

FreeCADの使い方 操作編

初めに

このマニュアルは、野村さんのブログE.Mogura'sSite(<http://mogura7.zenno.info/~et/xoops/>)に掲載されているFreeCADのチュートリアルに関する記事をもとに作成させていただきました。

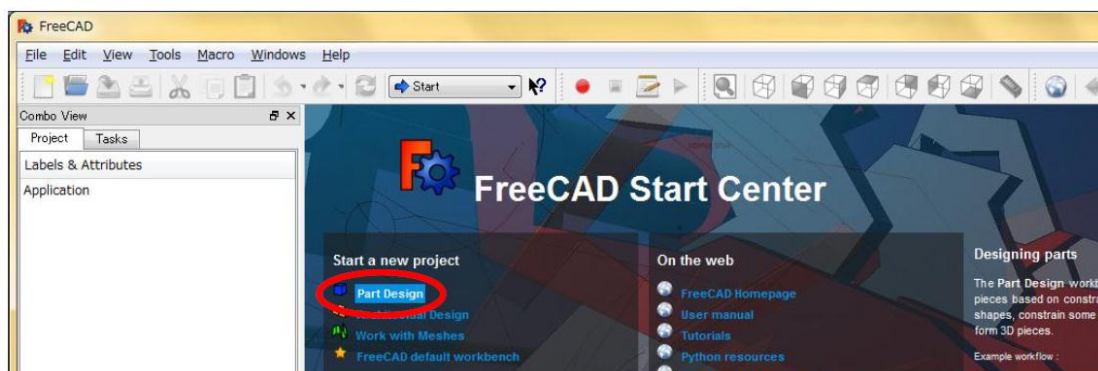
目次

1. 土台となるピストンを作成する
- 2-1. ピストンの側面を作成する
- 2-2. ピストンの側面を削る
3. シャフト穴を支える部分を作成する
- 4-1. シャフト穴を作成する(外側)
- 4-2. シャフト穴を作成する(内側)
5. クランクシャフトを回転させる為のスペースを作成する
6. モデルを出力する
7. モデルの補修を行う
8. メッシュを整える
9. 補足

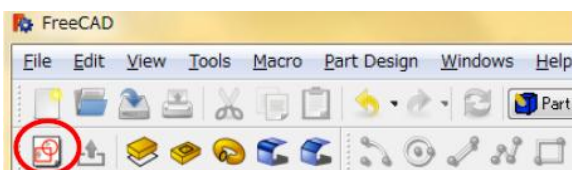
1. 土台となるピストンを作成する

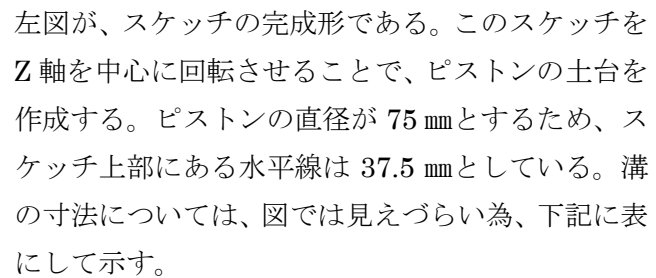
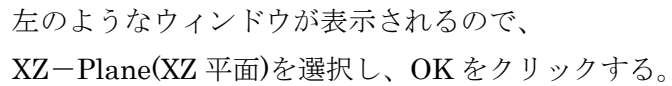
このマニュアルでは、モデルを作成する手順として、『二次元スケッチをする』⇒『三次元化する』⇒『編集する』という流れでモデルの作成を行う。

まず、二次元スケッチや三次元化ができる **PartDesign** というモードに変更する。以下の画面のアイコンを選択し、二次元スケッチが作成できる状態にしておく。

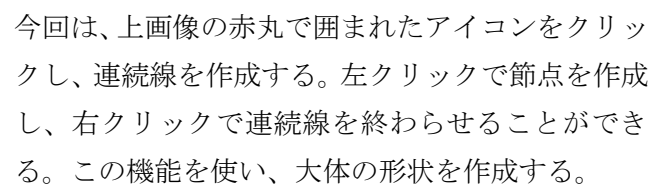


下記のアイコンを選択し、二次元スケッチが作成できる状態にする。





ここで、スケッチの基本的な手順を掲載する。
二次元スケッチの際、線や点を作成する機能は、基本的には下画像のものである。



なお、

ホイールで拡大・縮小

Shift+マウス右ドラッグで視点の回転

Ctrl+マウス右ドラッグ

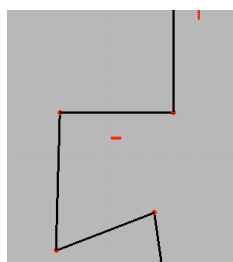
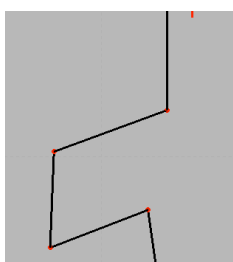
又はホイール押し込み で視点の平行移動が行える。

次に、二次元スケッチで作成した形状を補正、編集する機能は、基本的に下画像のものである。



上のアイコンは、2つの節点を一つの節点にまとめる機能である。連続線で図形を書いた後、始点を終点を結ぶのに使用する。2つの点を左クリックで選択し、アイコンを押せばよい。

左の画像のような場合に使用する。



上のアイコンは、選択した線を基準軸に対して垂直・平行にする機能である。直線を作成する際にも表示される。大体の形状を作成した際に、このマークが画面に表示された状態で線を作成していれば、すでに自動的に垂直・平行になっている。

上記の2つの機能を使いある程度形状を整えたら、次に寸法を入れていく。バラバラに寸法指定をしていくと思うような形状にならない場合や、どこで間違えているのかわからなくなってしまうため、どこかを起点として時計回りなどで寸法指定をしていくとよい。この作業では、以下の2種類の機能を使用する。



選択した線、点同士に対して、基準軸に垂直・平行に寸法を測る。表示された寸法をダブルクリックすると、寸法を変更することが可能。

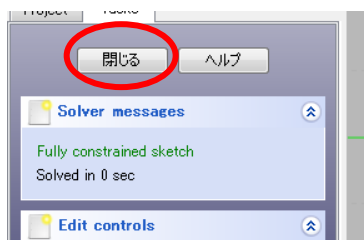


上のアイコンは、2つの線を同じ長さにする機能である。2つの線を選択しアイコンを選択すると、同じ長さとなる。

これで、前ページに掲載した完成形に近い形状となる。最後に、下記の機能を使用してスケッチの左上の点を座標(0,0)のところで固定する。

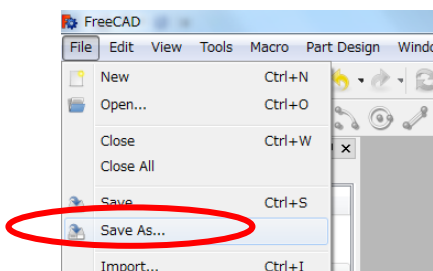


上のアイコンは、任意の点から各座標軸までの距離を計測、変更する機能がある。なお、寸法を測るアイコンで代用することも可能。

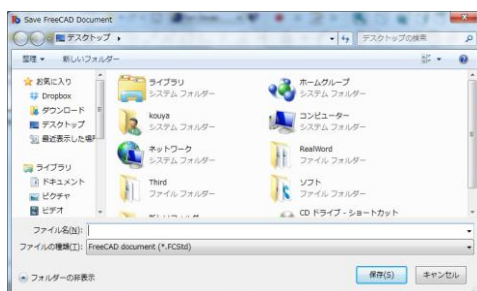


スケッチが完成したら、画面左の Combo View の閉じるを選択する。これでスケッチを終えることができる。

スケッチが完成したら、一度モデルを保存しておくとい。これは、スケッチ(2D)を立体(3D)にする場合に、稀にフリーズ等が起こるためである。そのため、こまめに上書きすることが重要である。

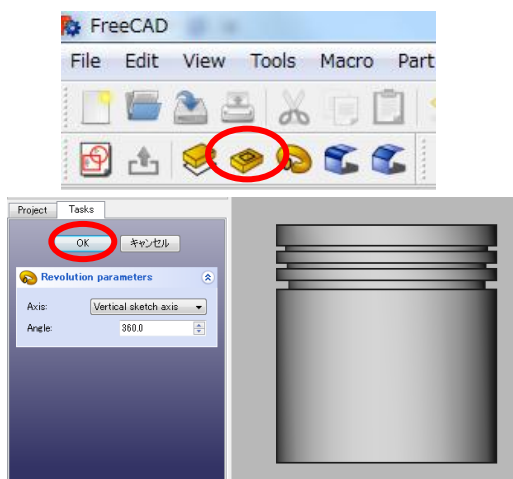


画面上部の File から SaveAs を選択すると、左下のようなウィンドウが表示される。任意の場所を選び、ファイル名を記入し、保存をクリックする。



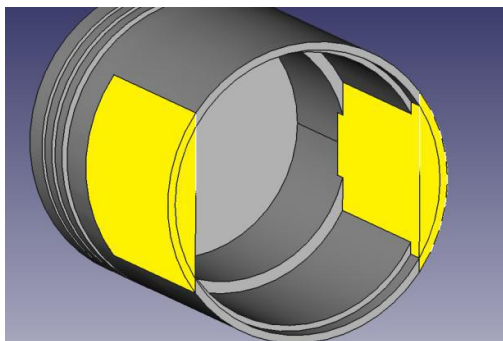
なお、FreeCAD の拡張子は.FCStd である。しかし、既存のファイルに上書き(左上画面で SaveAs の上にある Save を選択すると行える)すると、保存場所に自動的にバックアップファイルとして.FCStd1 という拡張子のファイルが作成される。このファイルを読み込みたい場合は、拡張子を.FCStd に変更するとい。

