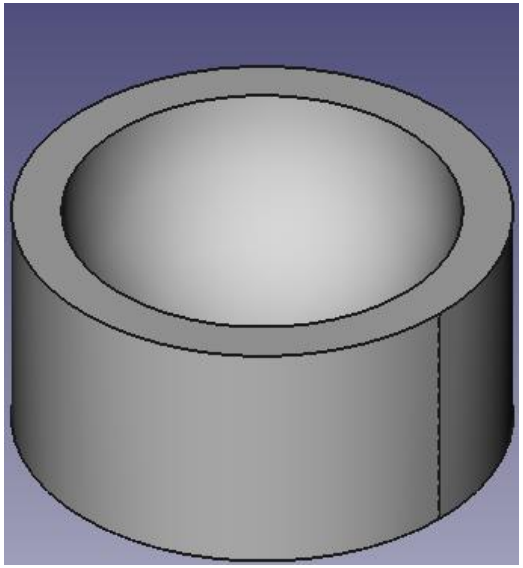
FreeCAD入門　第50回勉強会

秋山善克

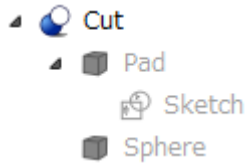
本日の演習内容

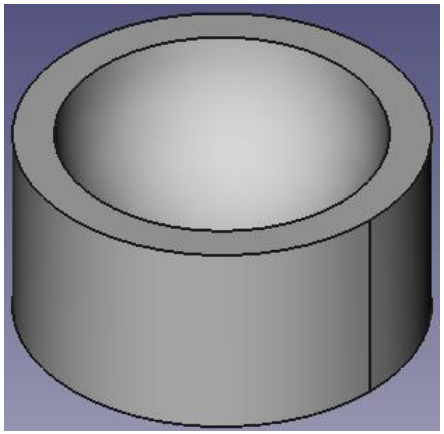
- 3DCADの概要説明
- パートワークベンチによるモデリング
- パートデザインワークベンチによるモデリング
- STL出力
- FEMモジュールによる解析
- 3DCADモデリング演習1　ミキシングエルボ
- 3DCADモデリング演習2　リンクアーム
- 3DCADモデリング演習3　六角ボルト



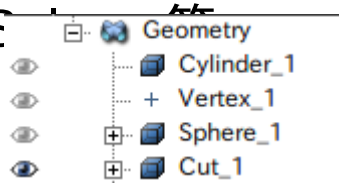
3DCAD

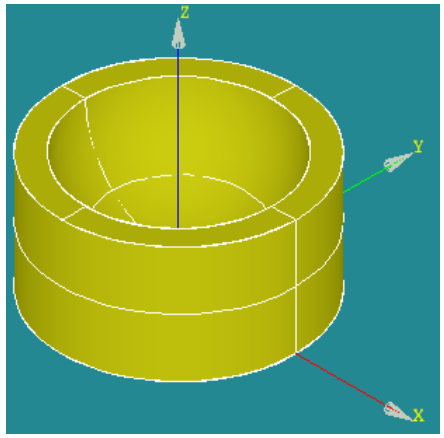
- 履歴編集が可能なCAD（パラメトリックモデリング）
  - CATIA,Pro/E,SolidWorks,FreeCAD等





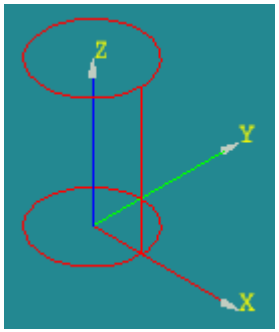
- 履歴編集が不可のCAD（ダイレクトモデリング）
  - HyperMesh,Femap,S[illegible]等



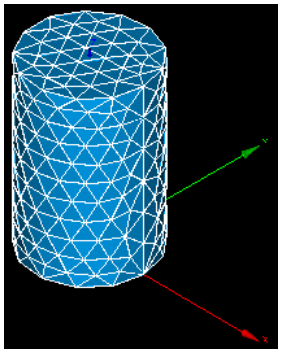


モデルの種類

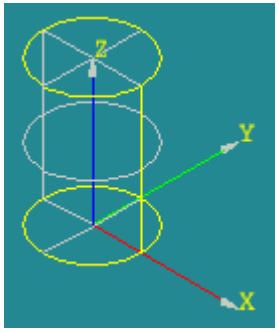
- ワイヤーフレームモデル
  - 点と線のみで立体を定義



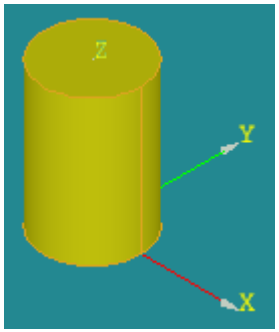
- ポリゴンモデル
  - 直線で構成された三角面の集合で立体を定義



- サーフェスモデル
  - 曲線と曲面、曲面同士で立体を定義
  - 中身がない

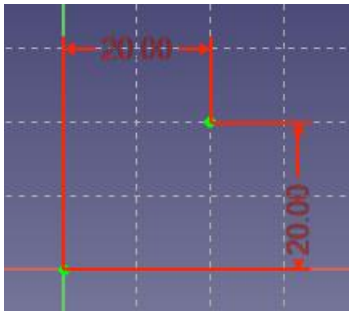


- ソリッドモデル
  - サーフェスモデルに加えて、内側と外側、体積情報を持ち塊として立体を定義
  - 中身がある

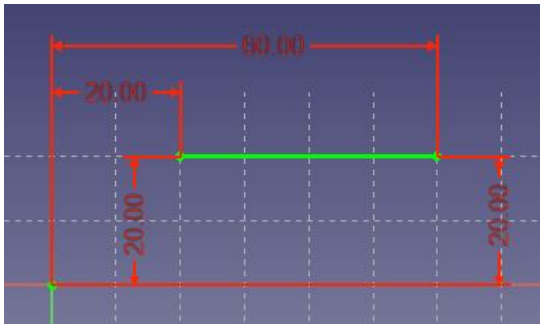


情報量が大

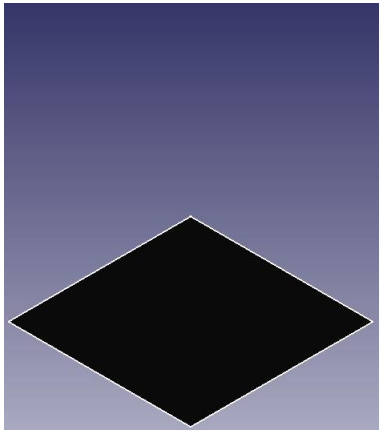
幾何学の概念

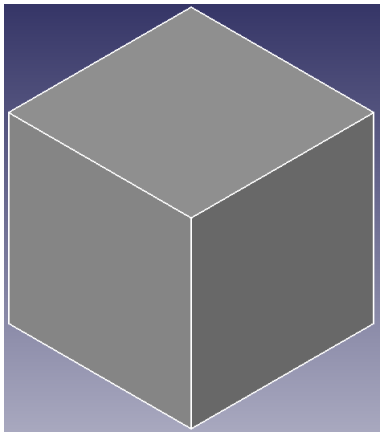


- 点
  - 空間における正確な位置を定義するために使われる概念。体積、面積、長さを持たない
- 線分
  - 2つの点に挟まれた直線（幅を持たない幾何学的な対象である曲線の一種）の部分であり、端点の間にあるどの点も含む



