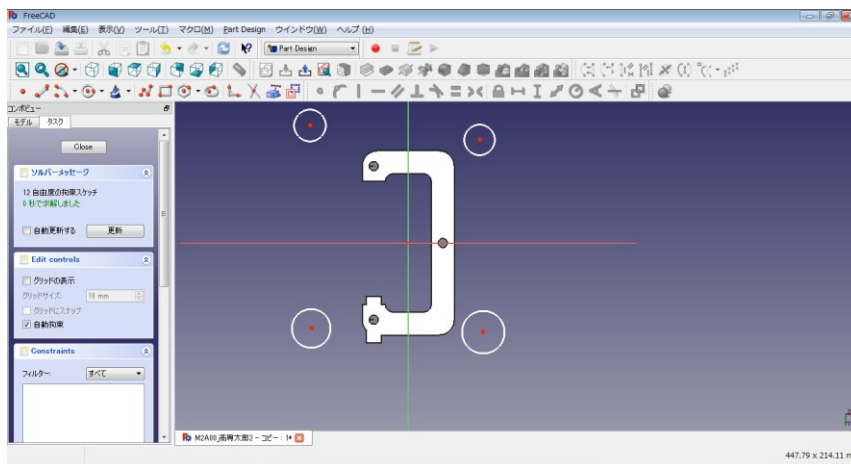
②④ 「Close」 を押して、 上書き保存する。

ワークベンチを「Part Design」 → 「Part」 に切り替える。

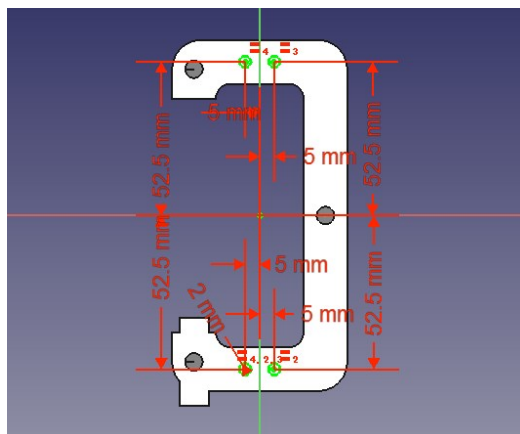
②⑤ 図形の断面を指定してスケッチを作成する。



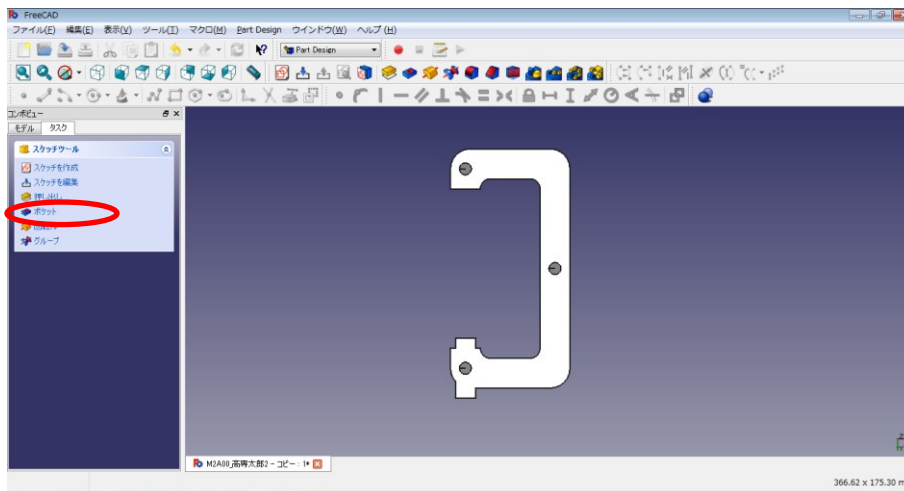
②⑥ ツールバーから  を選択し、4つの円を作成する。



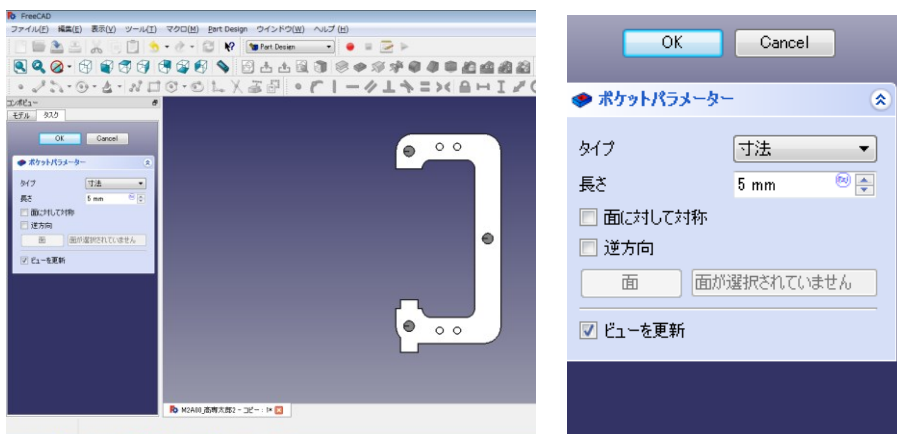
②⑦ 4つの円の半径は同じ寸法で中心点の位置は図のように入力する。



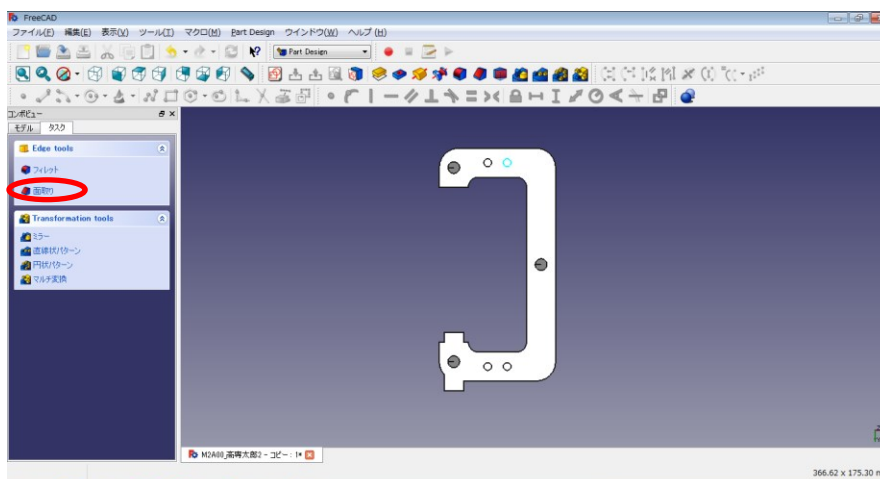
- ⑳ 「Close」 を押して 「Sketch」 を閉じる。
- ㉑ タスク欄のスケッチツールより、「ポケット」 を選択する。