次に、作成した二次元スケッチを立体にする。



画面左上のLabels & Attributesから先ほど作成したSketchを左クリックで選択し、画面上にあるドーナツのようなマークを選択する。すると、画面に立体が表示される。画面左のTasksにあるOKを選択すると、モデルが作成される。

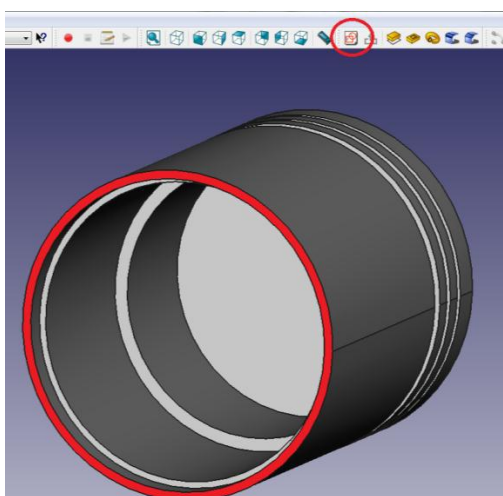
2-1. ピストンの側面を作成する



次に、ピストンの側面を作る。
左図の黄色で表された部分が、次に作成するパーツである。
まず、二次元スケッチの作成を行う。



左図がスケッチの完成形である。
図に示されている基準軸からの距離は、 -30 である。



今回は、既存の形状の任意の面をスケッチの基準面として設定する。（左クリックで選択しておく）

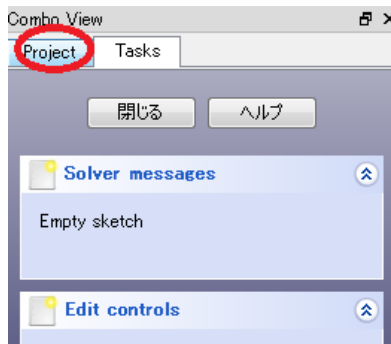


画面上部にある上記のアイコンを左クリックで選択し、画面上のスケッチアイコンを選択する。
これを選択すると、スケッチを開始することができる。

スケッチ画面になるので、画面上のアイコンの中から以下のアイコンを選択する。

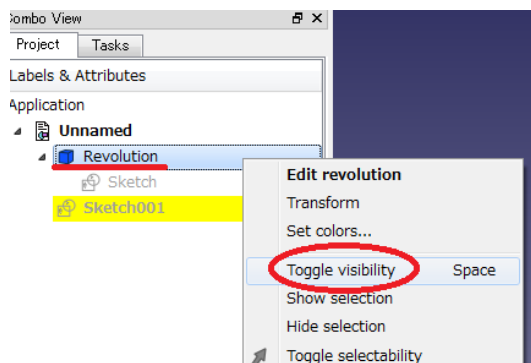


これは、既存の形状から輪郭線を作成する機能である。
アイコンを選択後、表示されている画面の一番外側の円を選択する。



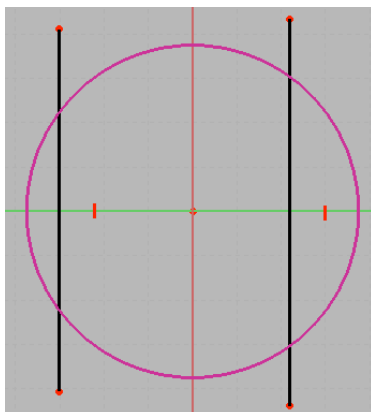
これでスケッチの基本となる輪郭線が作成されたが、画面上にスケッチ以外のモデルが表示されて作業がしづらい。

画面左のProjectを選択し、モデル名などが並ぶ表示に切り替える



さきほど作成した立体Revolutionを右クリックで選択し、上から4つめのToggle visibilityを左クリックで選択する。なお、同じ手順で画面に表示されていないものを可視化することもできる。

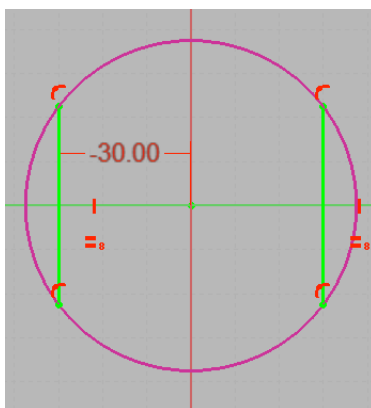
立体が見えなくなったら、元のTasksに切り替えて引き続きスケッチを行う。



上のアイコンは、直線を作成するアイコンである。この機能を使い、左図のようなY軸に対して平行な直線を2本作成する。

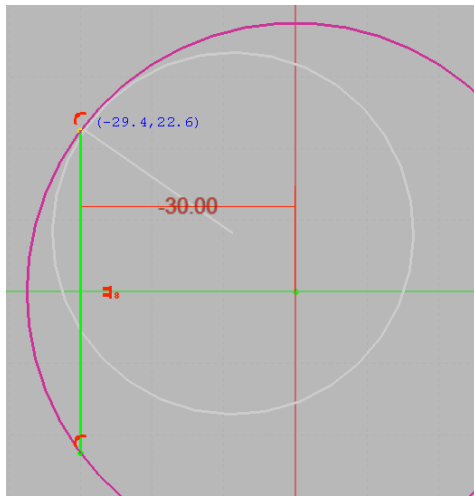


次に、輪郭線からはみ出ている部分の線を処理する。処理したい線分の先を左クリックで選択し、続いて輪郭線を選択、上図のアイコンをクリックすると点が円周上のものとなる。



以上の補正をすべての該当箇所に行ったら、画面向かって右側の線分の任意の先端を選択し、基準線からの距離を記入する。（今回は30と入力する）

更に、2本の線分の長さを同一にすると、左画像のような状態になる。

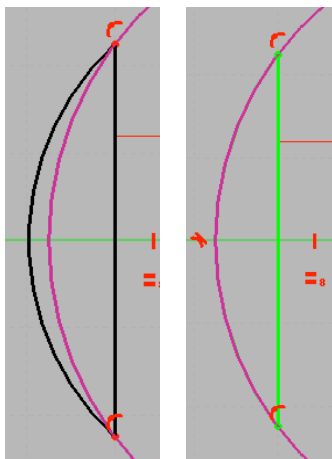


次に、輪郭線に合わせて円弧を作成する。



上のアイコンは、円弧を作成する機能です。
このアイコンを選択し、二本の線分の内側を左クリックで中心を作成します。次に線分的一端にマウスを合わせ、同一点である表示(赤い点のマーク)が表示されたところで再び左クリックをする。

X軸に対象の位置にある線分のもう一端を左クリックで選択すると円弧が作成される。



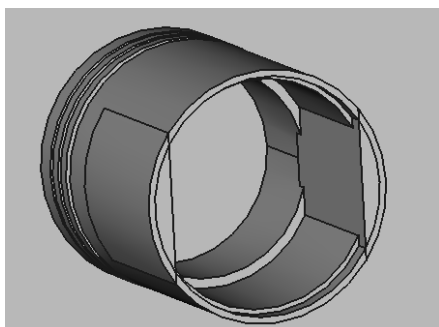
作成した円弧と輪郭線を選択し、上のアイコンを選択する。曲線に対して選択した線を接線とする機能であるが、今回のような場面で使用すると円弧を輪郭線と合わせることができる。