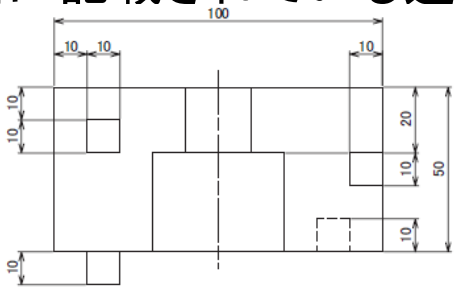
- 平面
  - 厚みのない2次元の基本的な物体
- 立体
  - 3次元空間の物体又は概念。

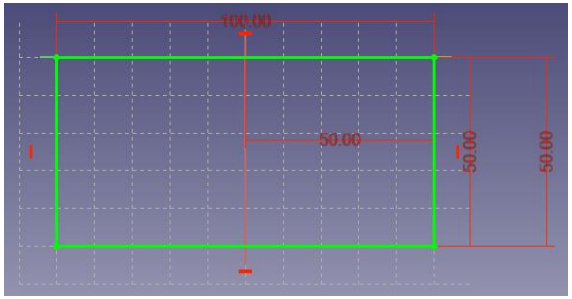




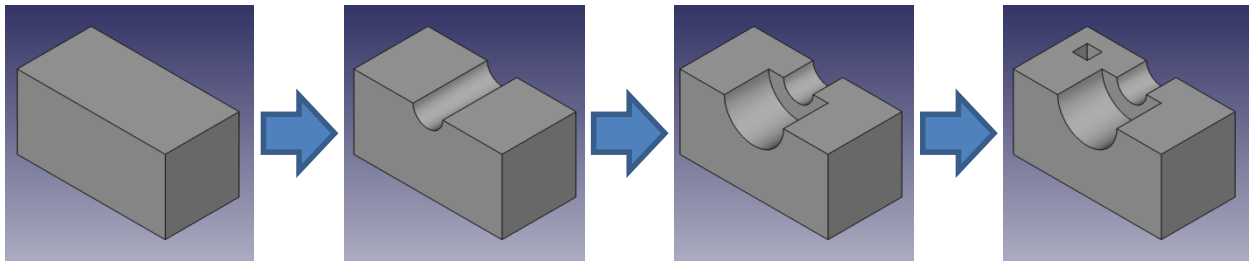
3DCAD作成状の注意点

- 図面を意識したモデルの作成
  - 図面に記載されている通りに寸法を入力
  - 図面に記載されている通りにフィーチャーを設定





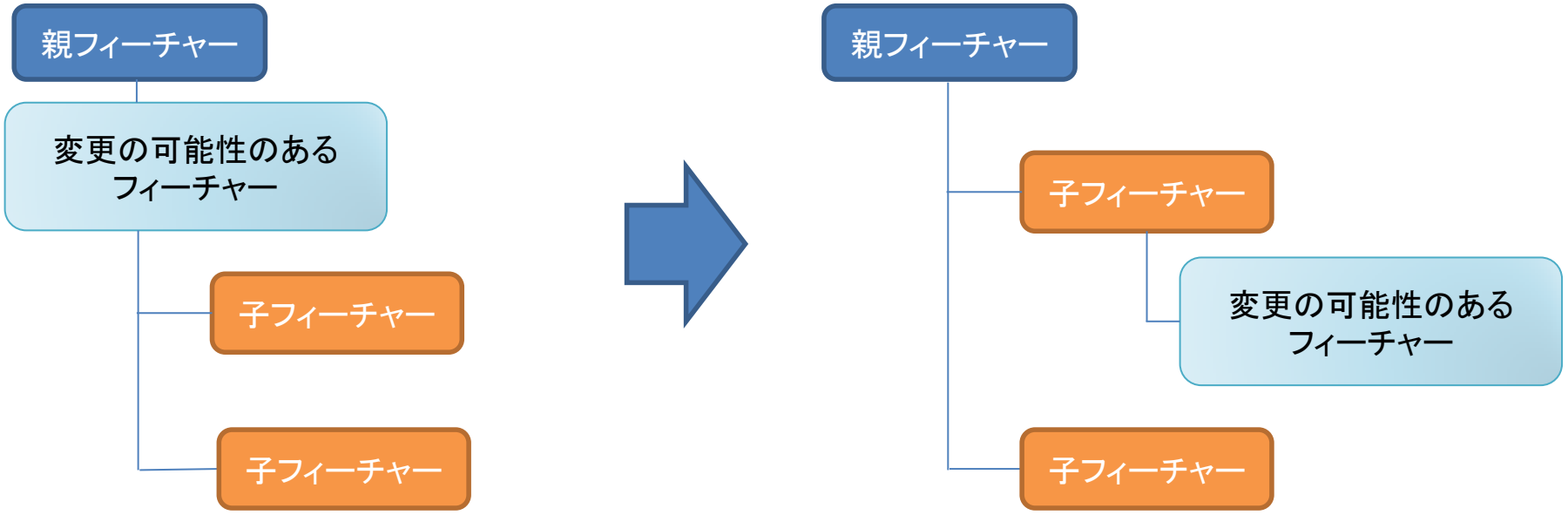
- 加工を意識した履歴の作成
  - フィーチャーを加工手順ととらえる→履歴を意識する
  - 単純なスケッチ形状にする
  - 基準面を意識する
  - 履歴を意識する