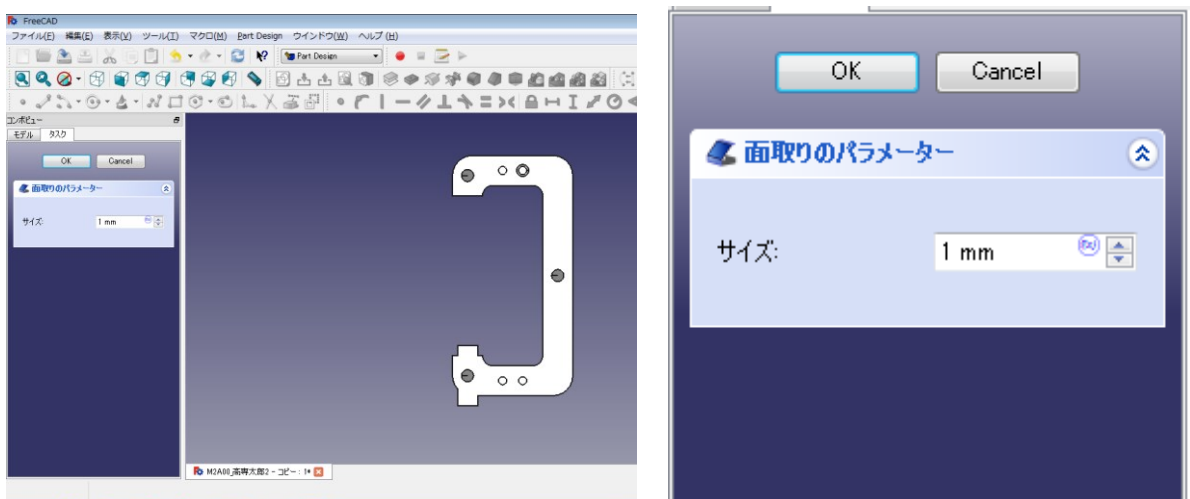
- ㉒ ポケットパラメーターより、長さを 5mm にして 「OK」 を押す。



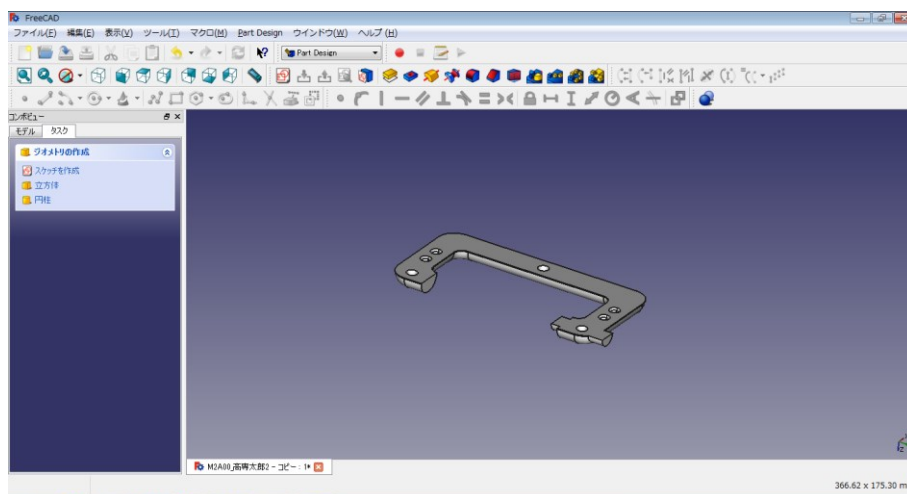
- ㉓ 図のようにポケットを付けた断面内の円の縁を選択する。




③② タスク欄の表面ツールより面取りを選択し、サイズを入力して「OK」を押す。



③③ ③①と③②を全部で4か所行う。



③④  上書き保存する。

ダボ穴側の図形は完成である。

3D プリンタで造形を行う場合は「5. stl 形式へのエクスポートおよびスライサーソフトの使用方法」を読んでください。

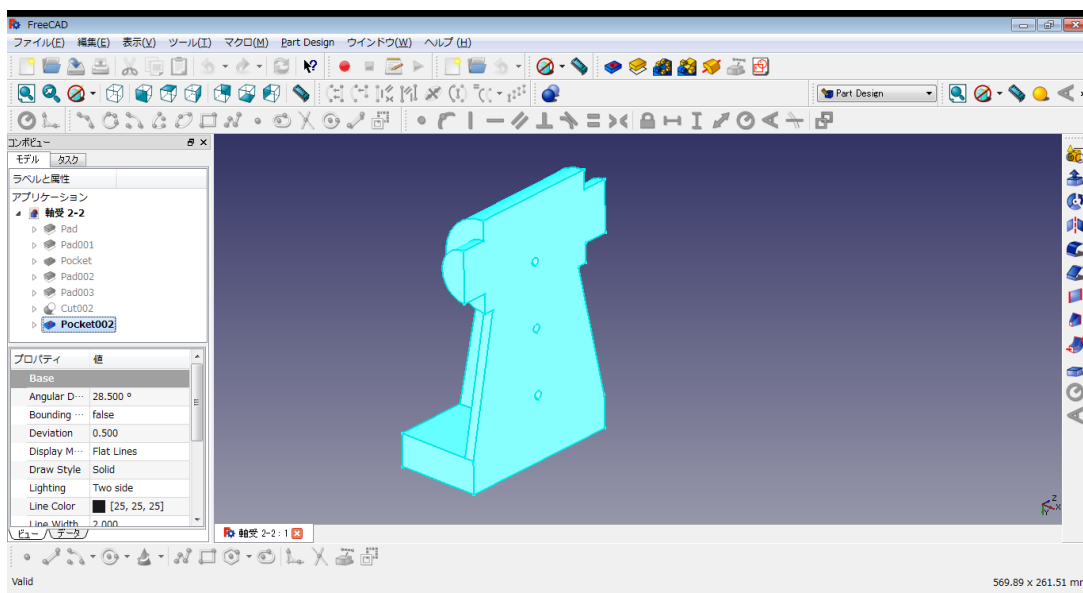
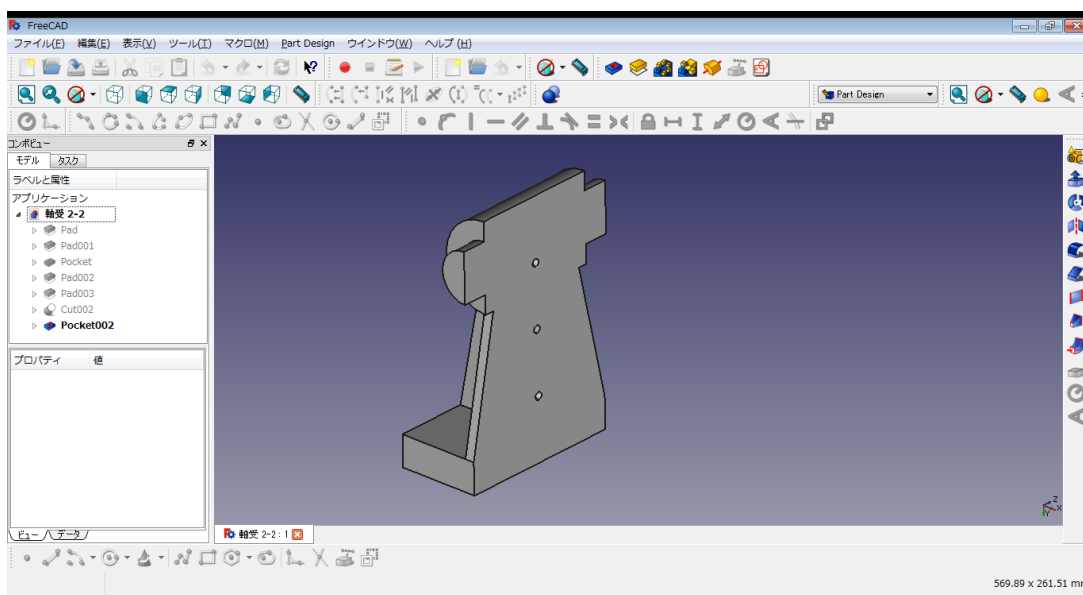
・5. stl 形式へのエクスポートおよびスライサーソフトの使用方法

この章では、3DCAD でモデリングしたデータを 3D プリンタで造型できる状態までにする流れを簡単に説明します。

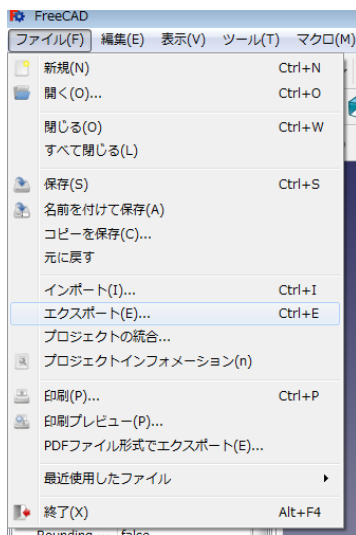
3D プリンタを取り扱う場合は「3D プリンタの説明書」を読んでから行ってください。

・5-1. stl 形式へのエクスポート

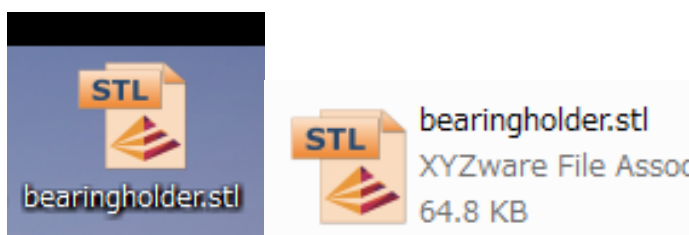
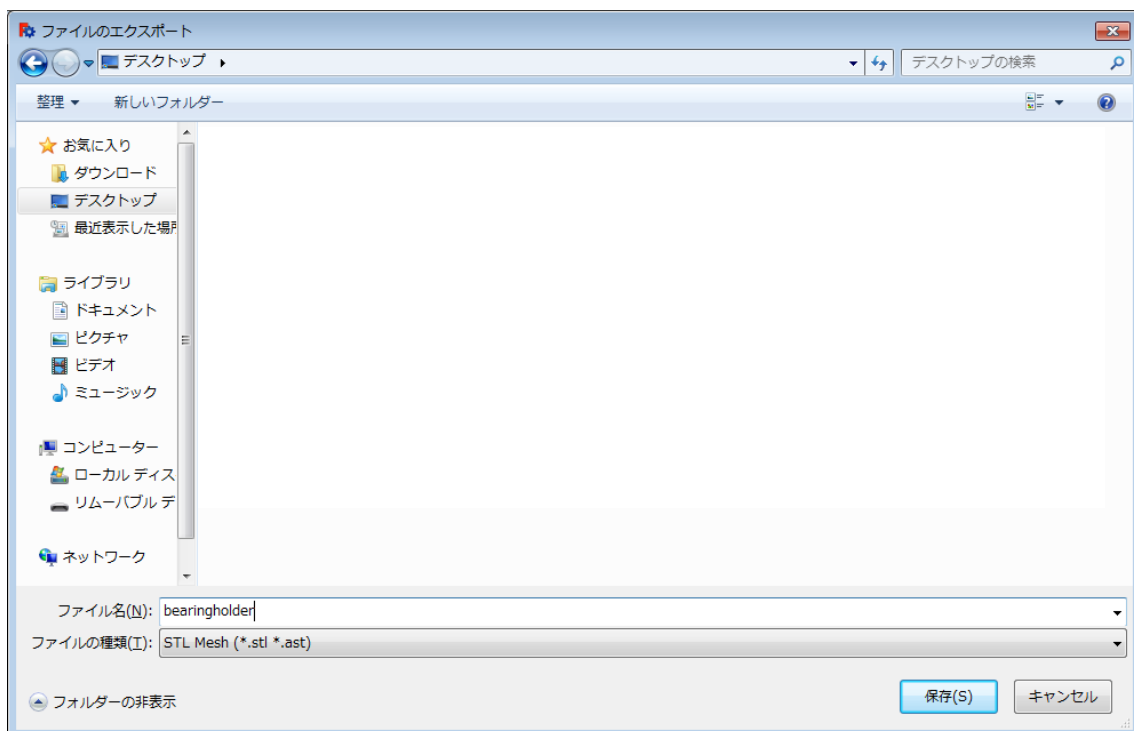
- ① モデル欄（タグ）から stl としてエクスポートしたいモデルを選択する。（例：「Pocket002」）



- ② メニューより「ファイル」→「エクスポート」を選択する。



- ③ ファイル名を(例)bearingholder.stl としてデスクトップに保存する。
※ ファイル名は半角英数字の方がよい。(3D プリンタが日本語を認識しない場合有)