同じ要領でもう一方の線分にも円弧を作成し、画面左の **Combo View** の閉じるを選択する。

この時点で、一度上書き保存しておく。

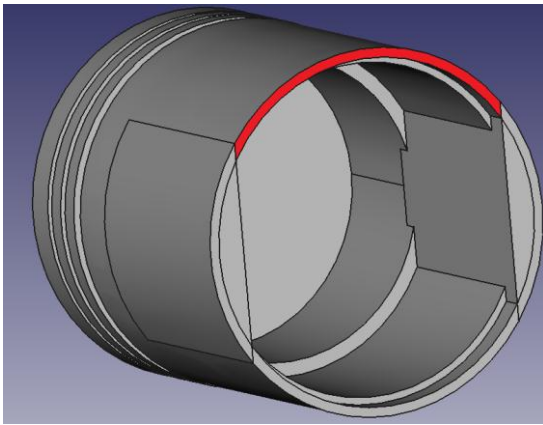


左側のモデル名が並んでいる中から **Sketch001** を左クリックで選択し、上のアイコンを選択する。画面左側に **Padparameters** が表示されるので、**Length** をデフォルトから **48** に変更、**Reversed** にチェックを入れて **OK** を選択する。

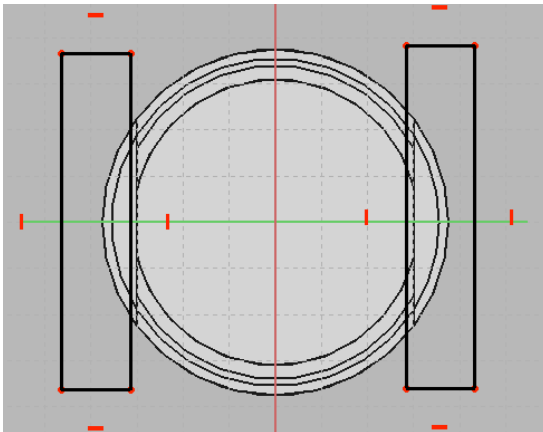


以上の手順を行うと、左図のような状態となる。

2-2. ピストンの表面を削る

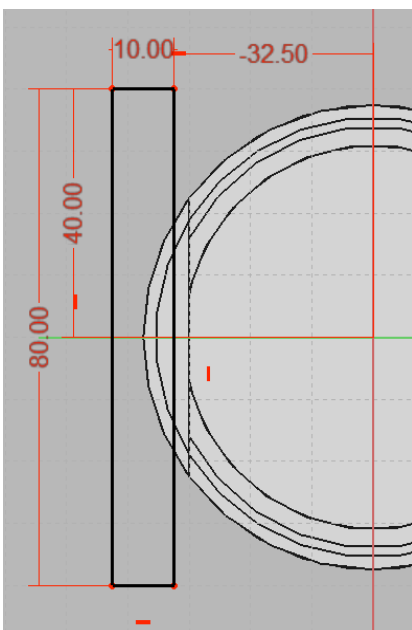


さきほどと同様に、左図に赤で示された面を基準面としてスケッチを作成する。

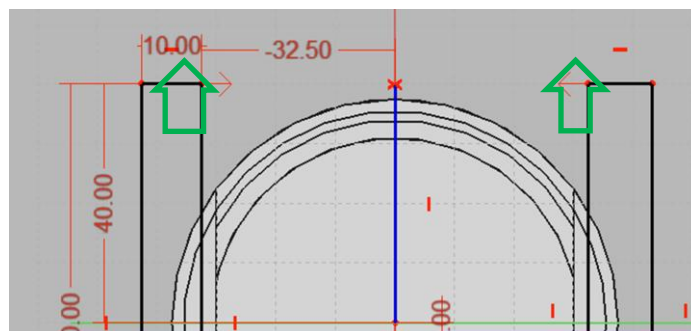


上のアイコンは、四角形を作成する機能がある。これを選択し、左図のように2つの四角形を作成する。

まず、左側の四角形に寸法を入れていく。縦の長さを80、横幅を10、X軸から四角形の角までの距離を40、Y軸から四角形の最短距離を-32.5と入力する。



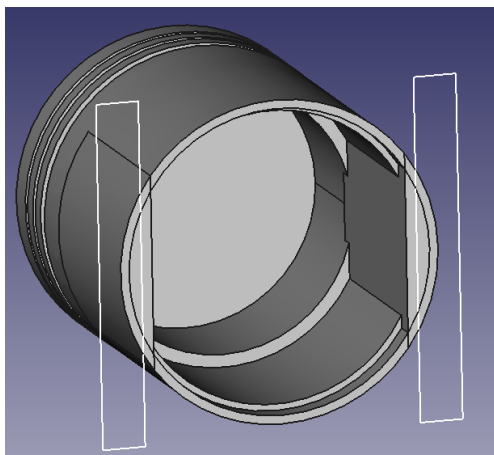
次に、適当な長さでY軸に平行な線を作成し、Y軸との距離を 0 と入力する。更に以下の画像に示された点2つと作成した線を選択し、上のアイコンを選択する。これは2つの点の位置を線対称にする機能である。



線対称のツールの過程で作成した直線は、スケッチ自体には不要なものである。

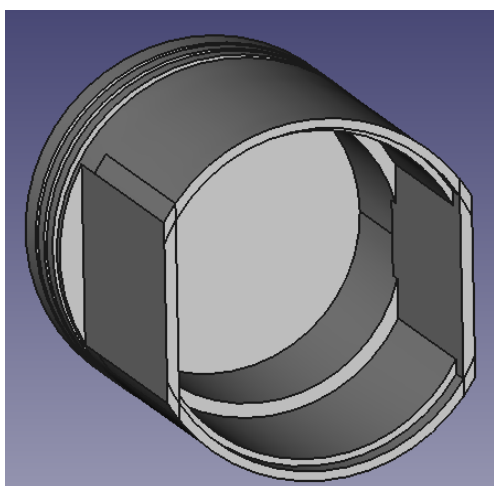


直線を選択し上のアイコンをクリックすると、線はスケッチの補助線という位置づけになり、実際のスケッチには反映されなくなる。



右の四角形の横幅と縦幅を、左の四角形のそれぞれ対応する部分と同じ長さにとすると、スケッチが完成する。画面左のCombo Viewの閉じるでスケッチを終了する。左図のようにスケッチが作成されていればよい。

この時点で、一度上書き保存しておく。



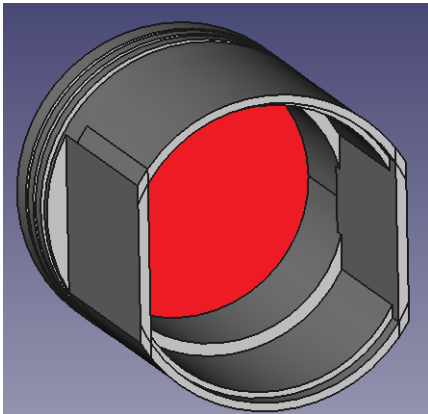
左のモデル名の欄からSketch002を選択し、上のアイコンをクリックする。

画面左側にPocket parametersが表示されるので、Lengthをデフォルトから57に変更、OKを選択する。

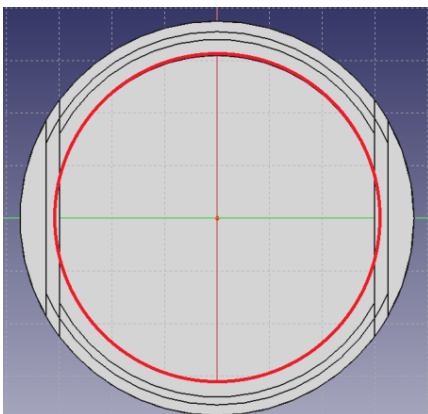
左図のような状態になればよい。

3. シャフト穴を支える部分を作成する

※このマニュアルの通りに作られたモデルで解析を行うと、シャフト穴の上部・下部が分けて選択できない、変形傾向が例題と一致しないなどの問題がある。そこで、問題を修正したものを『7. モデルの補修』で、この時点で保存したファイルから作成し直す。
そのため、ここでファイルを別の名前で保存しておく。

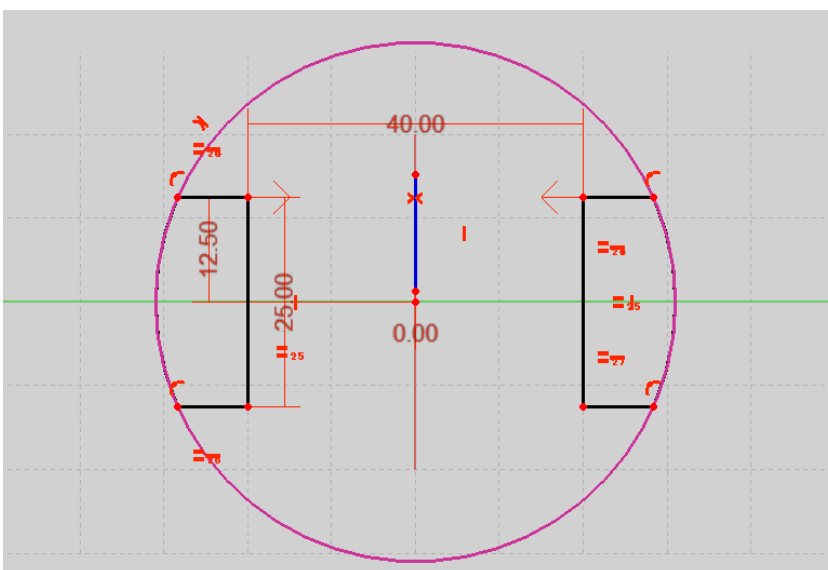


左図の赤い部分を基準面とし、スケッチを作成する。



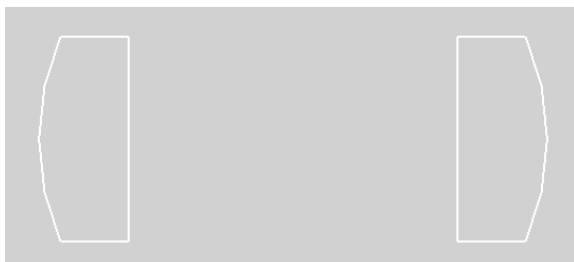
左図の赤で示された内側の円を輪郭線として作成する。上手く選択できない場合は、始点を回転させるとよい。