3DCAD作成状の注意点

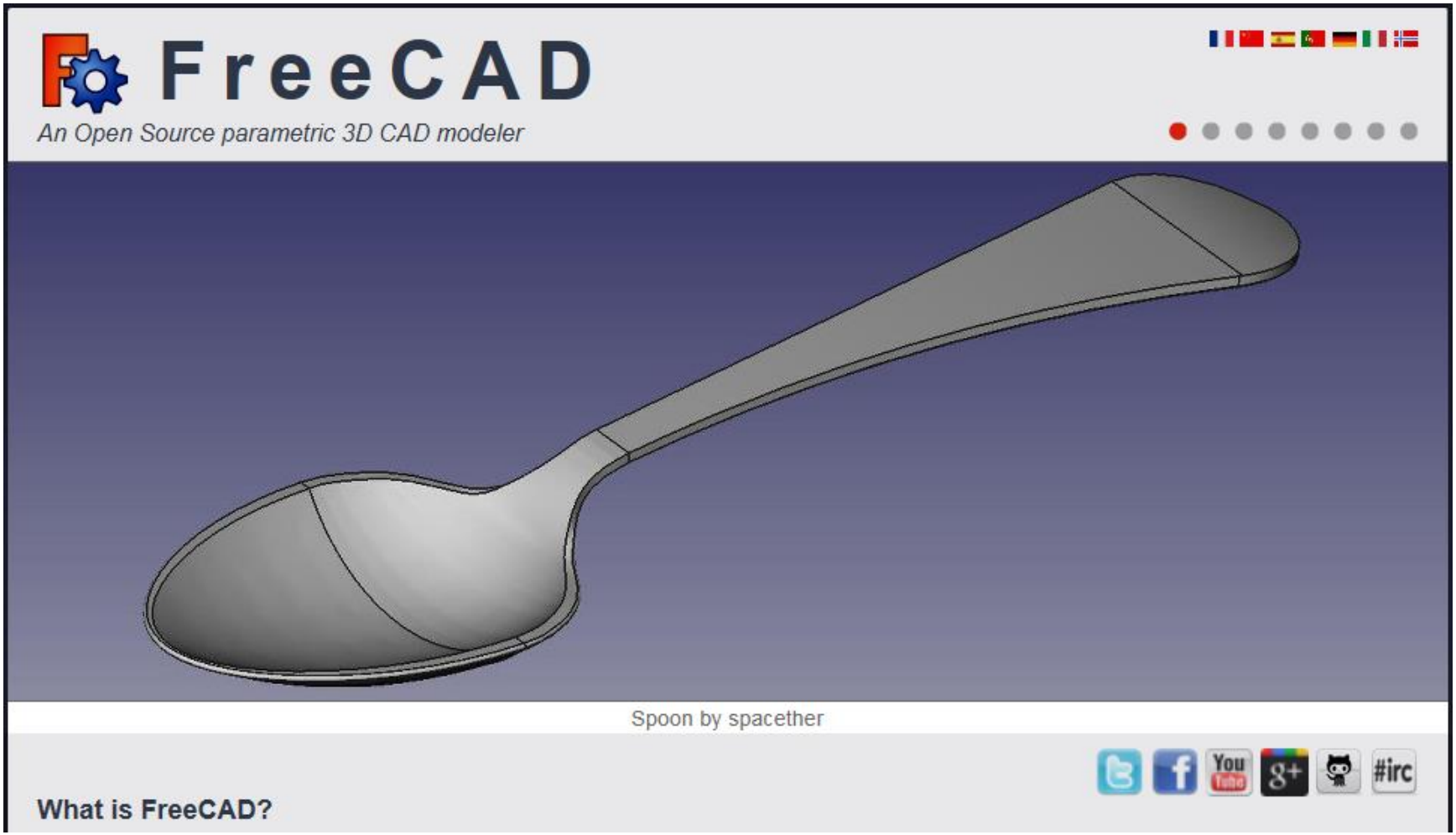
履歴の作り方

- 基本となる（あまり変更されない）形状を先に作成する
- 上位の履歴との関連性を検討する
- 変更の可能性のある部分は後から作成する、または下位履歴と関連付けしないようにする



※変更すると子フィーチャーに
影響を及ぼす可能性がある

FreeCAD



http://www.freecadweb.org/

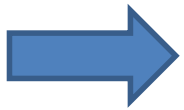
FreeCADとは

- FreeCADはCATIA、Creo、Autodesk Inventor、SolidWorks やSolid Edgeなどに類似したツールを備えており、MCAD、PLM、CAx（英語版）とCAEに分類される。コアシステムを変更せずに機能を追加することが可能なモジュラソフトウェア・アーキテクチャを採用しており、フィーチャーベースのパラメトリックなモデラー(ソリッドモデリングのモデラー)である。FreeCADとは、オープンソースソフトウェアとして開発されている3D CADです。マニュアルの日本語化、メニュー画面の日本語化などが進んでいます。（ウィキペディアよりhttp://ja.wikipedia.org/wiki/FreeCAD）

- 操作性など、細かな部分では商用ソフトに及ばないものの、基本的な機能は備えている
- Windows、Mac、Linuxの多くのOSに対応FreeCADについて http://www.freecadweb.org/
- 開発版ダウンロードサイト
- http://sourceforge.net/projects/free-cad/files/

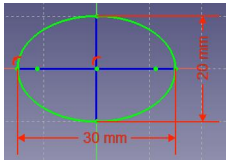
FreeCADの機能

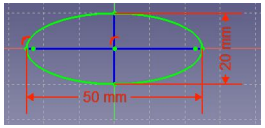
- Part
  - 基本形状を作成し、複数の基本形状を論理集合することで複合化した立体形状を作成する
- Sketcher
  - 平面に円弧や直線を組み合わせた面を作図する
- Part Design
  - Sketcherで作成した面を押し出す（直線、回転）ことにより立体形状を作成する
- ファイル変換
  - STEP,IGS,STLなどの標準的なファイル形式をサポートしておりこれらをインポート、エクスポートすることが可能である
- マクロ機能
  - 一連の作業を記録するマクロ機能があり、スクリプト化することが可能である
  - マクロ言語はPython
- その他にもメッシュ分割や解析、レンダリングなどの機能がある