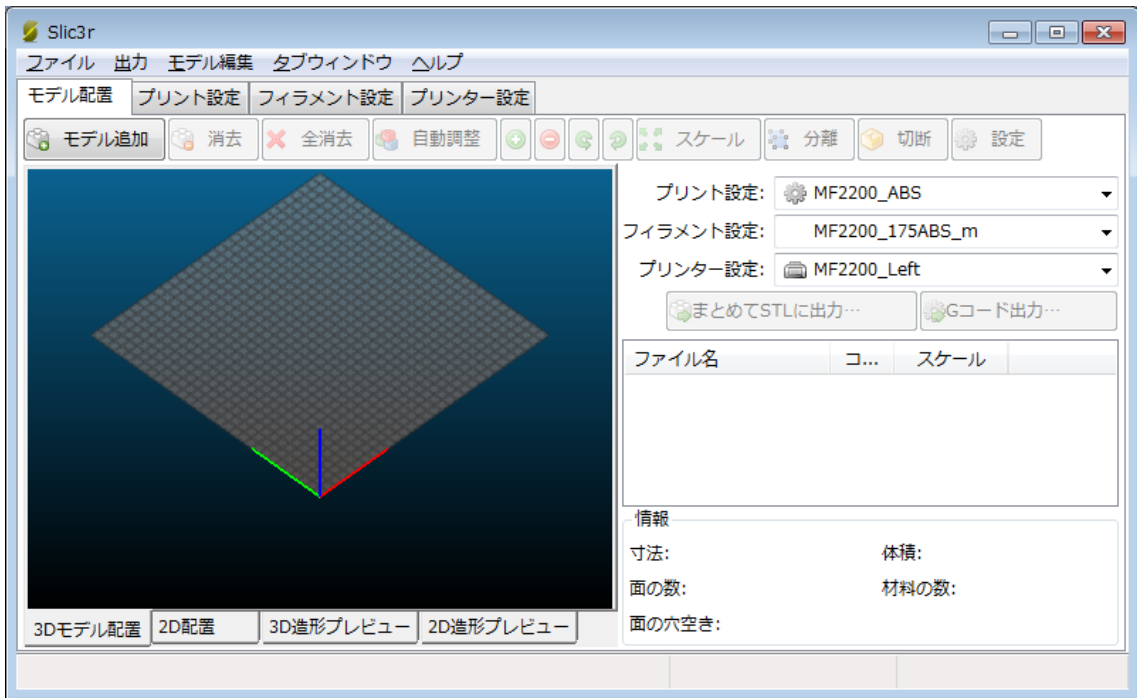


※ アイコンはパソコンの環境によって変わるので、拡張子(.stl)で確認してください。

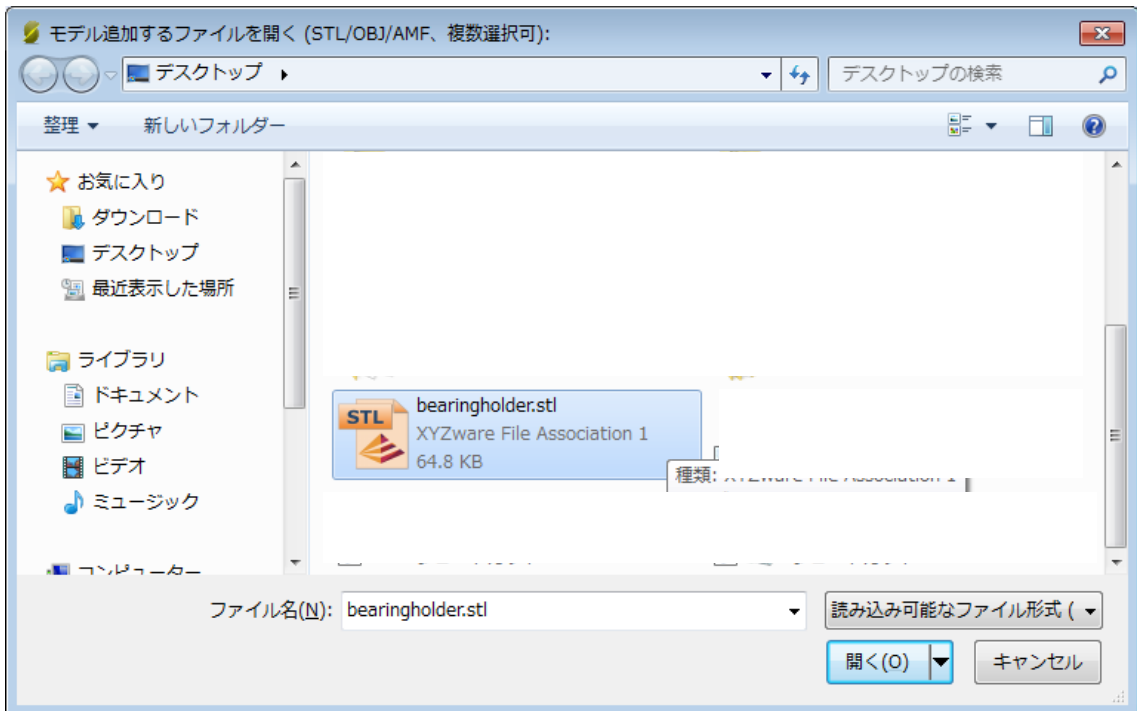
5-2. スライサーソフトの使用法

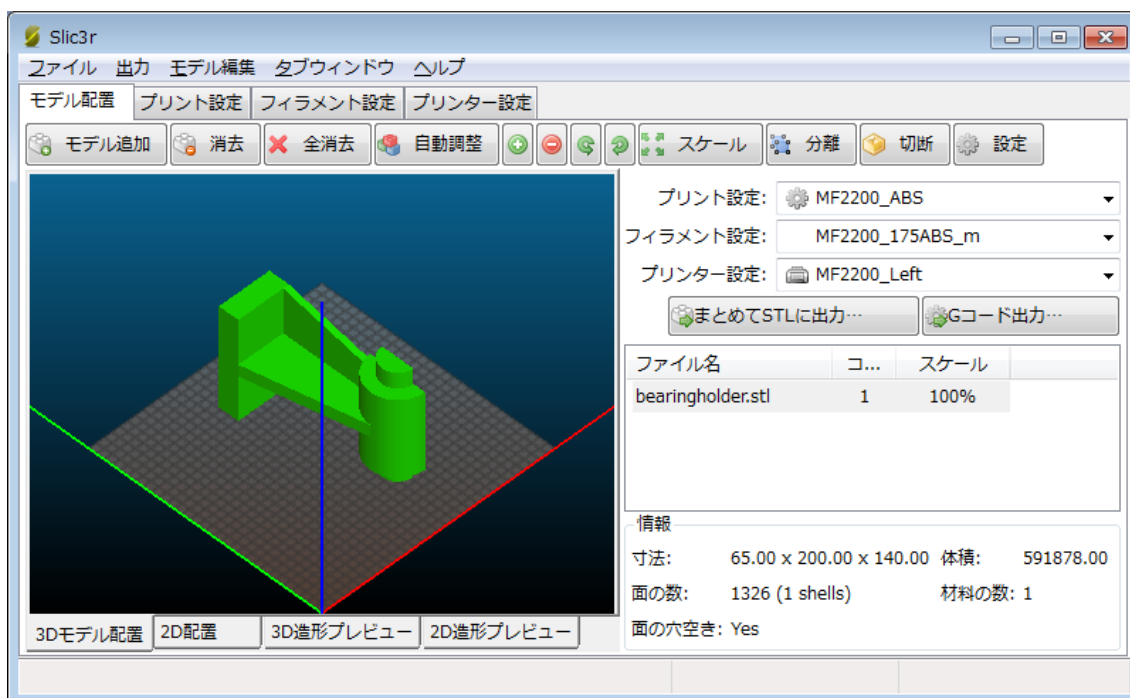
(1) Slic3r (Ver.1.2.9) の場合

① Slic3r を起動する。

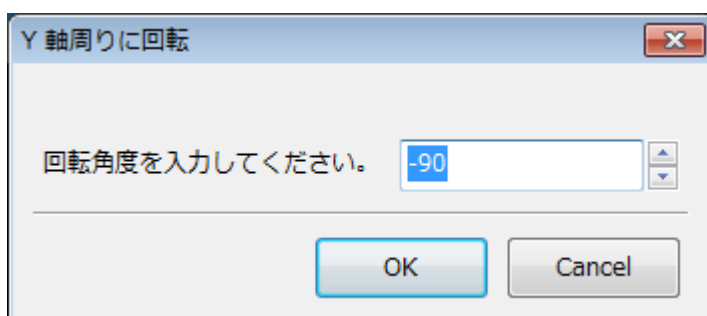
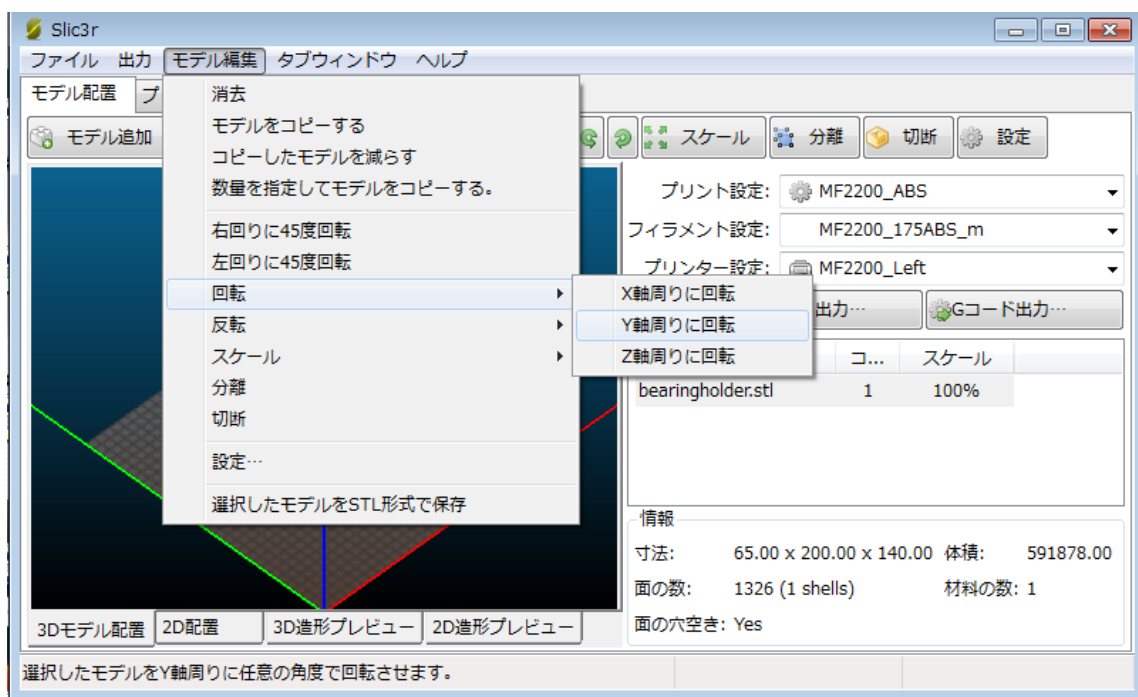