今回のスケッチの完成形は以下の通りである。

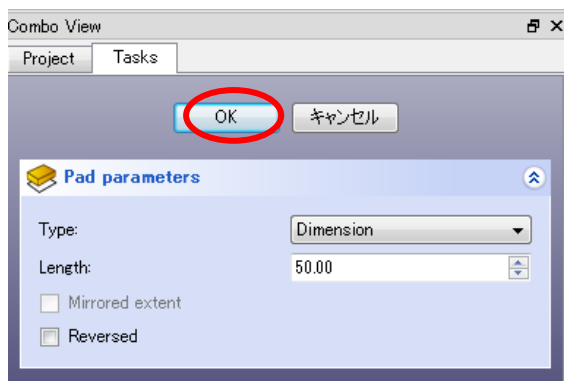


寸法が見えづらいので、補足を以下に示す。

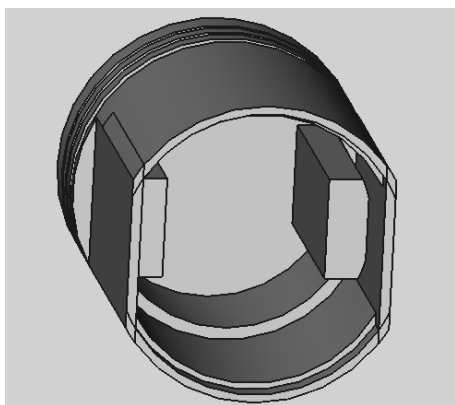
縦(Y 方向)に 25、X 軸から図形の端までの距離 12.5、2 つのスケッチの距離 40



スケッチを終了した時点で、左図のようになる。なお、この時点で上書き保存しておく。

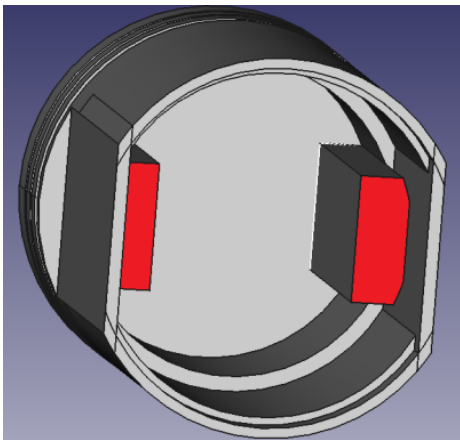


左側のモデル名が並んでいる中から Sketch003 を左クリックで選択し、上のアイコンを選択する。画面左側に Pad parameters が表示されるので、Length をデフォルトから 30 に変更、OK を選択する。

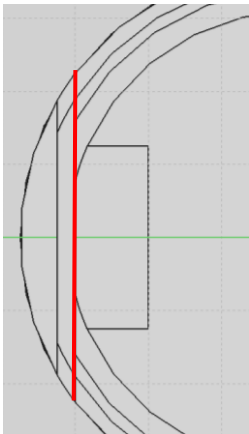


左図のような状態になっていればよい。

4-1. シャフト穴を作成する (外側)

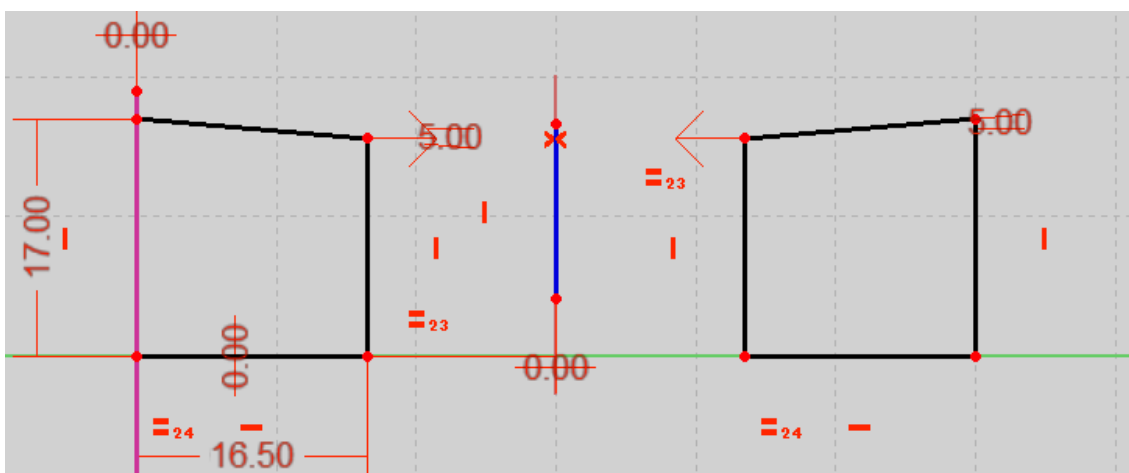


左図の赤い部分を基準面とし、スケッチを作成する。



左図の赤で示された線を輪郭線として作成する。

今回のスケッチの完成形は下図のとおりです。寸法が見えづらいので、以下の補足を記す。
Z軸方向長さ 17、X軸方向長さ 16.5、上辺角度 5° (175°)

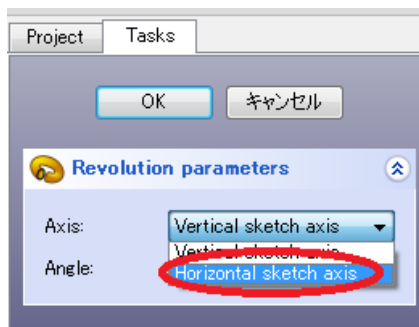


なお、角度を記入するツールは上のアイコンを選択すると使用できる。

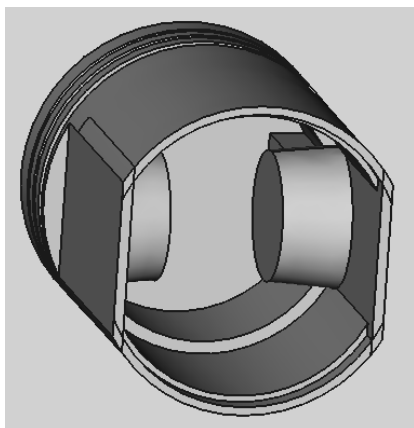
ここで一度、上書きしておく。



左側のモデル名が並んでいる中から **Sketch004** を左クリックで選択し、上のアイコンを選択する。

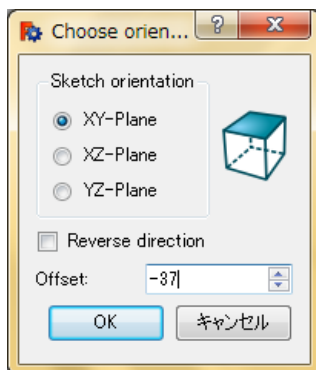


画面左に **Revolution parameters** が表示されるので、Axis を **Horizontal sketch axis** に変更し、OK を選択する。

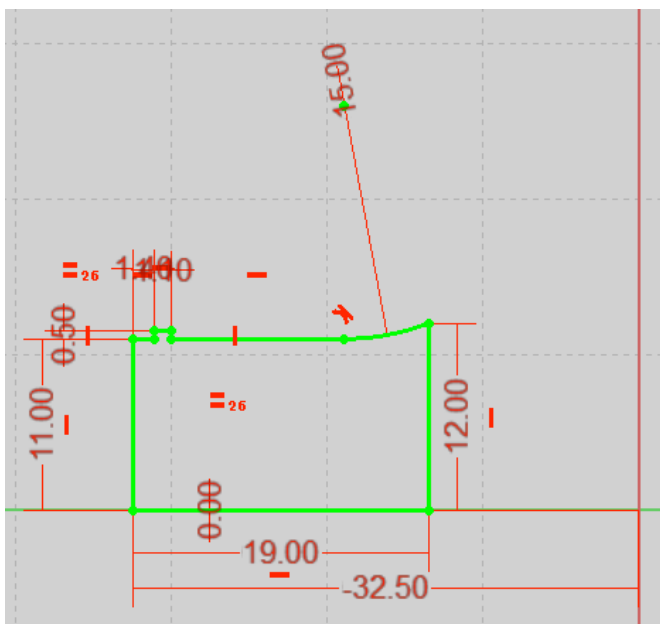


左図のような状態になればよい。

4-2. シャフト穴を作成する(内側)