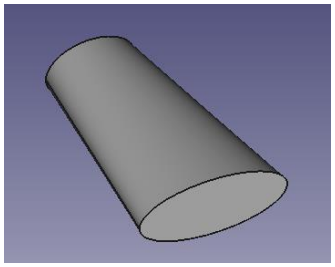


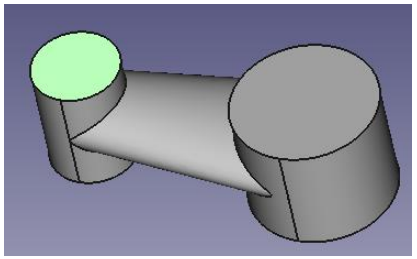
操作性は商用ソフトに劣るものの
形状作成機能は商用ソフトとほとんど遜色ない

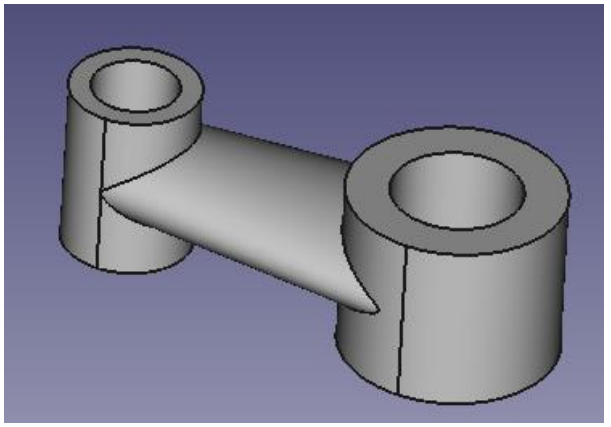
FreeCAD作成事例



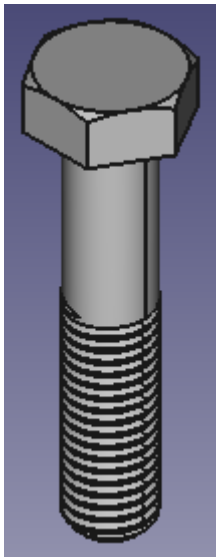




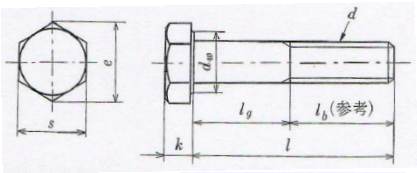


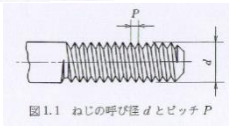


リンクアーム

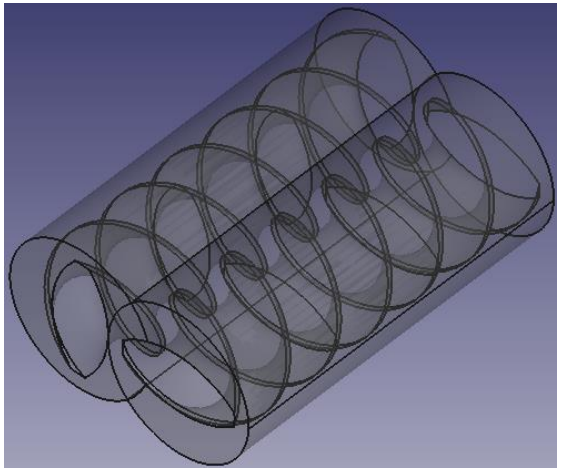


六角ボルト



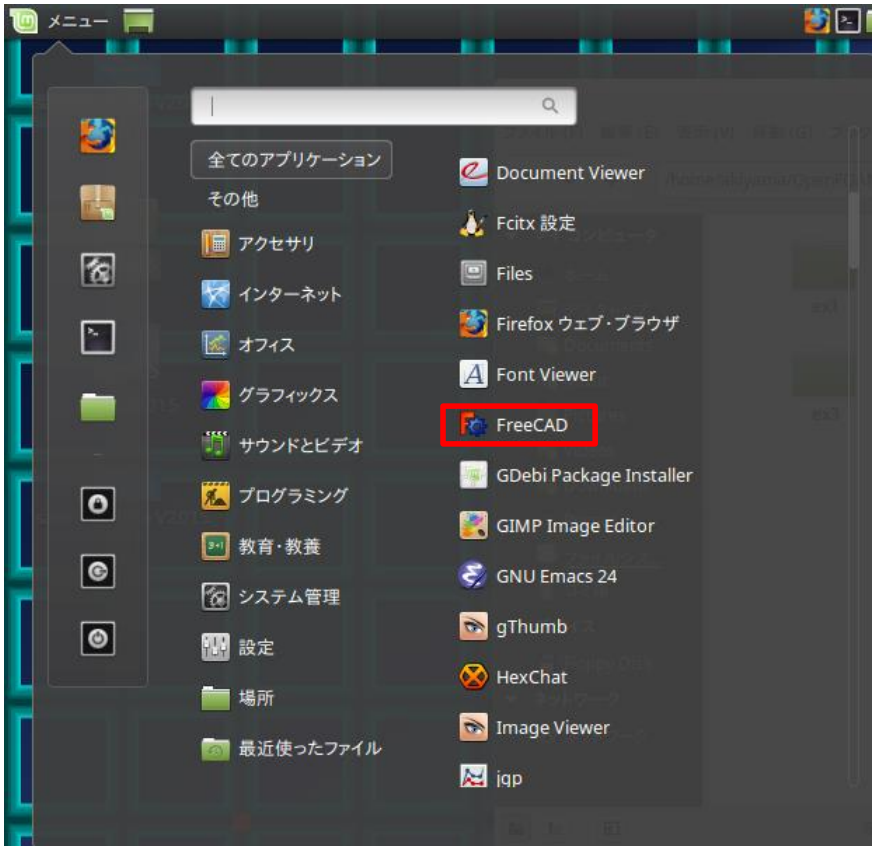


M10諸元
D=10
P=1.5
s=16
k=6.4
l=50
lg=24
lb=28

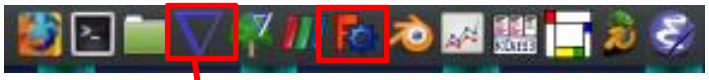


異方向二軸スクリュー

FreeCADの起動

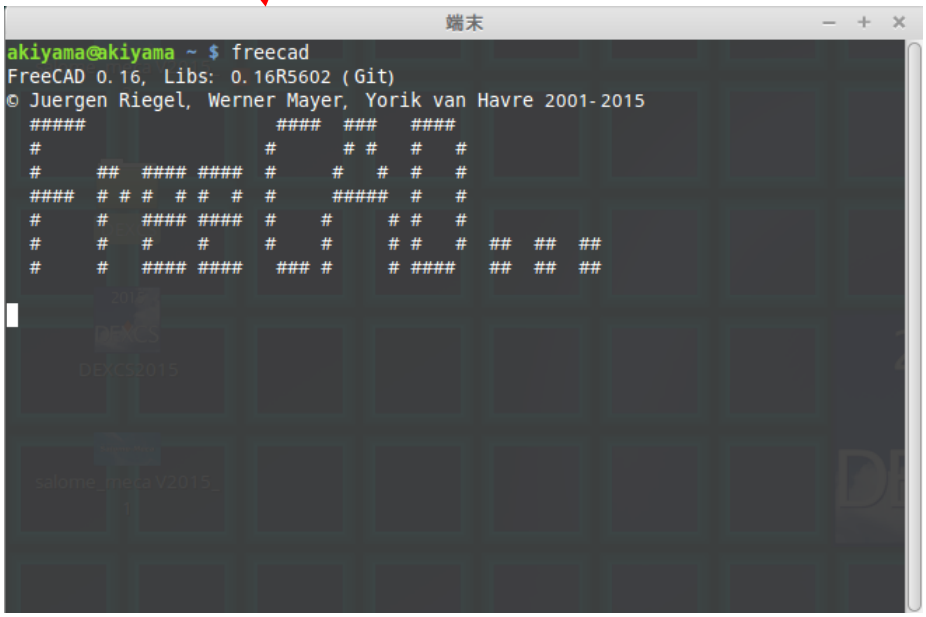


メニューからFreeCADを選択



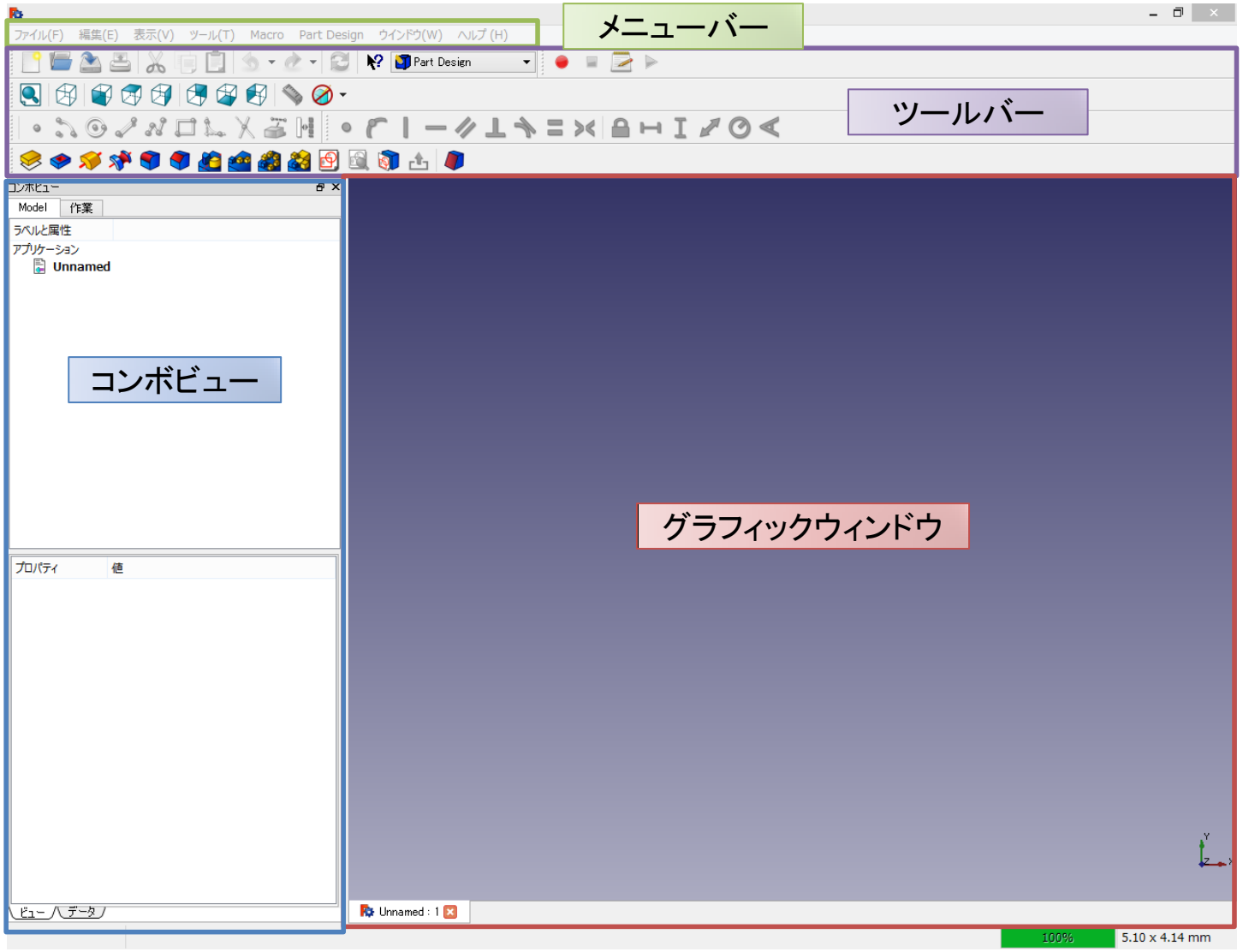
FreeCADアイコンをクリック

OpenFOAM端末



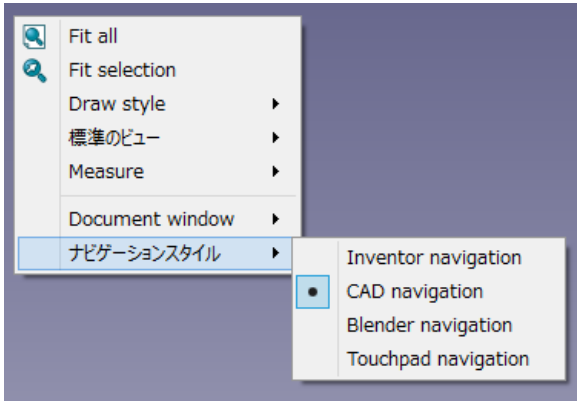
端末にfreecadと入力