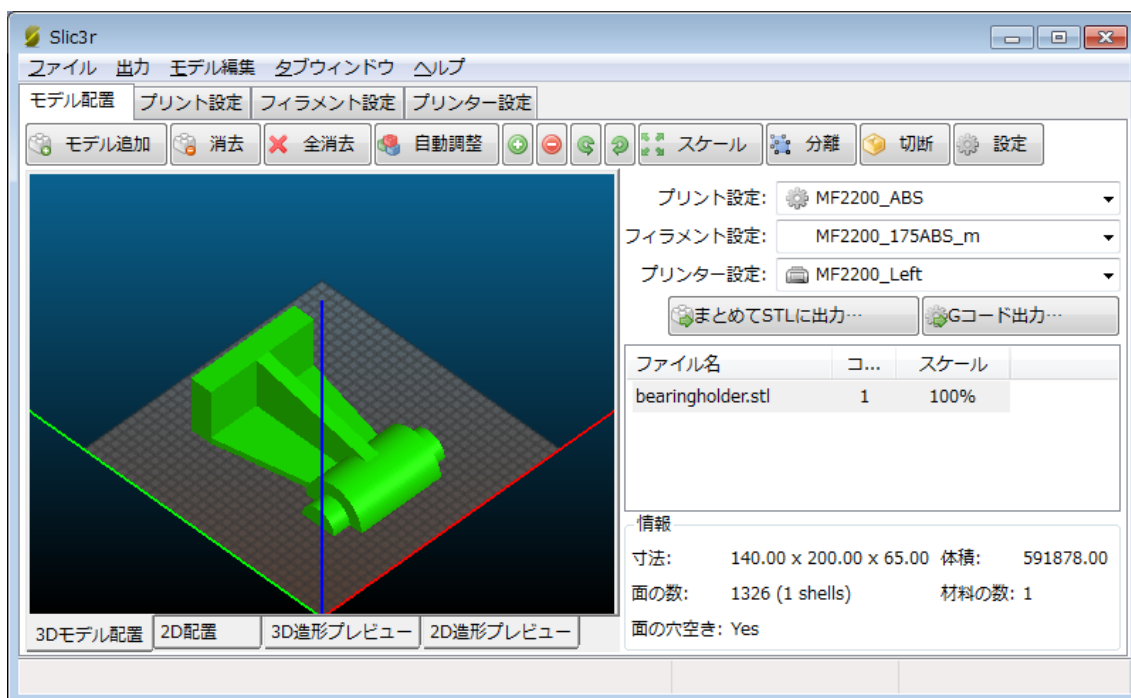
② モデル追加ボタンを押し、「bearingholder.stl」を選択し開く。



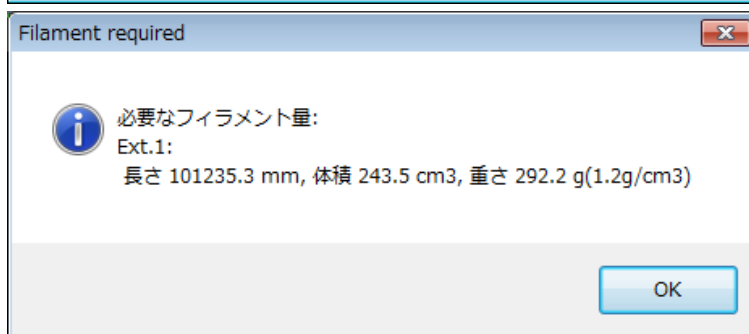
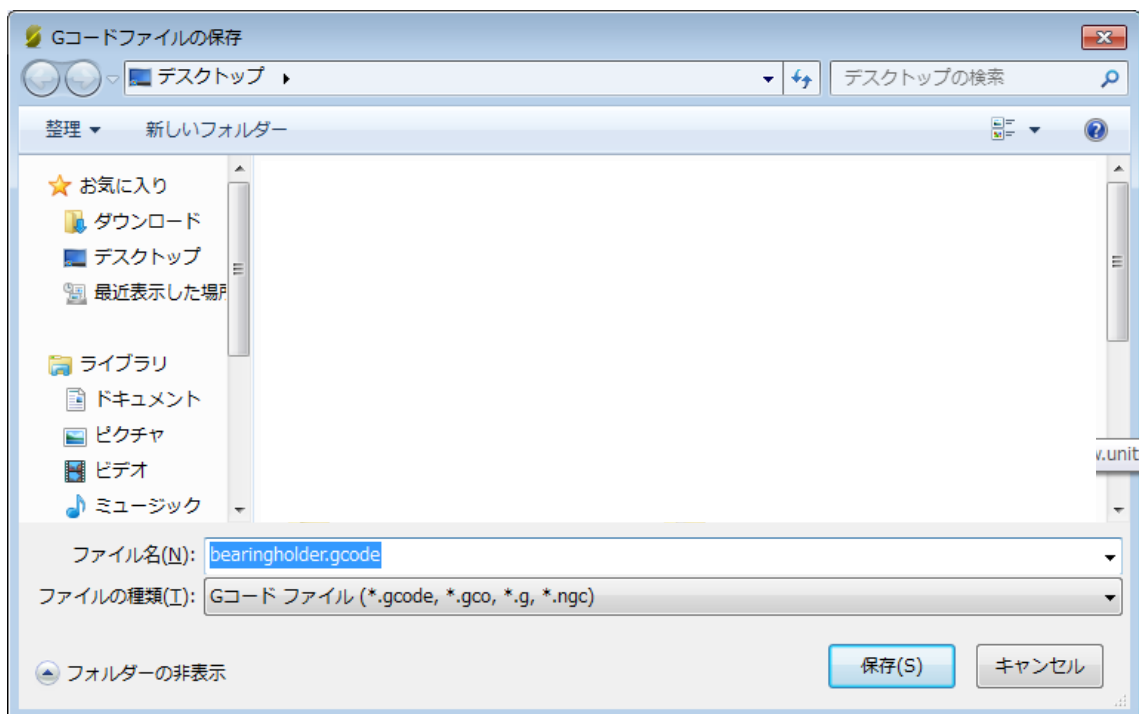


- ③ モデルの平面部が 3D プリンタの造形テーブル面していない場合は、必要に応じてモデルを回転させる（この場合は Y 軸周りに回転→-90°）。



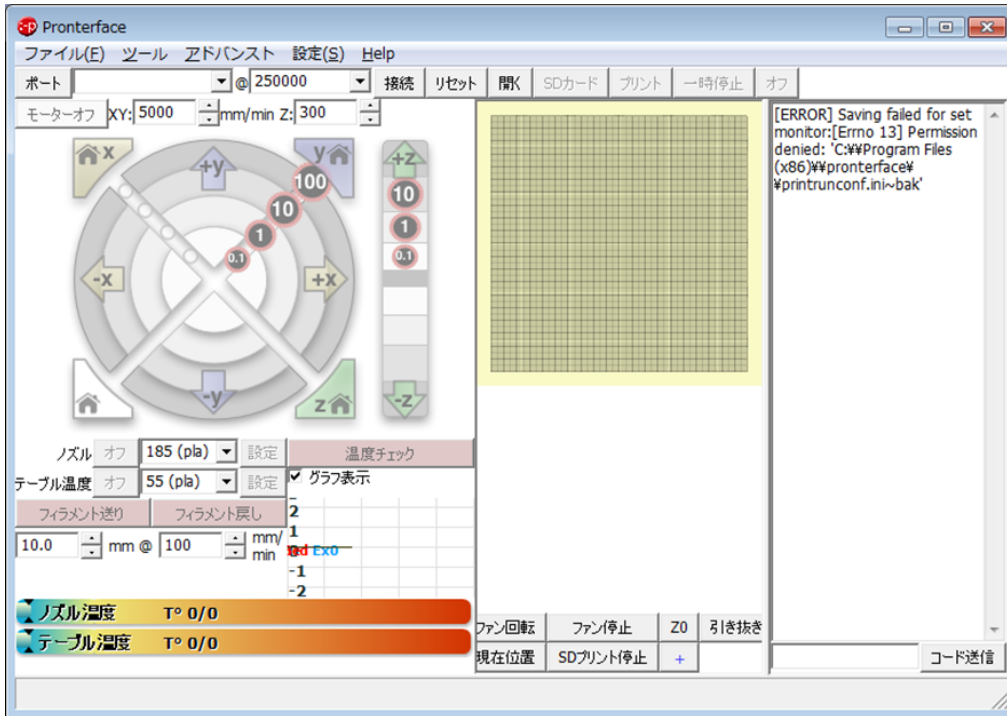


- ④ 「Gコード出力…」ボタンを押し、gcodeとしてデスクトップに保存する(例)「bearingholder.gcode」。必要なフィラメント量などが目安として表示される。