スケッチのアイコン(上記)を選択し、XY-Plane (XY 平面)を選択し、Offset に-37 を入力し、OK をクリックする。



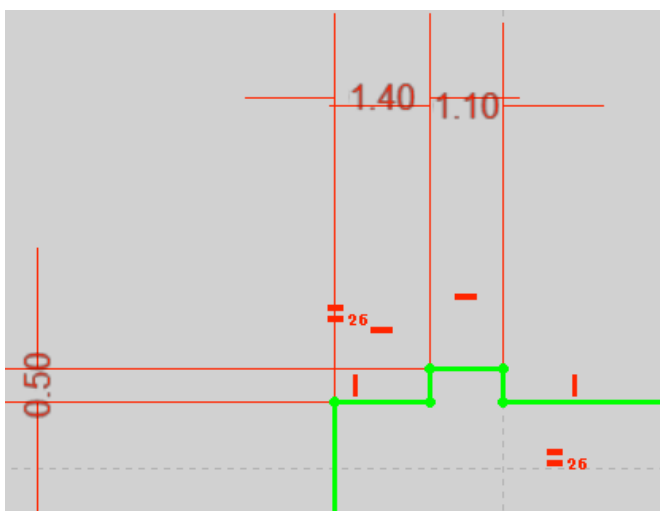
今回のスケッチの完成形は左図のとおりである。



円弧と直線をなだらかにつなぐ方法としては、上のアイコンを使用する。

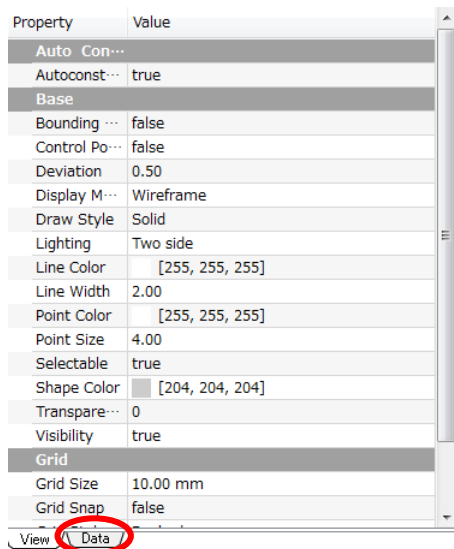


また、円弧の半径の寸法を変更する方法としては、上のアイコンを使用する。

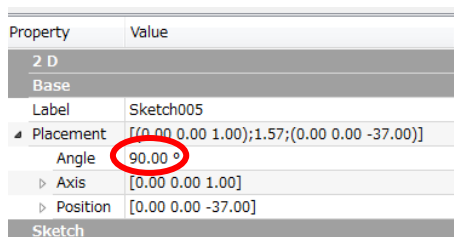


スケッチが完成したら、上書き保存しておく。

しかし、このまま立体化させてしまうと、穴の内側の位置がおかしくなる。



左側のモデル名が並んでいる中から **Sketch005** を左クリックすると、左下に選択しているものの詳細が表示される。一番下の部分で **View** から **Data** に切り替える。

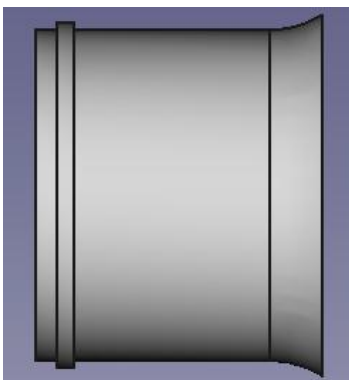


Placement の中にある **Angle** で、スケッチの位置を変更できる。

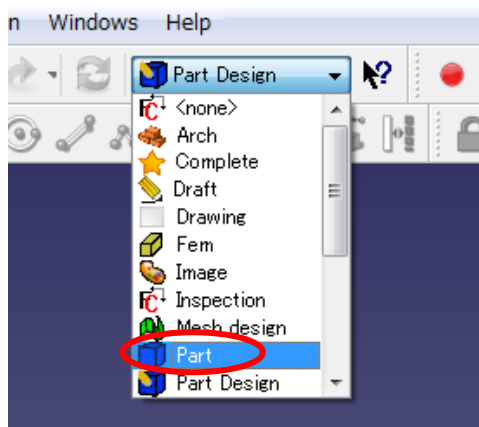
今回は 90° と入力する。



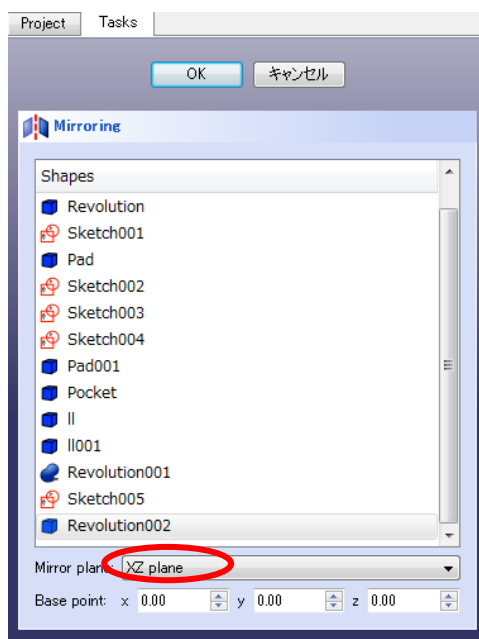
左側のモデル名が並んでいる中から **Sketch005** を左クリックで選択し、上のアイコンを選択する。続けて、画面左に **Revolution parameters** が表示されるので、**Axis** を **Horizontal sketch axis** に変更し、**OK** を選択する。



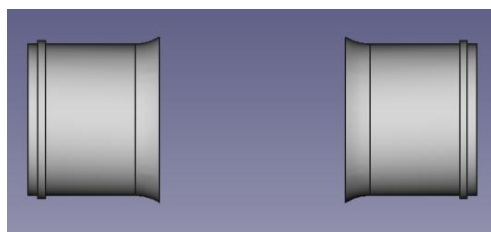
左図のような状態になればよい。



次に、画面上にある Part Design という表示を Part という表示に変更する。



上のアイコンを選択すると、画面左に左図のようなウィンドウが表示される。Shapes からさきほど作成した Revolution001 を選択し、Mirror plane を XZ plane に変更、OK を左クリックで選択する。



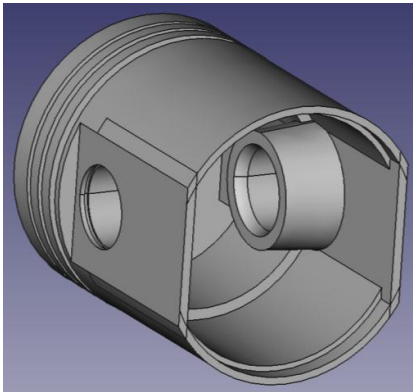
左図のようになればよい。



次に、左のモデル名が並ぶ欄から Revolution002、Revolution002(Mirror # 2) の 2 つを選択する。(Ctrl を押しながら行くと複数のモデル名を選択することが可能) その状態で上図のアイコンを選択すると、2 つの立体を 1 つのグループとしてまとめることができる。モデル名が並ぶ欄に Fusion と表示されていればよい。