FreeCAD起動画面



FreeCADの操作

グラフィックウィンドウ上で
右クリック



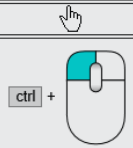
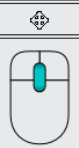
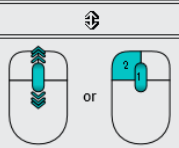
CAD操作モード（デフォルト）

デフォルトの操作スタイルでユーザーは簡単に表示をコントロールすることができます。また複数選択時以外はキーボードでのキー操作は必要ありません。

選択	平行移動	拡大縮小	回転表示
選択したいオブジェクトの上で左マウスボタンを押してください。Ctrlを押したまま操作すると複数のオブジェクトを選択できます。	マウス中央ボタンを押して動かしてオブジェクトを平行移動させます。	拡大縮小にはマウスホイールを使用してください。	まず中央マウスボタンを押し、そのまま表示されているオブジェクトの任意の点で左ボタンをクリックして好きな方向にドラッグします。こうすると中心の周りを回転する球のように回転が行われます。ドラッグを止める前にボタンを離すとオブジェクトは回転し続けます（有効になっている場合）。オブジェクト上の任意の点でマウスの中央ボタンをダブルクリックするとその点が回転、拡大縮小の原点に設定されます。

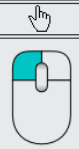
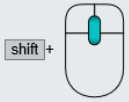
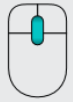
Inventor操作モード