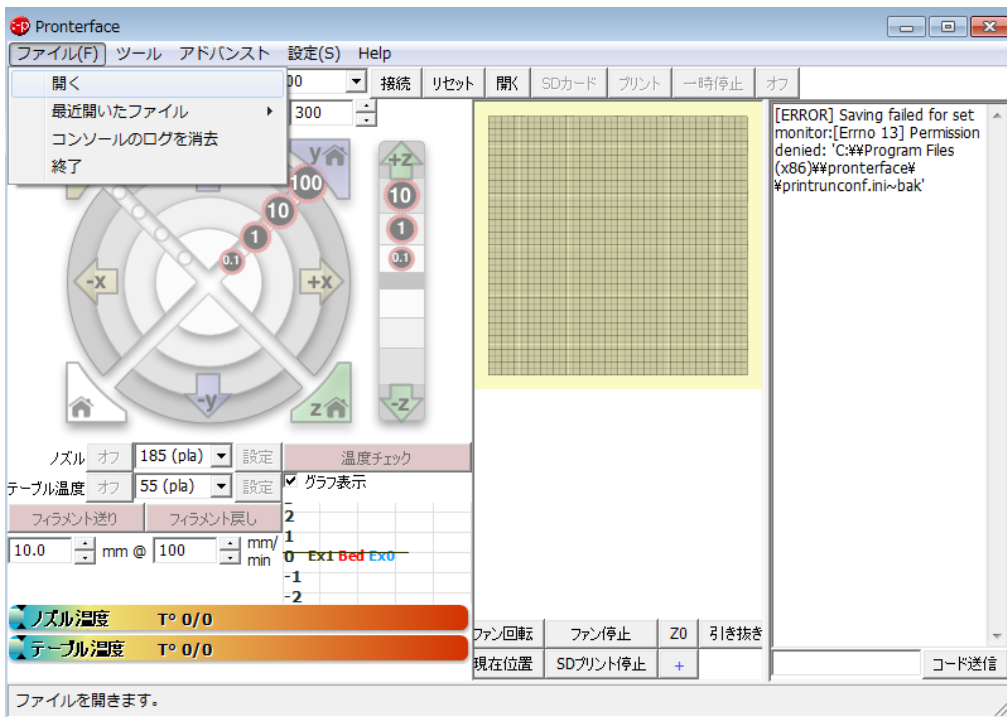


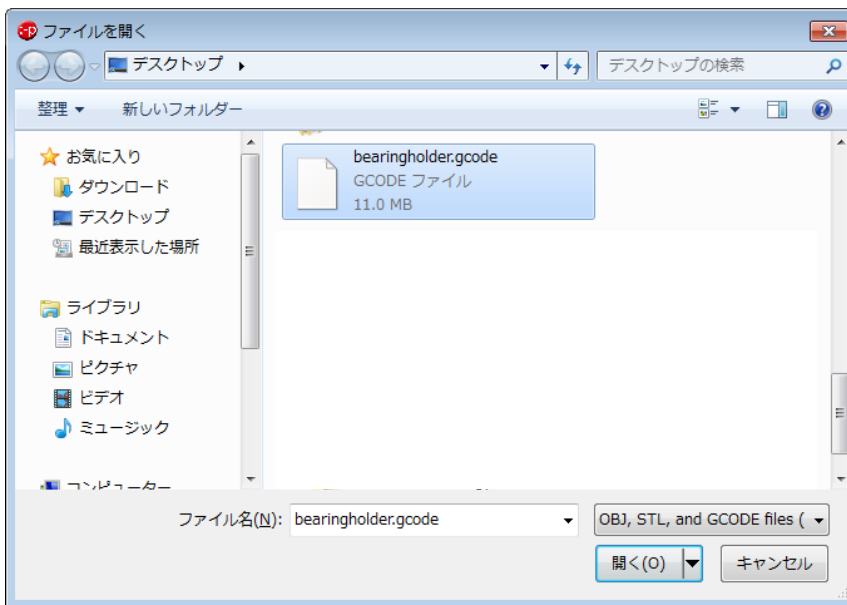
bearingholder.gcode
GCODE ファイル
11.0 MB

⑤ 制御ソフト(Pronterface)を起動する。



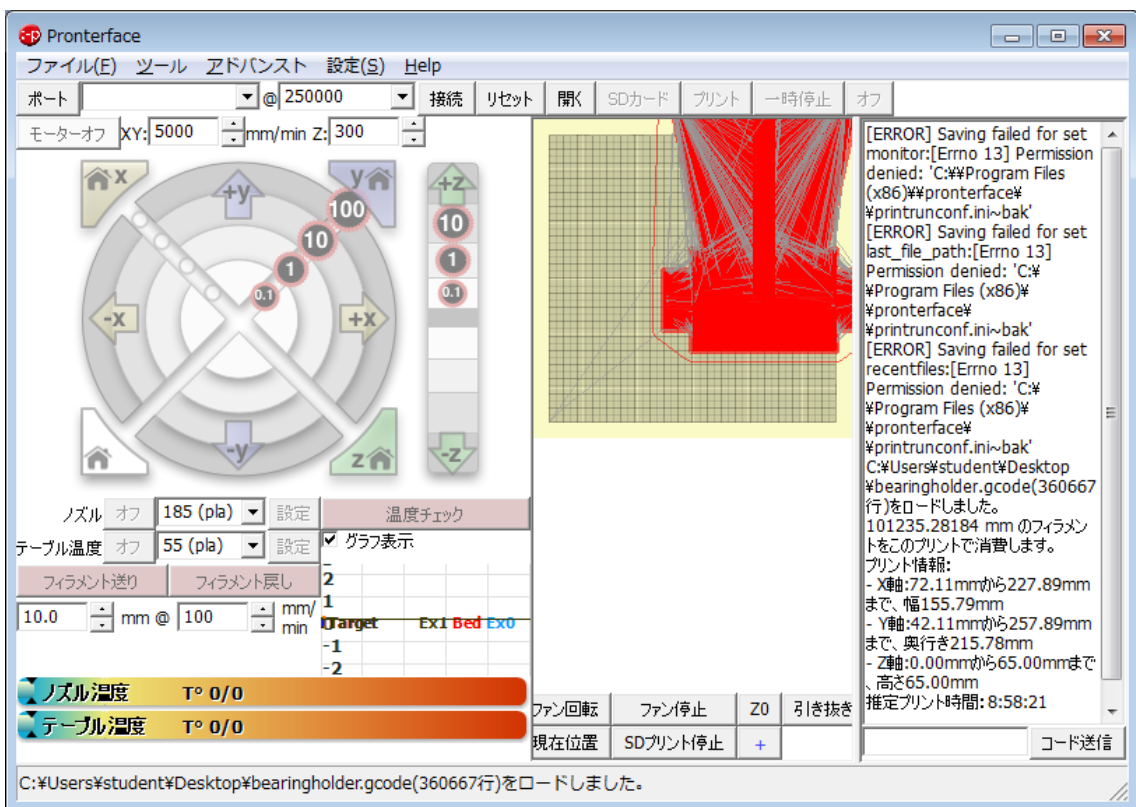
⑥ stl ファイルを開く。 「ファイル」 → 「開く」





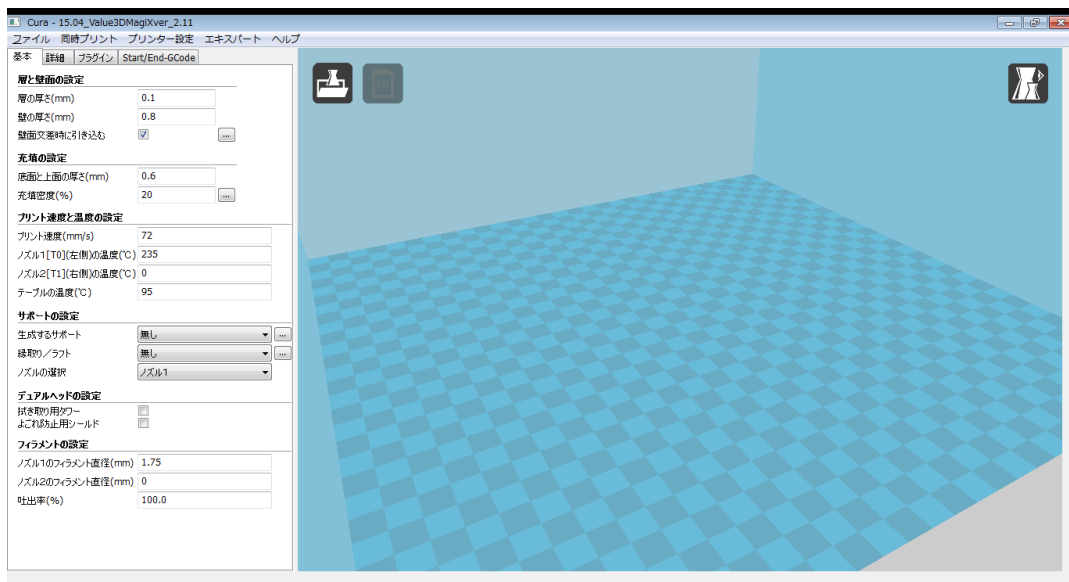
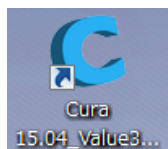
⑦ 「接続」ボタンを押すと3Dプリンタと接続させる（制御できる状態）。モデルの配置などを確認した後、印刷する「プリント」ボタンを押すと造形が開始される。