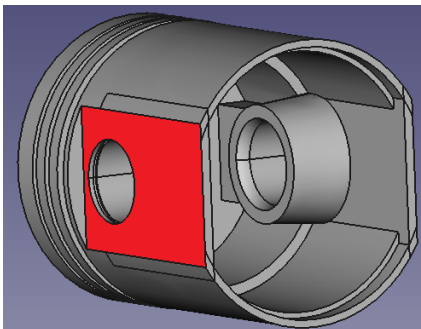


ここで、Revolution001から先ほど作成したFusionをくり抜く。元の立体、消す物体の順番にモデル名を選択し、上図のアイコンを選択する。

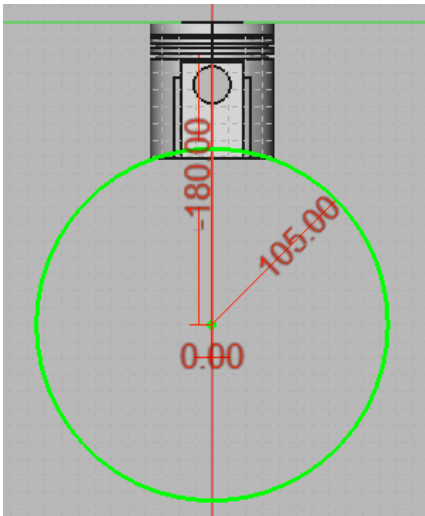


左図のような状態になればよい。

5. クランクシャフトを回転させる為のスペースを作る



左図の赤い部分を基準面とし、スケッチを作成する。



今回のスケッチの完成形は左図のとおりである。

寸法が見えづらいので、以下の補足を記す。

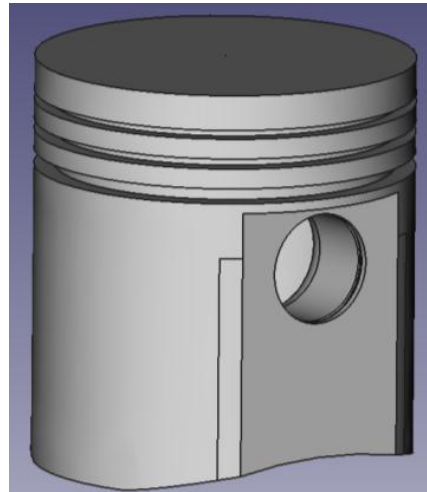
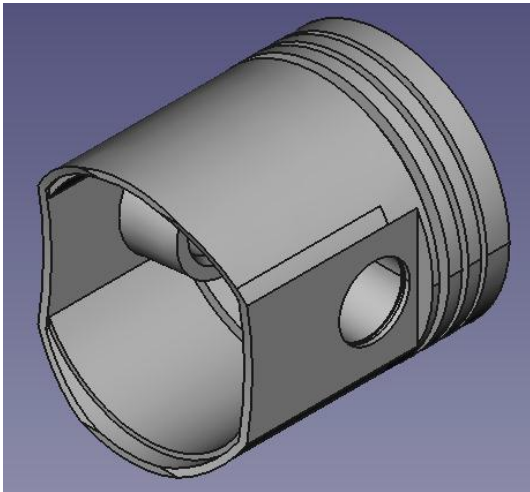
半径 105、X 軸から円の中心までの距離(±)180

スケッチができれば、忘れずに上書き保存しておく。

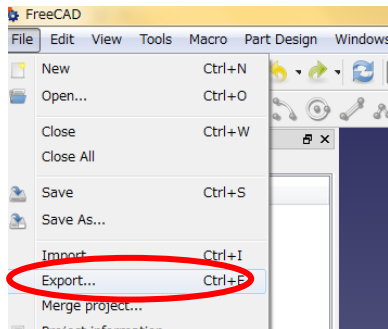


左のモデル名の欄から**Sketch006**を選択し、上のアイコンをクリックする。
画面左側に**Pocket parameters**が表示されるので、**Length**をデフォルトから80に変更、**OK**を選択する。

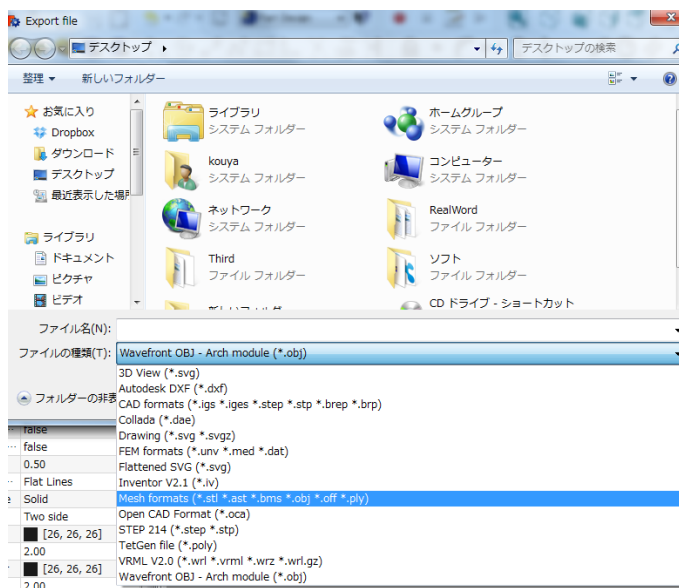
この手順で、以下のようなモデルが完成する。



6. モデルを出力する

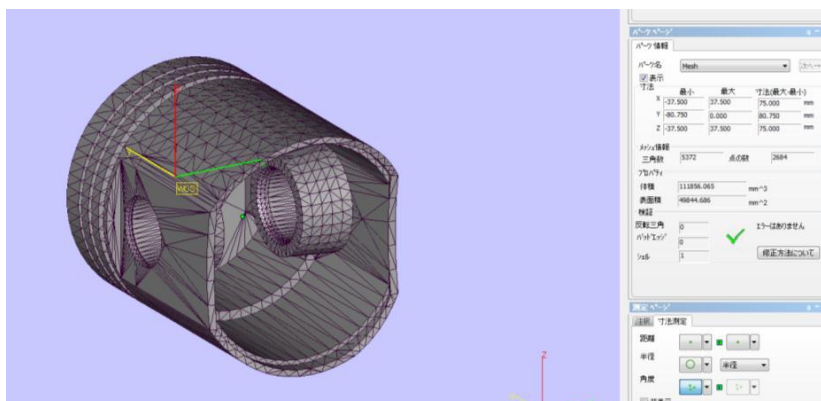


最終的に作成されたモデルを、画面左の
Label&Attributesから選択し(Pocket001)、画面上
のFileからExportを選択する



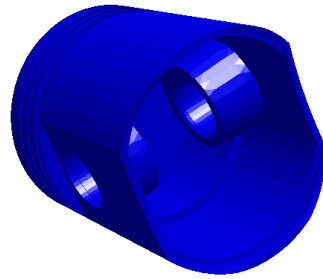
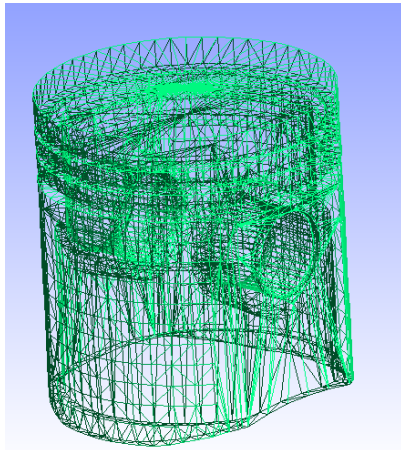
Export fileというウィンド
ウが開き、そこでファイルの
出力形式が選択できる。

例 1) STLで出力した場合

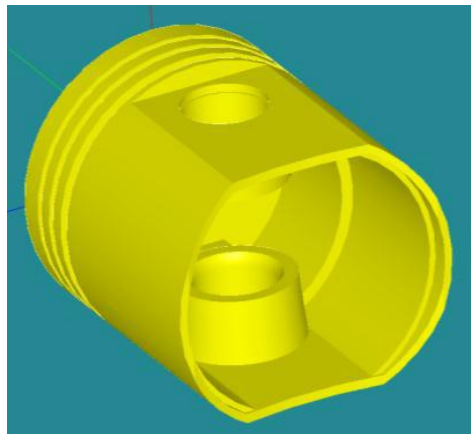


MiniMagics2.0で読み込んだ場合

(ダウンロード URL <http://www.vector.co.jp/soft/winnt/business/se453733.html>)

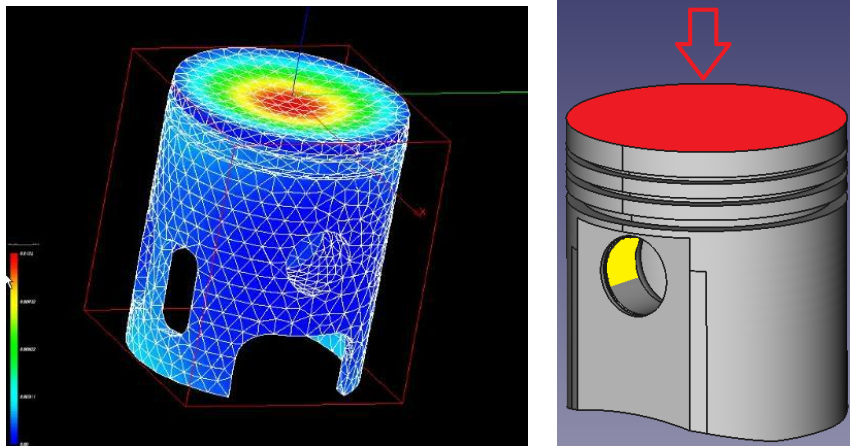


Gmshで読み込み、ASCIIで出力し、netgenで読み込んだ図
例2)STEP で出力した場合



SALOME 6 で読み込んだ場合

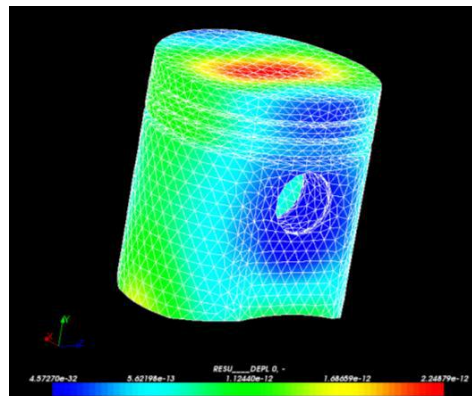
7. モデルの補修



(参照<http://www.caelinux.org/wiki/downloads/docs/Piston2007/PistonTutorial.htm>)