Inventor操作モードではマウスだけでの選択ができません。オブジェクトを選択するためには CTRL キーを押しておく必要があります。

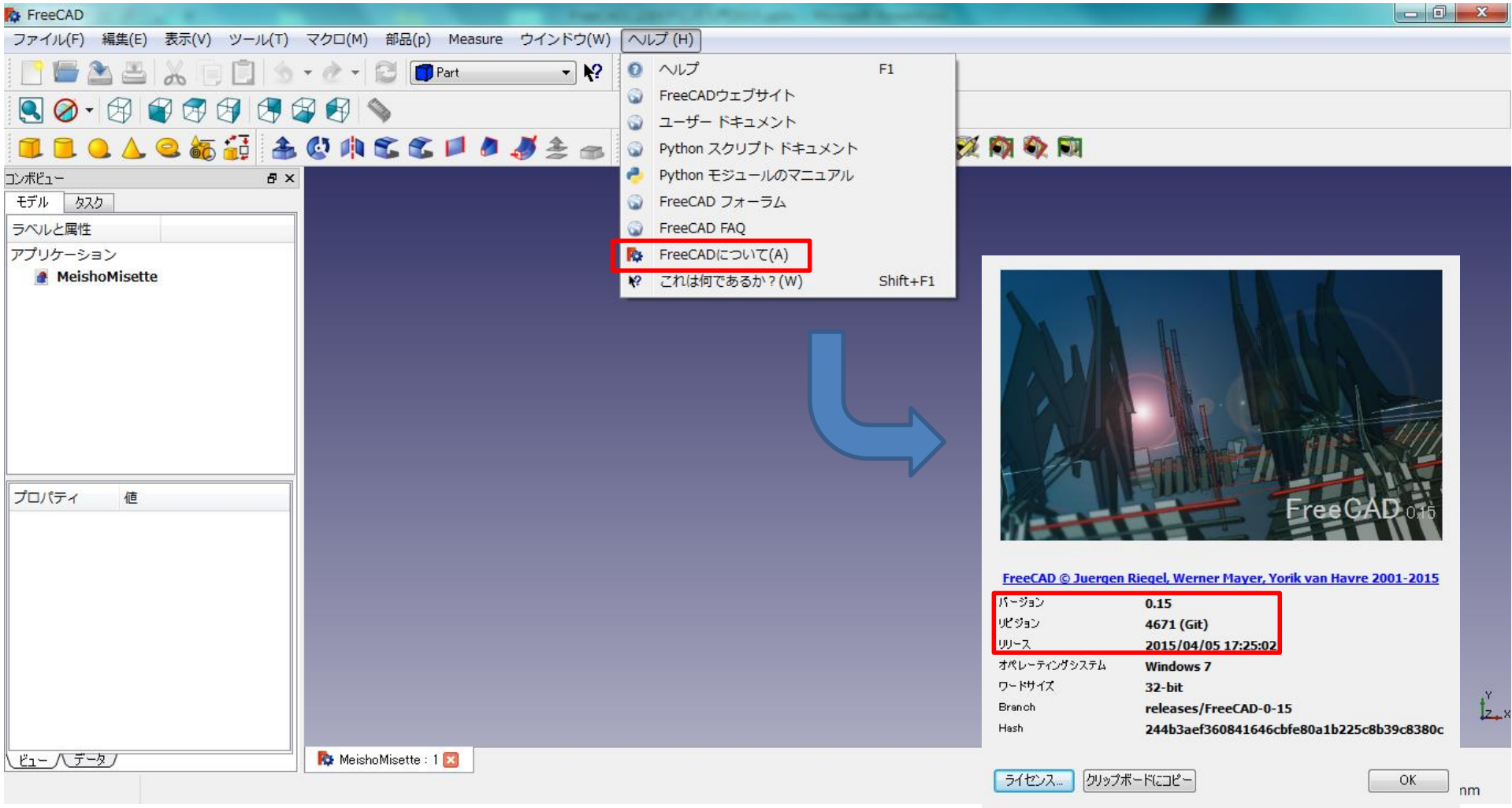
選択	平行移動	拡大縮小	回転表示
			
Ctrlを押したまま選択したいオブジェクトの上で左マウスボタンをクリックしてください	左マウスボタンをクリックしてオブジェクトの周りを動かしてください	拡大縮小にはマウスホイールを使うか、中央マウスボタンを押したまま左マウスボタンをクリックしてください。	回転には左マウスボタンをクリックしてからドラッグしてください。

Blender操作モード

Blender操作モードではマウスだけでの平行移動ができません。表示を平行移動するためには SHIFT を押しておく必要があります。

選択	平行移動	拡大縮小	回転表示
			
選択したいオブジェクトの上で左マウスボタンをクリックしてください。	Shiftを押したまま中央マウスボタンをクリックしてオブジェクトの周りを動かしてください。	拡大縮小にはマウスホイールを使ってください。	中央マウスボタンをクリックしてドラッグしてください。

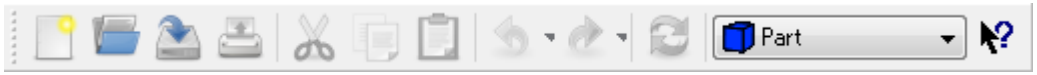
FreeCADバージョンの確認



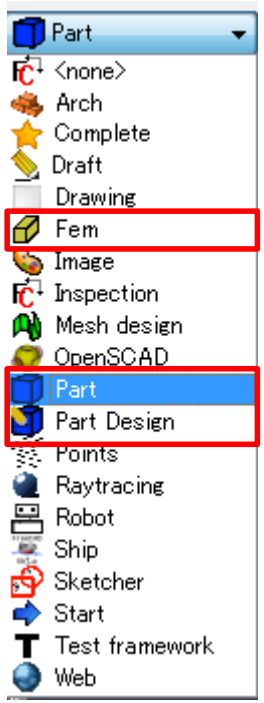
FreeCADの日本語マニュアル

http://www.freecadweb.org/wiki/index.php?title=Manual/jp

ワークベンチの選択



- パートデザインワークベンチ スケッチからの部品形状の作成用
- 製図ワークベンチ ベーシックな2D-CAD製図用
- メッシュワークベンチ 三角形メッシュでの作業用
- パートワークベンチ CAD部品での作業用
- 画像ワークベンチ ビットマップ画像での作業用
- レイトレーシングワークベンチ レイトレーシング（レンダリング）作業用
- ドローイングワークベンチ 3D作業物の2Dシート上への表示用
- ロボットワークベンチ ロボットの動作の研究用
- スケッチャーワークベンチ 幾何学的制約のあるスケッチでの作業用
- 建築ワークベンチ 建築物での作業用
- OpenSCADワークベンチ OpenSCADとの相互運用とCSGモデルヒストリーの修正用
- アセンブリワークベンチ 複数のシェイプ、ドキュメント、ファイル、関連物などでの作業用。



解析には
Fem
を使用

形状作成には
Part
Part Design
を主に使用

ツールバーの　表示→ワークベンチ　でも選択可能

パートワークベンチ

プリミティブ

プリミティブオブジェクトを作成するためのツールです。

- **ボックス**: 寸法を指定してボックスを描きます
- **円錐**: 寸法を指定して円錐を描きます
- **円筒**: 寸法を指定して円筒を描きます
- **球**: 寸法を指定して球を描きます
- **トーラス**: 寸法を指定してトーラス(円環)を描きます

オブジェクトの変更

既存のオブジェクトを変更するためのツールです。変更するオブジェクトを選択して使用します。

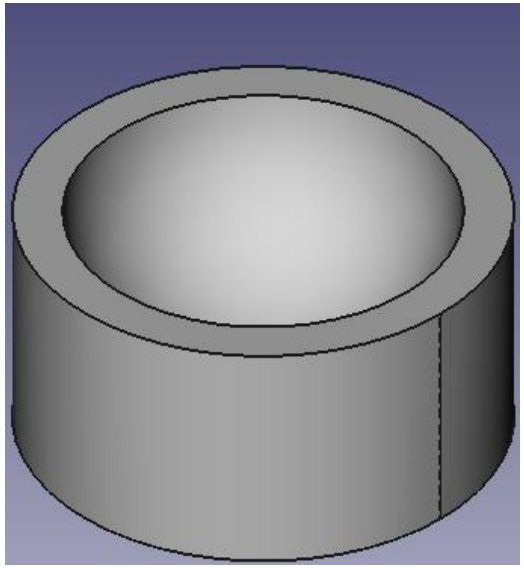
- **ブーリアン**: オブジェクトのブーリアン演算を行います
- **結合**: 二つのオブジェクトを結合します(和集合)
- **共通部**: 二つのオブジェクトの共通部分を抽出します(共通集合)
- **切り取り**: オブジェクトを別のオブジェクトから切り取ります(減算)
- **押し出し**: オブジェクトの平面を押し出します
- **フィレット**: オブジェクトのエッジをフィレット処理(丸め処理)します
- **回転体**: 別のオブジェクトを軸周りに回転させてオブジェクトを作成します
- **分割**: 分割面をオブジェクトに交差させることで切断面を作成します
- **面取り**: オブジェクトのエッジを面取りします
- **ミラー**: 指定された鏡面に対して選択されたオブジェクトの鏡像を作成します

練習で作成するモデル

①XY平面を底面基準とし、Z軸を中心軸とする半径50mm、高さ50mmの円柱を作成する。（ソリッドモデルA）

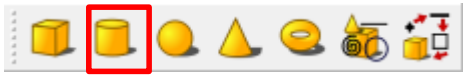
②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。（ソリッドモデルB）