※ 下の画面は3Dプリンタとまだ接続していないので、「プリント」ボタンなどが押せない状態（表示がグレー）になっている。

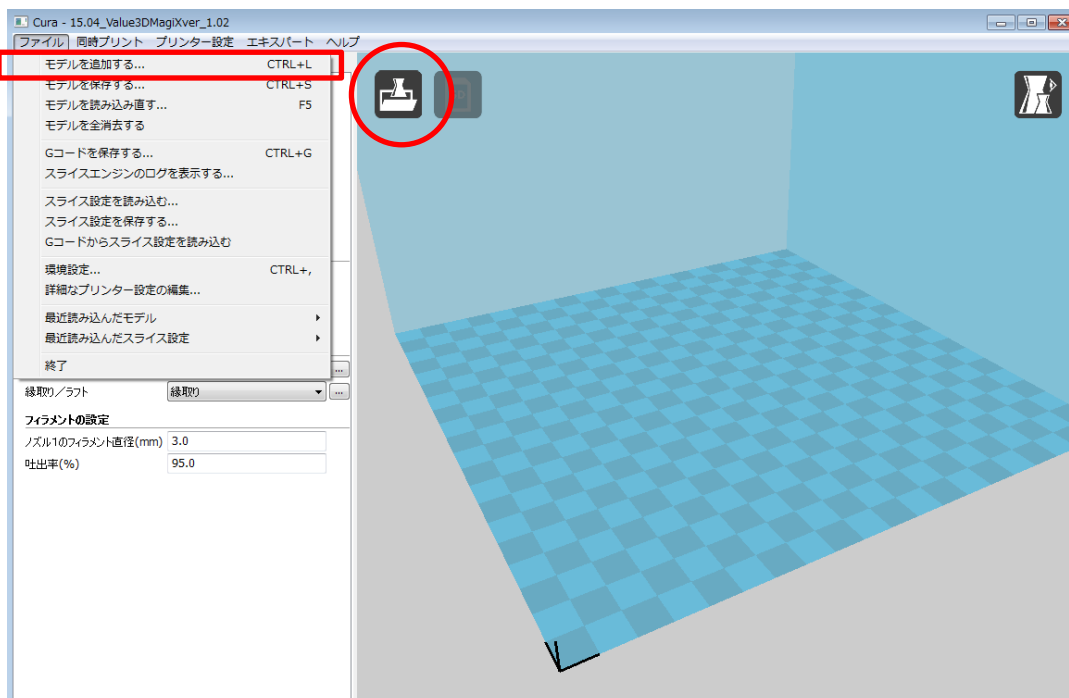


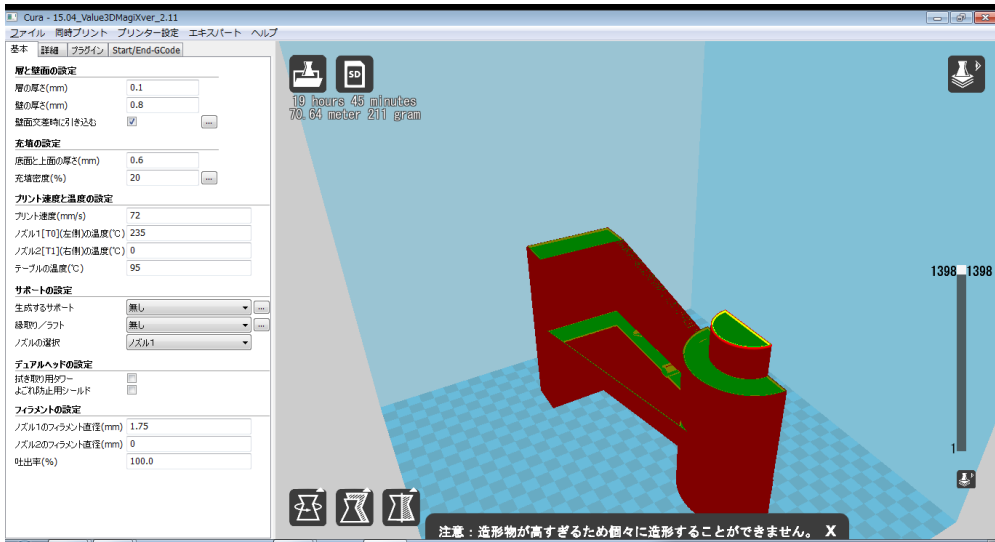
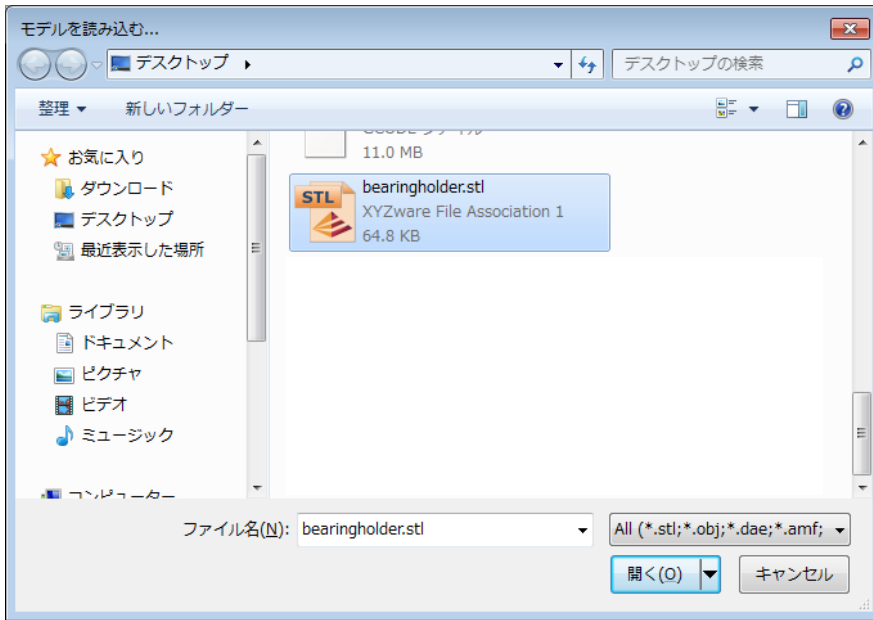
(2) Cura (Ver.15.04) の場合

① Cura を起動する。

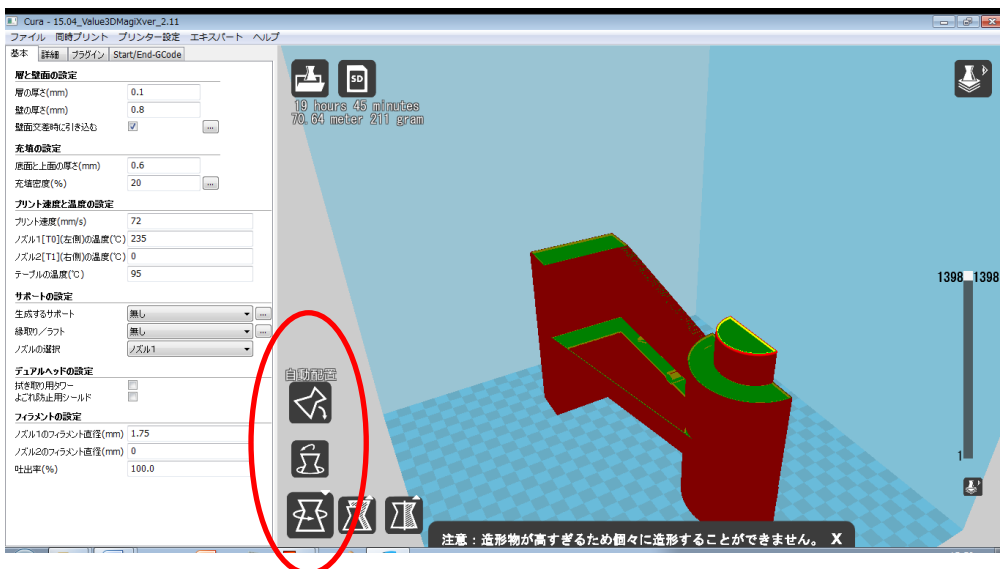


② 「モデルを追加」ボタンをクリックあるいは「メニュー」→「ファイル」→「モデルを追加する...」で stl ファイルを読み込む。

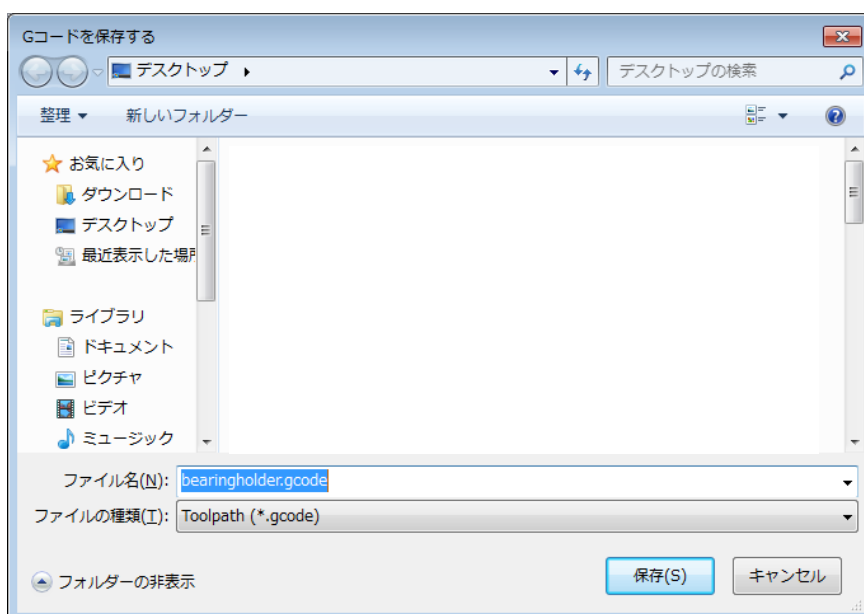
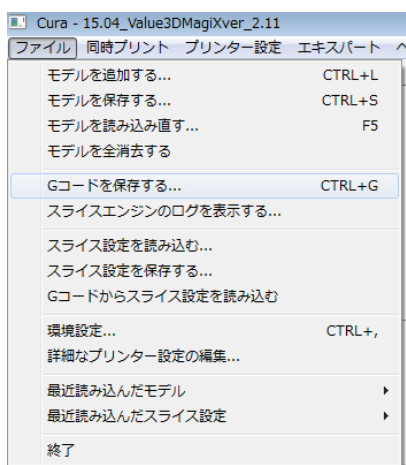