上図は、CAELinux で公開されているチュートリアルのパistonの解析の応力図である。これは、赤い部分に上から圧力をかけ、シャフト穴部分の上側半分を 2 箇所とも完全固定して解析したものである。

チュートリアルの結果と、今回のマニュアルで作成したモデルを SALOME6 で解析したものを比較する。



相対的な見方で変形量を比較しても、あきらかに変形傾向が一致しないことがわかる。この理由として、まず固定条件の違いが挙げられる。CAELinuxのチュートリアルでは、固定面としてシャフト穴の上側半分を固定としているが、今回のマニュアルのモデルではシャフト穴全体でしか固定条件が選択できなかった。また、マニュアルの『3.』で作成した部分がこの結果に影響をしていることが考えられる。

これらの2つの要因を、モデル作成過程で改善してみる。

しかし、今回のチュートリアルでは、基準面にその時点で作成されていたモデルの任意の面を使った場合が多い。この機能はスケッチを簡単にしてくれるが、後からそのスケッチを元にしたパーツが動かせなくなってしまうという欠点がある。

そこで、今回はマニュアルの『3.』のはじめに保存しておいたデータからモデルを作成し直す。基本的には同じ手順であるが、以下の3点を変更する。

■マニュアル『3.』の部分を最初から作成せず、『4-1.』から始める

■スケッチを始める際の基準面を数値入力で決める

『4-1.』の場合：XY-Plane、Offset-37

※この状態でスケッチを行い3D化すると、穴の位置が90°ずれてしまう。『4-2.』の場合と同様に、スケッチが完成した時点で90°回転させておくといよい。

■マニュアル『4-2.』でシャフト穴の内側を作成する際、穴の上部と下部に分けて作成する



スケッチ完了後、左図の機能で立体にするとき

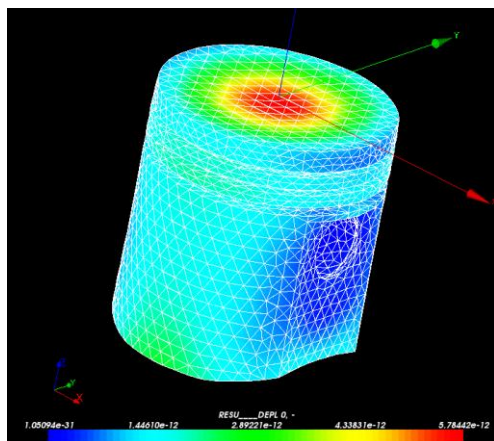
続画面左に **Revolution parameters** が表示されるので、**Axis** を **Horizontal sketch axis** に変更し、更に **Angle** に 180 と入力し、**OK** を選択。穴の上部のみ作成される。



Part Design を **Part** に変更し、左図の機能を使い穴の下部を作成。XYplane、Base point の **z** に -37 と入力する。



上図の機能を使い、シャフト穴の上部と下部をグループ化する。



再びSALOME 6 で解析を行うと、上図のようになる。先ほどよりCAELinuxのマニュアルの変形傾向に近くなっていることが確認できる。

8. メッシュを整える

今回の資料の『6.』では、FreeCAD から STL データを出力している。しかし、FreeCAD から出力した STL データは、一部のメッシュのアスペクト比が大きいなどの問題が発生することがあり、そのまま解析を行いにくい状態になる場合がある。

そこで、netgen という形状データを読み込んでメッシュ分割を行うソフトを使用し、より解析がしやすい状態の STL を制作する。

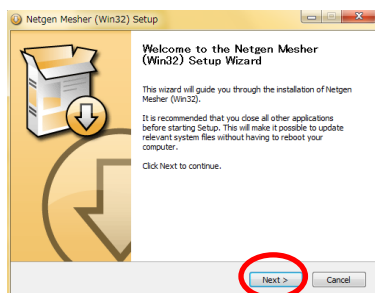
http://sourceforge.jp/projects/sfnet_netgen-mesher/releases/

上記のアドレスより、netgen(Windows 版)がインストール可能です。

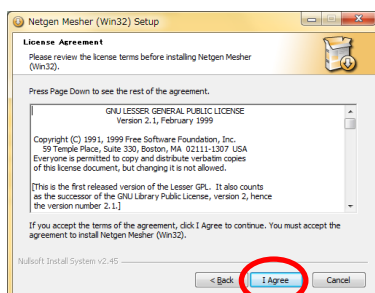
ファイル/フォルダ名	ファイルの種類	サイズ	日付	ダウンロード数
最新ファイル(5件)				
netgen-4.9.13.zip	application/zip; charset=binary	1.9 MB	2010-05-25 23:34	842
netgen-4.9.13.tar.gz	application/x-gzip; charset=binary	1.8 MB	2010-05-25 23:33	144
Netgen-4.9.13_Win32.1.exe	application/octet-stream; charset=binary	22.8 MB	2010-05-25 23:32	1846
Netgen-4.9.13_x64.1.exe	application/octet-stream; charset=binary	30.0 MB	2010-05-25 23:19	527
demoapp.txt	text/plain; charset=us-ascii	0.1 KB	2009-08-25 16:58	75
その他全ファイル				
netgen-mesher				

上画像の Netgen-4.9.13.zip と Netgen-4.9.13_Win32.1.exe をデスクトップ上に保存する。次にデスクトップ上にある Netgen-4.9.13.zip を右クリックし、すべて展開を選択する。展開したファイルがデスクトップ上に表示されるので、それを自分のパソコンの Program Files にドラッグ(移動)する。

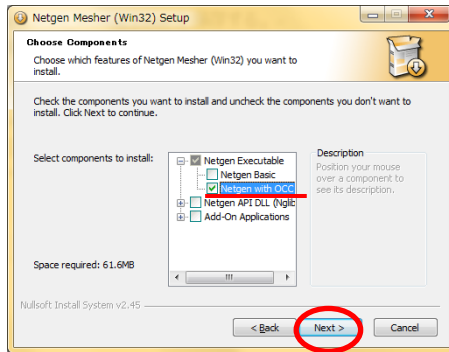
保存した Netgen-4.9.13_Win32.1.exe をダブルクリックすると、以下のような画面が表示される。



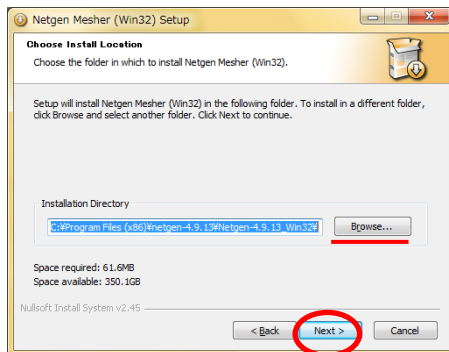
Next> を選択する



I Agerr を選択する

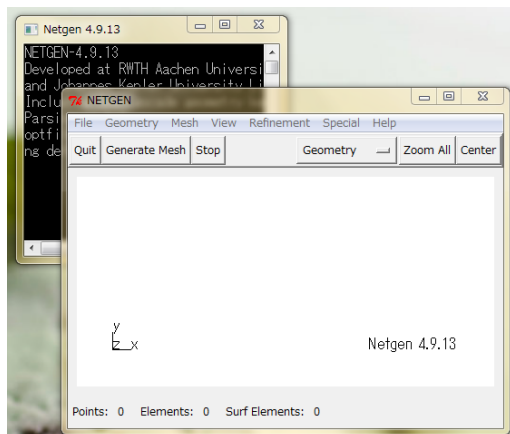


Netgen with OCC にチェックを入れ、Next>を選択する

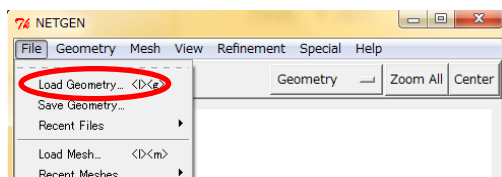


Browse をクリックし、プログラムの保存場所を Program Files の中の netgen-4.9.13 のフォルダを選択する。
その後、Next>を選択する。