③円柱（ソリッドモデルA）と球（ソリッドモデルB）を組み合わせる。



パートワークベンチによるモデリング

①XY平面を底面基準とし、Z軸を中心軸とする半径50mm、高さ50mmの円柱を作成する。（ソリッドモデルA）



コンボビュー

プロジェクト　作業

ラベルと属性

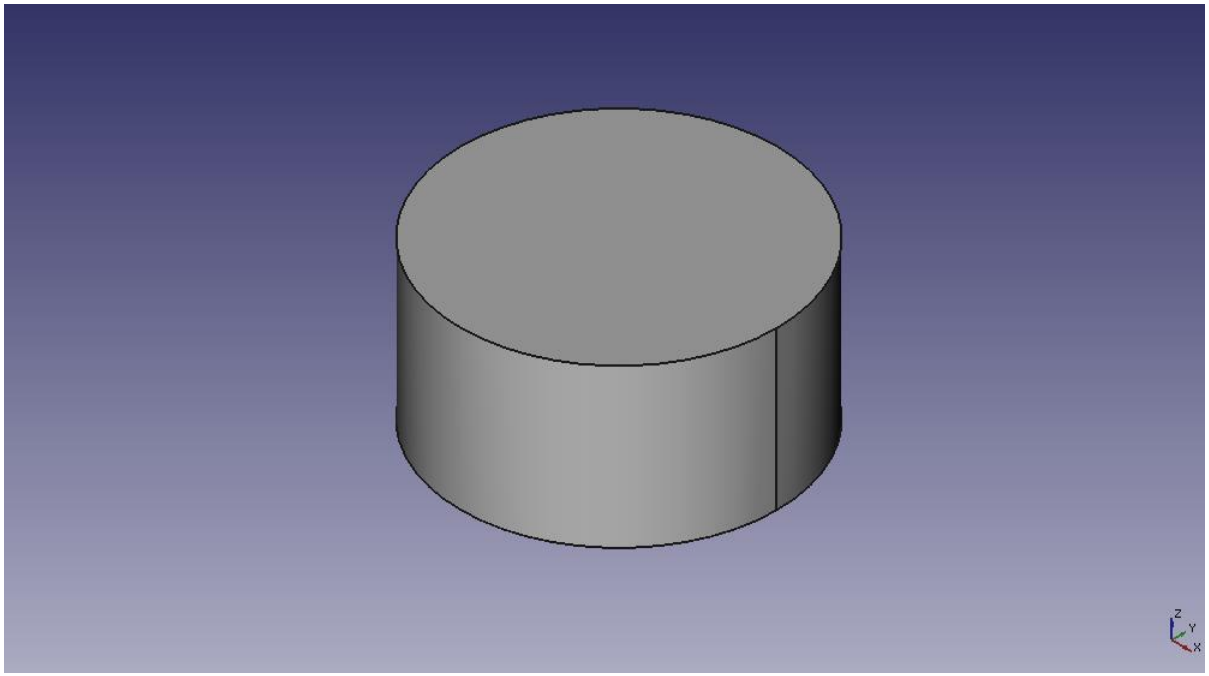
アプリケーション

- Unnamed
  - Cylinder

プロパティ	値
Base	
Label	Cylinder
Placement	[(0.00 0.00 1.00);0.00;(0.00 0.00 0.00)]
Angle	0.00 °
Axis	[0.00 0.00 1.00]
x	0.00
y	0.00
z	1.00
Position	[0.00 0.00 0.00]
x	0.00
y	0.00
z	0.00
Cylinder	
Angle	360.00
Height	50.00 mm
Radius	50.00 mm

高さ
半径

ビュー　データ



パートワークベンチによるモデリング

②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。（ソリッドモデルB）

コンボビュー

プロジェクト　作業

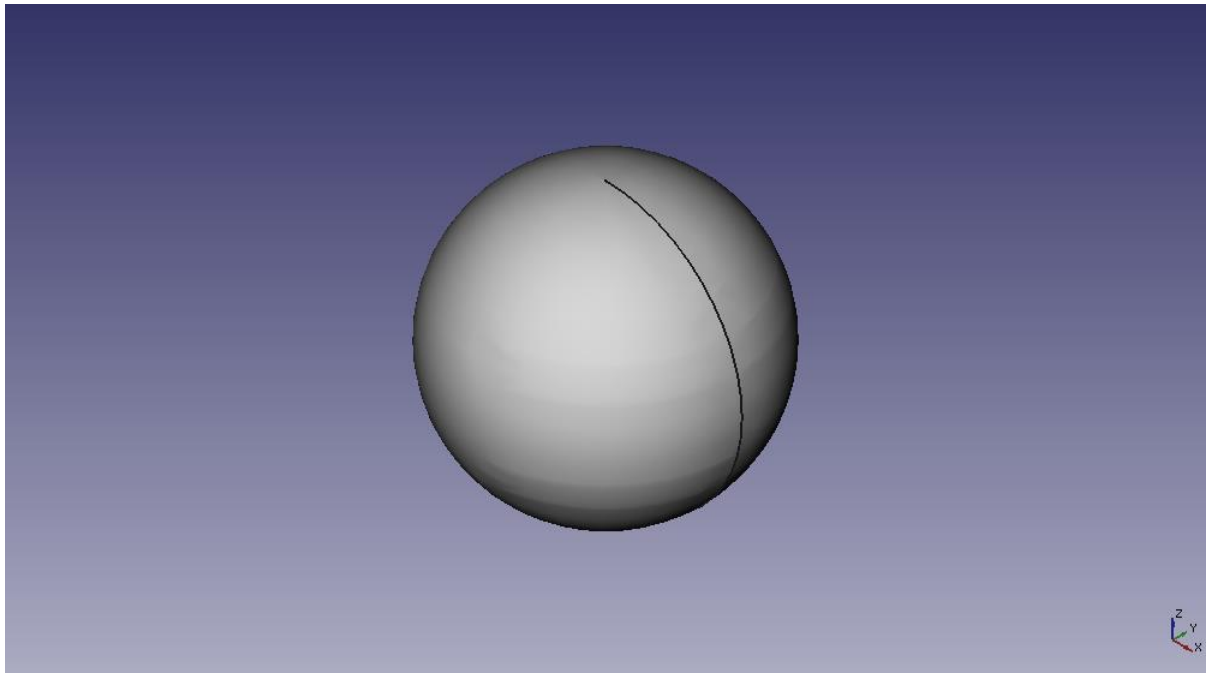
ラベルと属性

アプリケーション

- Unnamed
  - Cylinder
  - **Sphere**

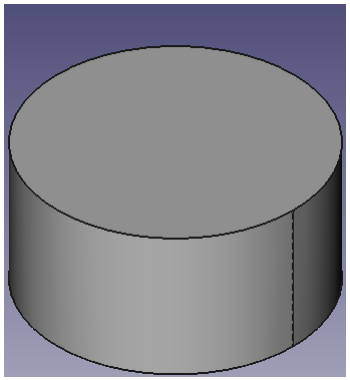
プロパティ	値	
Base		
Label	Sphere	
▲ Placement	[(0.00 0.00 1.00);0.00;(0.00 0.00 50.00)]	
Angle	0.00 °	
▲ Axis	[0.00 0.00 1.00]	
x	0.00	
y	0.00	
z	1.00	
▲ Position	[0.00 0.00 50.00]	
x	0.00	
y	0.00	
z	50.00	中心点位置
Sphere		
Angle1	-90.00	
Angle2	90.00	
Angle3	360.00	
Radius	40.00	半径