③ モデルの平面部が 3D プリンタの造形テーブル面していない場合は、必要に応じてモデルを回転させる。

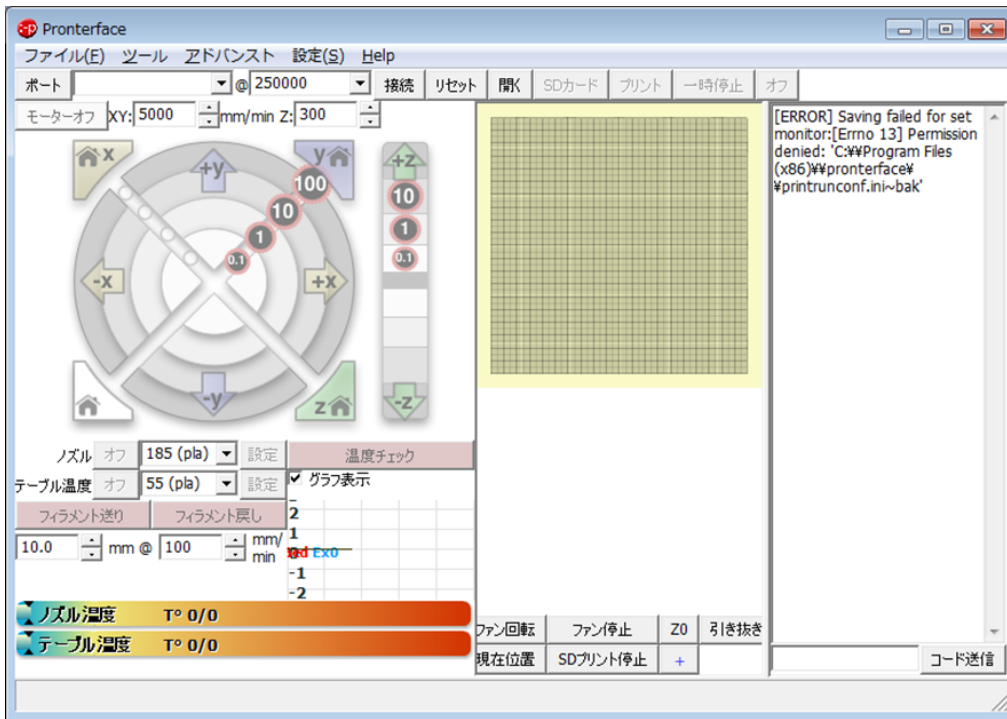


④ Gコードを保存する。「メニュー」→「ファイル」→「Gコードを保存する...」

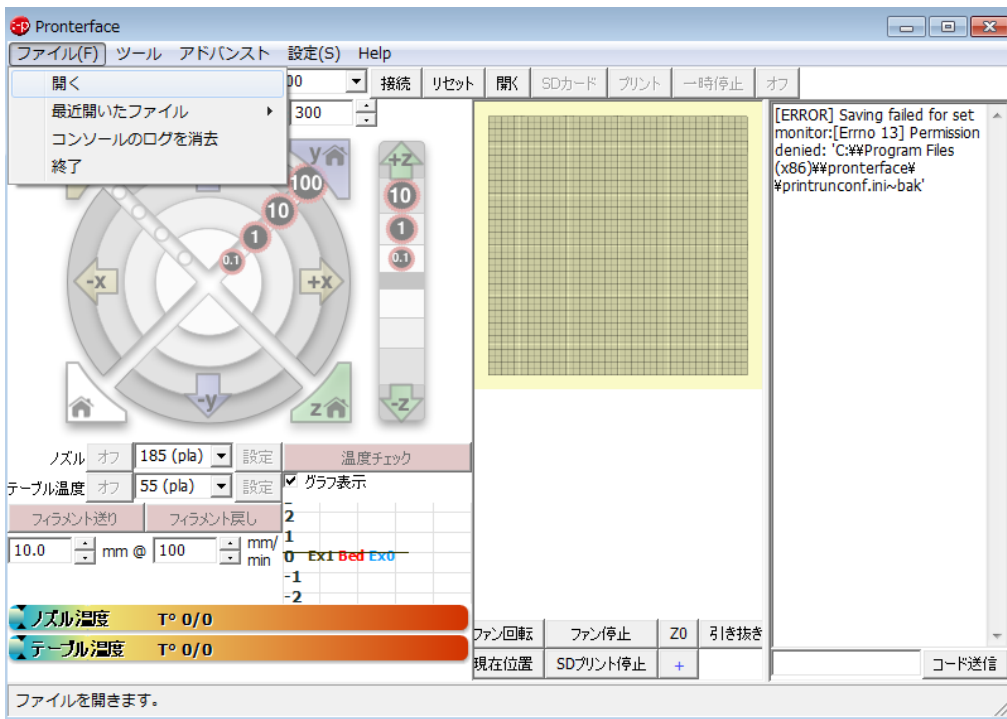


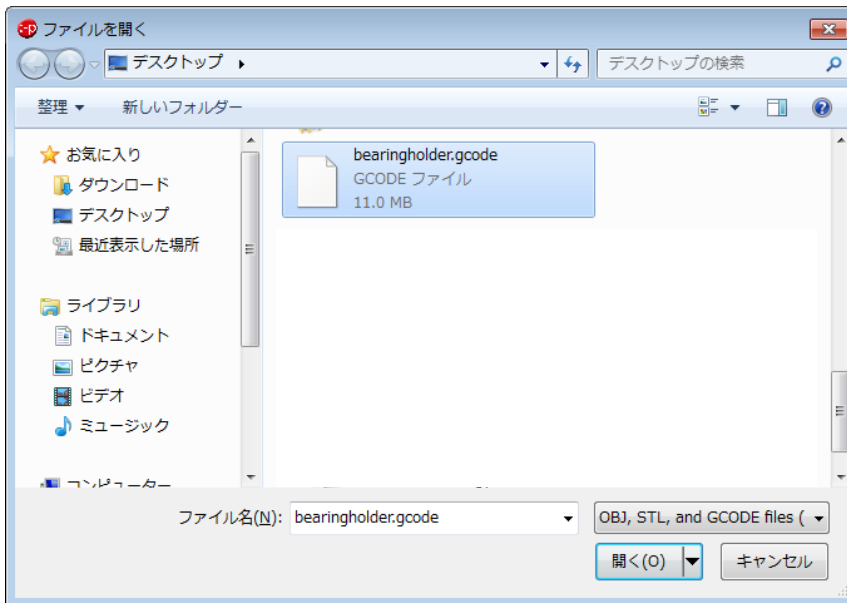
⑤ 制御ソフト(Pronterface)を起動する。





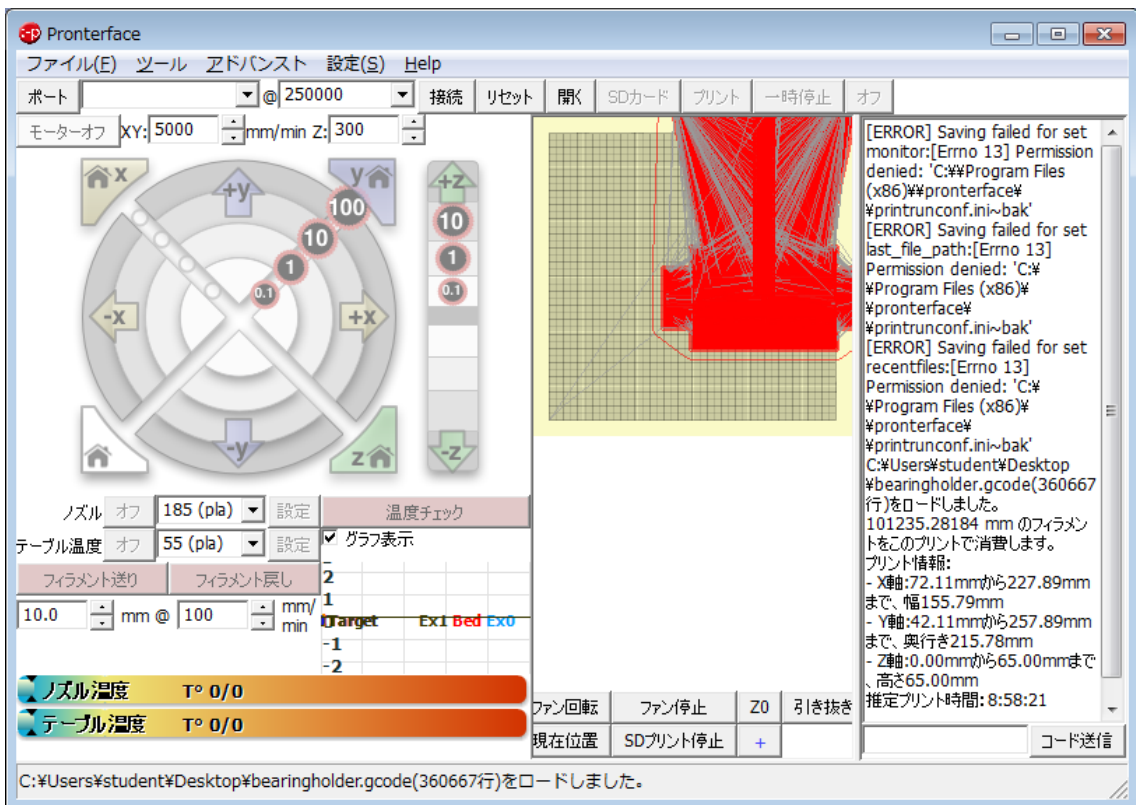
⑥ stl ファイルを開く。 「ファイル」 → 「開く」





⑦ 「接続」ボタンを押すと3Dプリンタと接続させる（制御できる状態）。モデルの配置などを確認した後、印刷する「プリント」ボタンを押すと造形が開始される。

※ 下の画面は3Dプリンタとまだ接続していないので、「プリント」ボタンなどが押せない状態（表示がグレー）になっている。

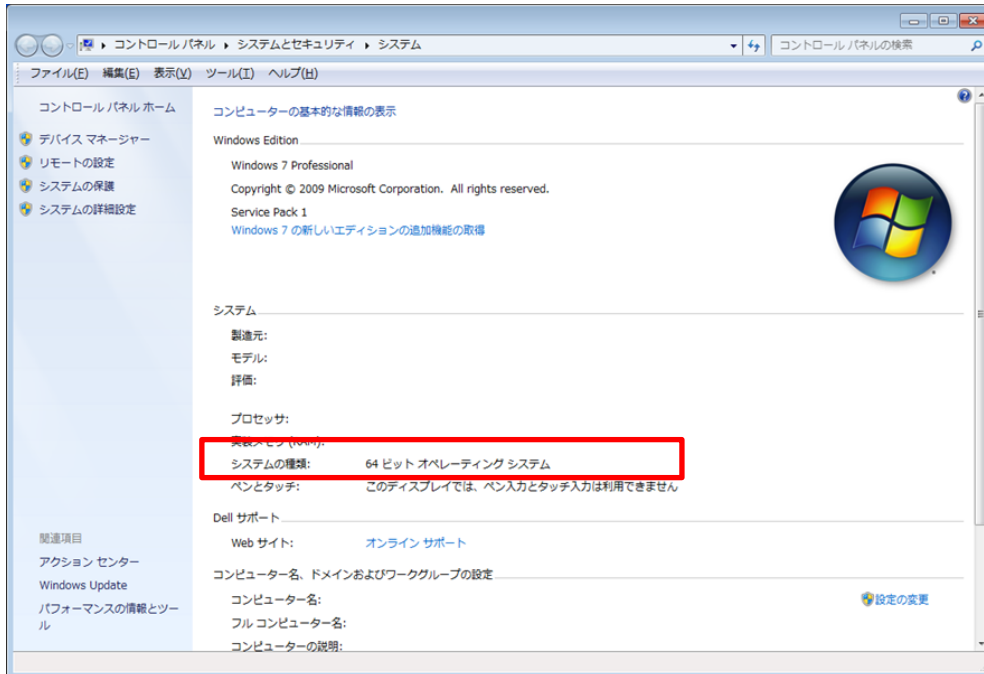


付録 FreeCAD のダウンロードおよびインストールについて

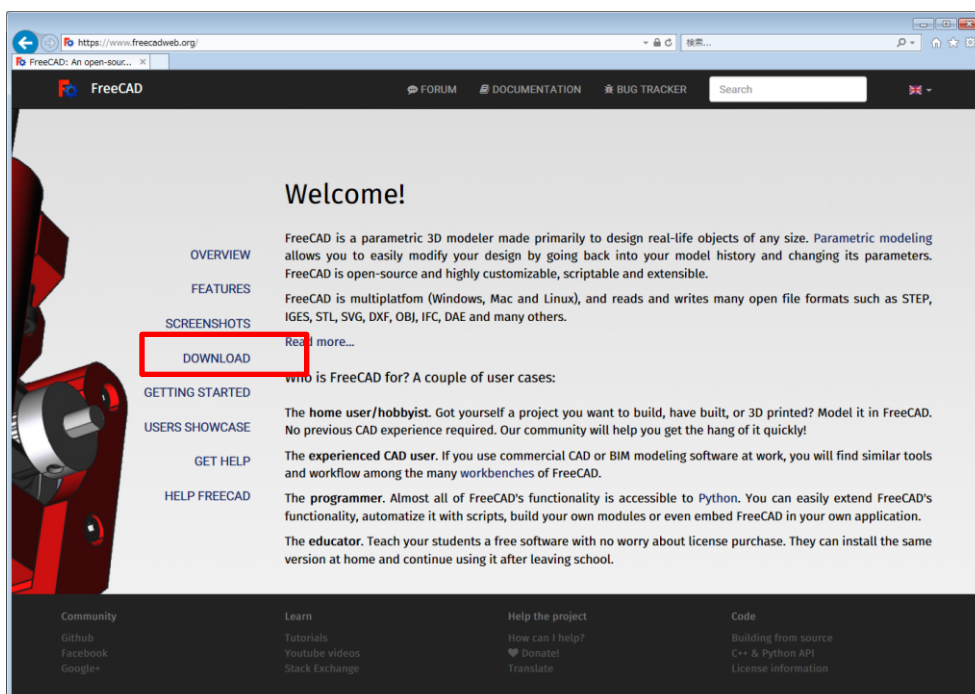
Windows の場合は Windows OS のシステムの種類が 32bit なのか 64bit なのかに注意が必要です。