その後表示された画面では Next> を選択し、更に表示された画面では Install をクリックする。これで netgen のインストールが完了する。



プログラムを開くと、以下のような画面が表示される。



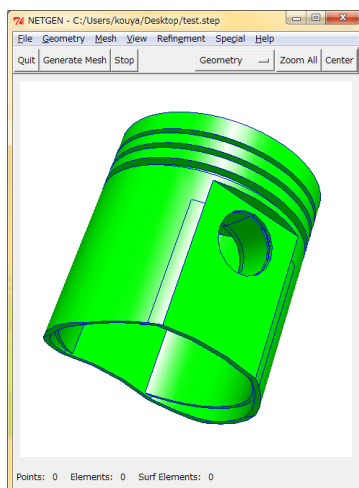
画面上にある File から Load Geometry を選択する。

ここで任意の開きたいファイルを選択できる。

ただし、ファイル名や保存されている場所が日本語名だと上手く読み込めない。また、FreeCAD から出力される STL は Binary(バイナリ)であるが、netgen で読み込める STL は ASCII(アスキー)である。そのため、一度他のソフトを使用して変換する必要がある。『6.』で掲載していた netgen での読み込み画像は、Gmsh というソフトを経由したものである。Gmsh は以下の URL からダウンロード可能である。

<http://www.softpedia.com/get/Science-CAD/Gmsh.shtml>

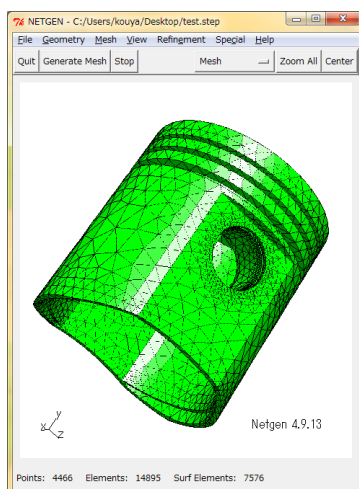
今回は FreeCAD から.step で出力したものを読み込む。



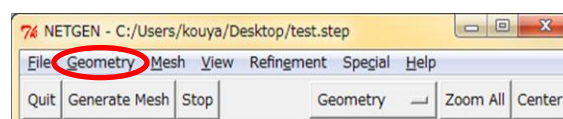
上手くモデルが読み込めると、左のように表示される。

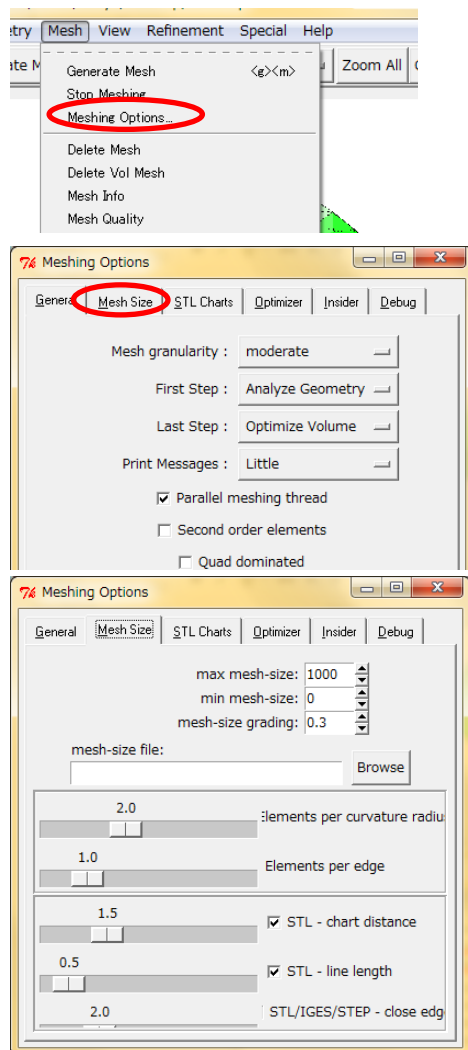
左ドラッグで視点の回転、右ドラッグでモデルの拡大・縮小、ホイールの押し込みで視点の平行移動を行うことができる。

画面上にある Generate Mesh をクリックすると、自動的にメッシュが作成される。



FreeCAD で作成した STL のメッシュよりも、解析が通りやすい形状になる。

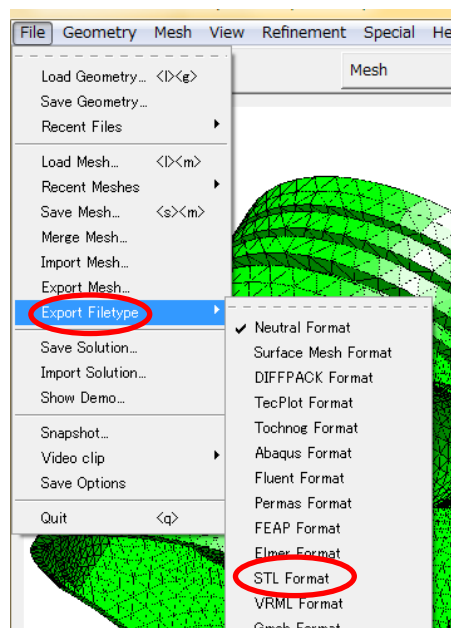




メッシュの細かさや大きさを変更する場合は、画面上にある **Mesh** から **Meshing Options** を選択する。

Meshing Options というウィンドウが表示されるので、**Mesh Size** という場所をクリックする。

max mesh-Size はメッシュの最大の大きさ、**min mesh-Size** はメッシュの最少の大きさ、**mesh-size grading** はメッシュの粒度を表わしている。



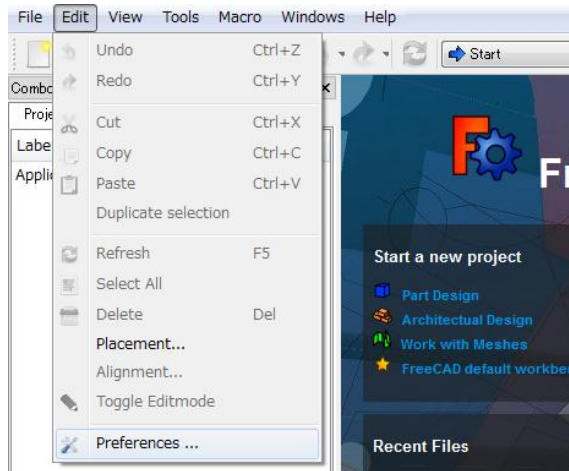
作成したモデルを出力します。

画面上の **File** から **Export Filetype** を選択し、**STL Format** を選択する。

再び **File** を開き、**Export Mesh** を選択し、任意のファイル名(*****.stl**)を入力し保存する。

9. 補足

背景色・スケッチの線色の変更について

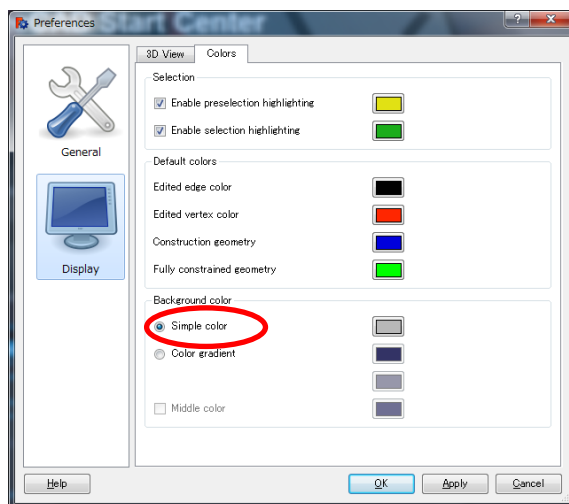


画面上の Edit→Preferences を選択する

・背景色について

左側の大きいアイコンの Display を選択する

ウィンドウ上部で 3 D View から Colors を選択する



Background color の項目で Color gradient にチェックが入っていたものを Simple color に変更する。

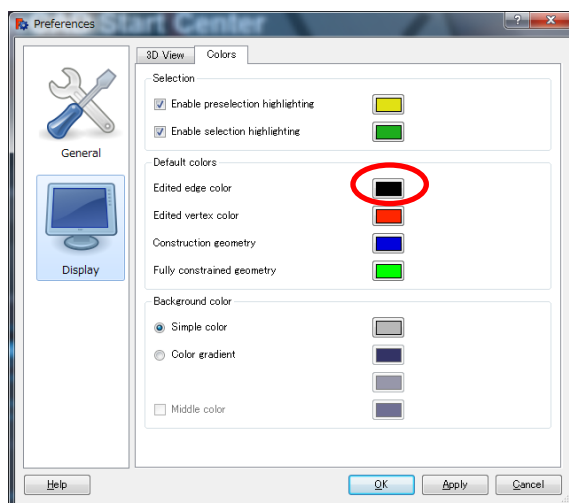
右側の色のついてる四角を左クリックで、色の変更ができる。

ウィンドウ下部の Apply→OK で適用される。

・スケッチの線色について

左側の大きいアイコンの Display を選択する。

ウィンドウ上部で 3 D View から Colors を選択する。



Default color の項目で、Edited edge color の右側の色のついてる四角を左クリックで、色の変更ができる。

ウィンドウ下部の Apply→OK で適用される。