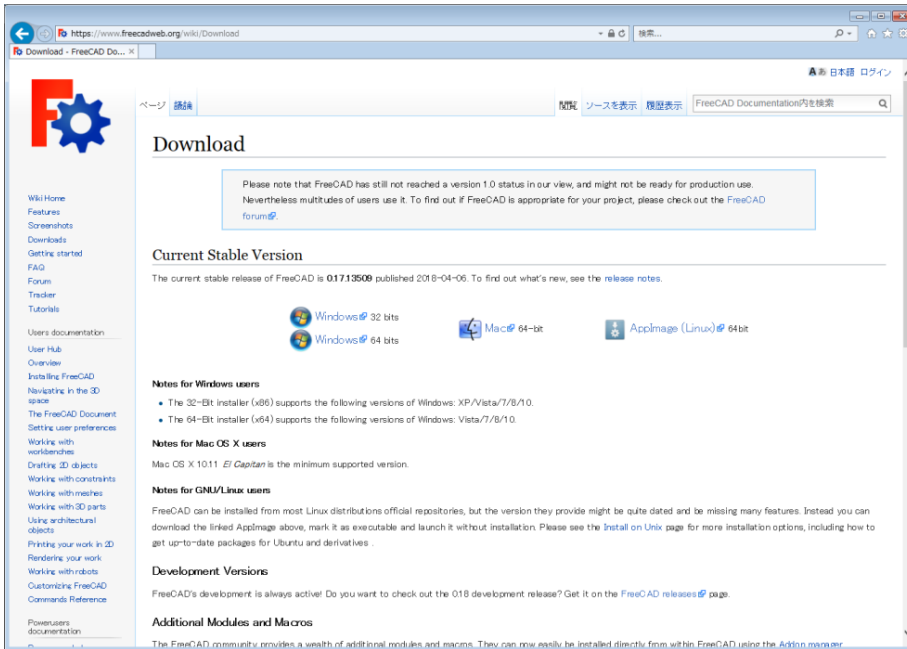
まず、「システムとセキュリティ」→「システム」で、FreeCAD をインストールしようとしているパソコンのシステムの種類を確認してください。

例



ウェブブラウザで、「<https://www.freecadweb.org/>」にアクセスし、ダウンロードページをクリックします。





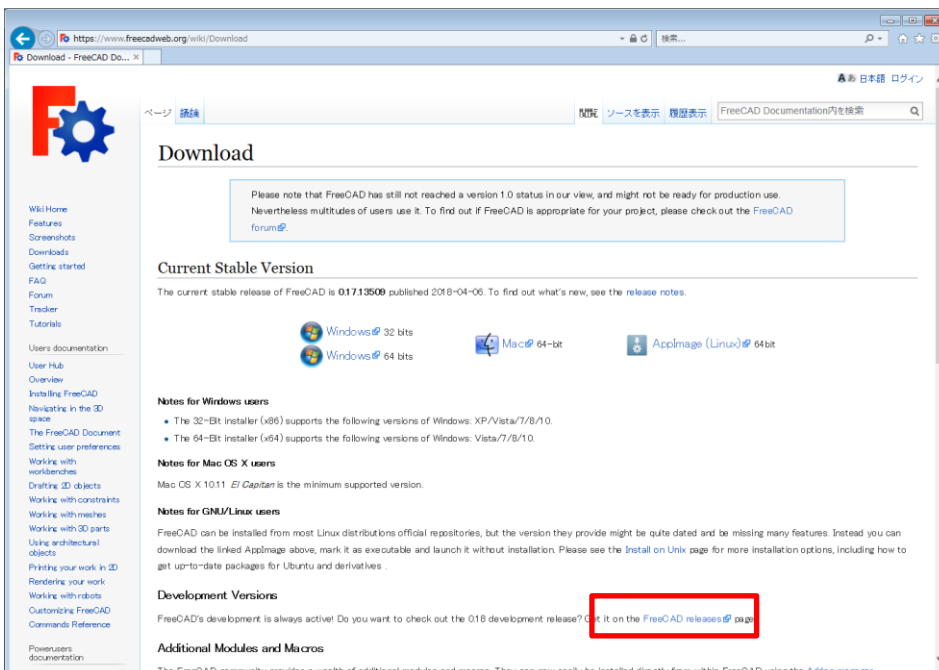
システムの種類に応じたファイルをクリックし、ダウンロード（保存）します。

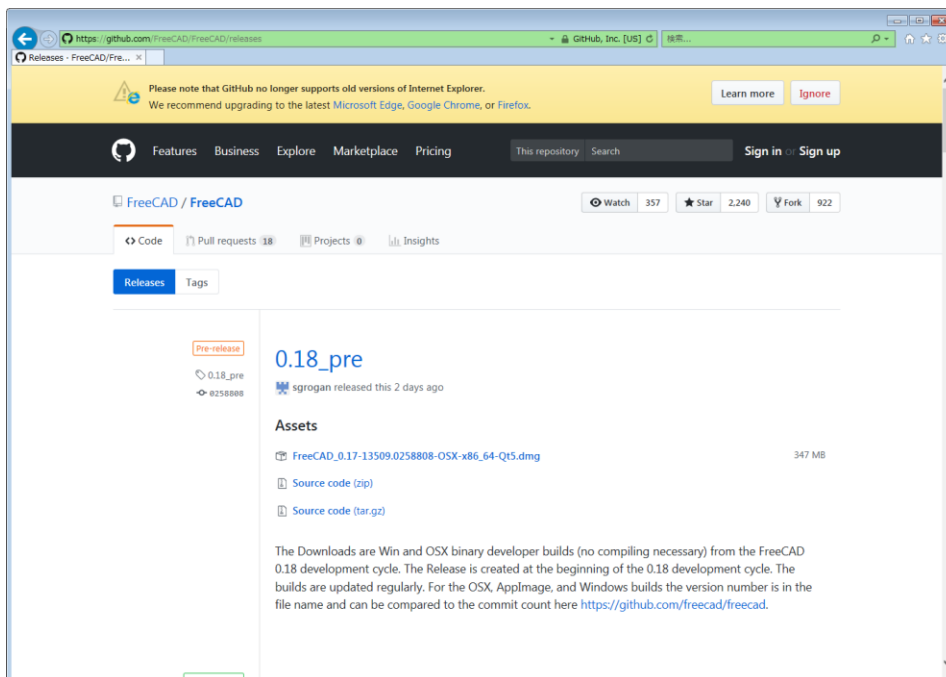
インストールは通常のアプリケーションインストール方法と同様に、ダウンロードしたファイルをダブルクリックし、インストーラーの指示に従います。

（本マニュアル作成時にはバージョンは 0.16 でしたが）2018/4/6(金)現在 バージョンは 0.17.13509 をダウンロードできます。（インターフェースなどが少し変更されています）

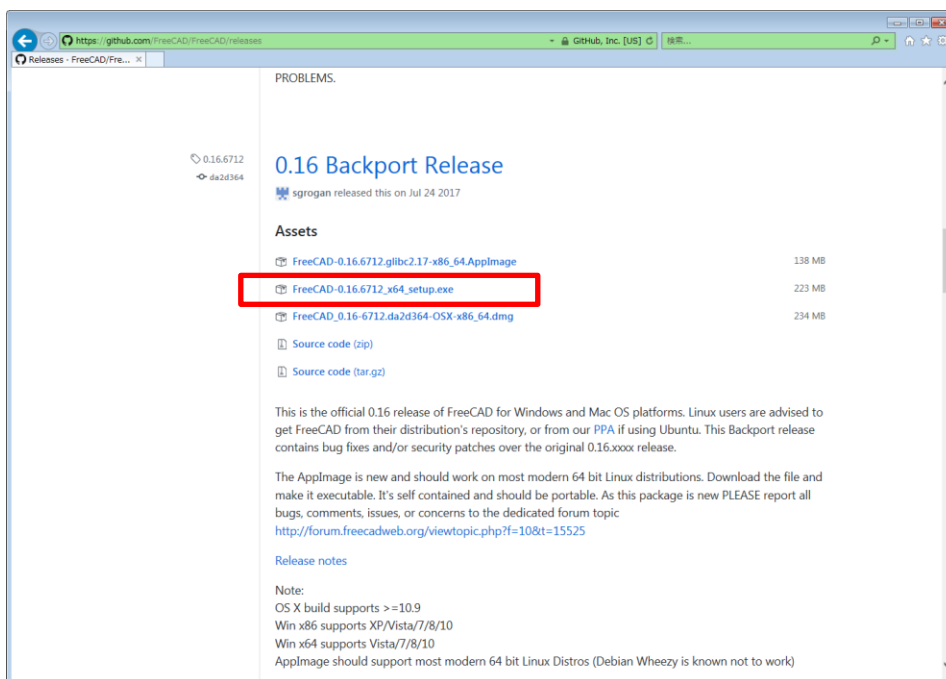
旧バージョン（0.16）を入手したい場合

「FreeCAD releases」をクリック





下にスクロールする。



「FreeCAD-0.16.6712_x64_setup.exe」をクリックし、ダウンロード（保存）します。
(2018/4/6(金)現在、バージョン 0.16 Backport Release の Windows 32bit 版はアップロードされていないようです。ウェブページさらに下の「FreeCAD.0.16.6706.f86a4e4-WIN-x86-installer.exe」は 32bit 版が存在します。)

インストールは通常のアプリケーションインストール方法と同様に、ダウンロードしたファイルをダブルクリックし、インストーラーの指示に従います。

謝辞

本マニュアルは、平成 29 年度早稲田研究室卒研究生の M5D 水澤 悠真さんの多大な貢献により完成しました。ここに記して謝意を表す。