ビュー　データ

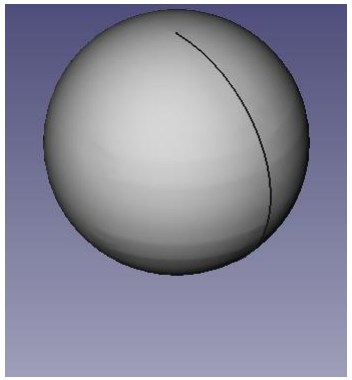


ブーリアン演算

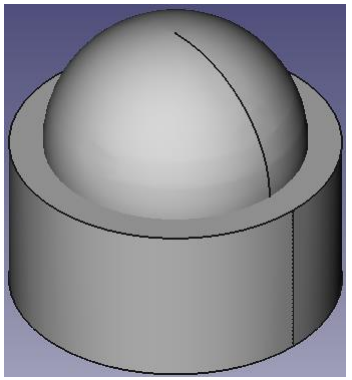
③円柱（ソリッドモデルA）と球（ソリッドモデルB）を組み合わせる。



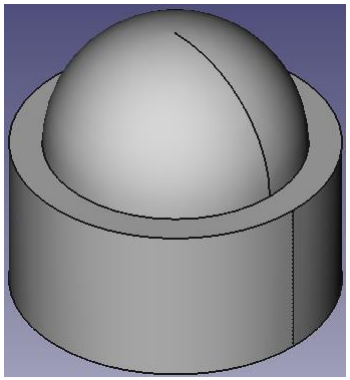
円柱（A）



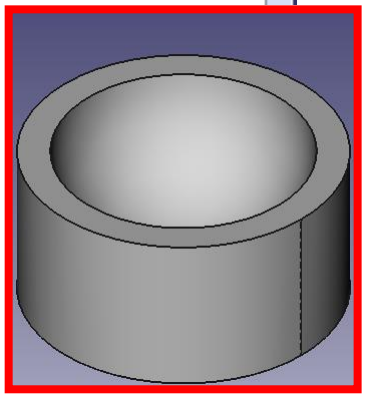
球（B）



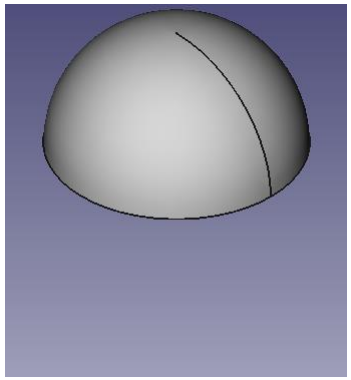
重ね合わせ表示



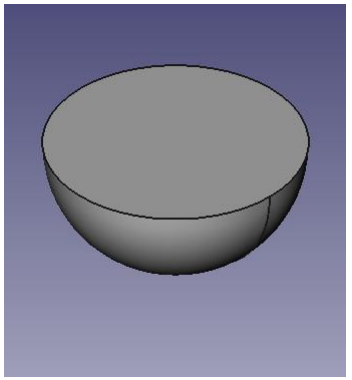
Union A+B



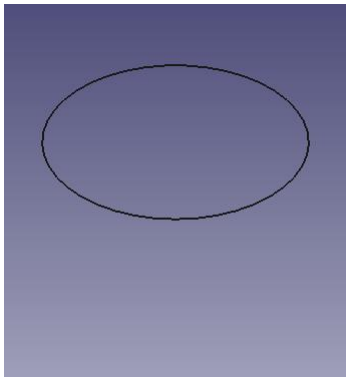
Difference A-B



Difference B-A



Intersection A*B



Section A*B

パートデザインワークベンチ

その他

- **新しいスケッチ**: 選択された面または平面上に新しいスケッチを作成します。デフォルトの動作ではXY面が使用されます。
- **スケッチの解除**: スケッチ編集モードを解除します。

スケッチャーによる形状作成

オブジェクト作成のためのツールです。

- **点**: 点を描きます
- **円弧**: 中心、半径、開始角度と終了角度から円弧を描きます
- **円**: 中心と半径から円を描きます
- **2点線部ん**: 2点からなる線分を描きます
- **ポリライン(複数の点から鳴る線分)**: 複数点の線分で作られる線を描きます
- **四角形**: 2つの対点から四角形を描きます
- **フィレット**: 一つの点でつながる二本のライン間にフィレットを作成します。両方のライン選ぶか、節点をクリックしてからこのツールを実行してください。
- **トリム**: クリックした点に応じてライン、円、円弧をトリムします
- **外部形状**: 外部形状につながるエッジを作成します
- **作成モード**: 作成モードを切り替えます。作成したオブジェクトは3D形状操作では使用することはできません。

パートデザインワークベンチ

スケッチャーによる拘束

拘束はスケッチ要素間にルールを設定したり、垂直軸や水平軸に従ってスケッチをロックしたりする場合に使用されます。

- **ロック**: 原点に対して垂直方向または水平方向の寸法を設定することで選択されたアイテムにロックをかけます（寸法は後で編集できます）。
- **一致**: 選択された二点間に一致拘束（点ごと）をかけます。
- **オブジェクト上の点**: 選択されたアイテムに対してオブジェクト上の点の拘束をかけます。
- **水平距離**: 2点またはライン終端間の水平距離を固定します。選択されているアイテムがひとつの場合、原点に対する距離が固定されます。
- **垂直距離**: 2点またはライン終端間の垂直距離を固定します。選択されているアイテムがひとつの場合、原点に対する距離が固定されます。
- **垂直**: 選択されたラインまたはポリライン要素に対して垂直方向の拘束をかけます。一つ以上のオブジェクトが選択可能でなければなりません。
- **水平**: 選択されたラインまたはポリライン要素に対して水平方向の拘束をかけます。一つ以上のオブジェクトが選択可能でなければなりません。
- **長さ**: 選択されたラインに長さ拘束をかけます。
- **半径**: 選択された円弧、円に半径の拘束をかけます。
- **平行**: 二本の選択されたラインが常に平行となるよう拘束をかけます。
- **直交**: 二本の選択されたラインが常に直交するよう拘束をかけます。
- **内角**: 二本の選択されたラインの内角が常に同じとなるよう拘束をかけます。
- **正接**: 選択された要素に対して正接拘束をかけます。あるいは二本の線分に対して共線拘束をかけます。
- **等しい長さ**: 二つの選択された要素に対して等しくなるよう拘束をかけます。円または円弧に対して使用した場合、その半径が等しくなるように設定されます。
- **対称**: 二点とそれが形作るラインが対称となるように拘束をかけます。

パートデザインワークベンチ

作成ツール

ソリッドオブジェクトの作成、既存のソリッドオブジェクトからのマテリアル削除を行うためのツールです。

- **パッド**: 選択されたスケッチからソリッドオブジェクトを押し出します。
- **ポケット**: 選択されたスケッチからポケットを作成します。スケッチは既存のソリッドオブジェクトの面にマッピングされている必要があります。
- **回転**: 軸の周りにスケッチを回転させてソリッドを作成します。ソリッドオブジェクトを得るためにはスケッチは閉じた面である必要があります。
- **溝**: 軸の周りにスケッチを回転させて溝を作成します。スケッチは既存のソリッドオブジェクトの面にマッピングされている必要があります

修正ツール

既存のオブジェクトの修正のためのツールです。修正するオブジェクトは選択できます。

- **フィレット**: オブジェクトの縁をフィレット（丸め込み）します。
- **面取り**: オブジェクトの縁を面取りします。

変換ツール

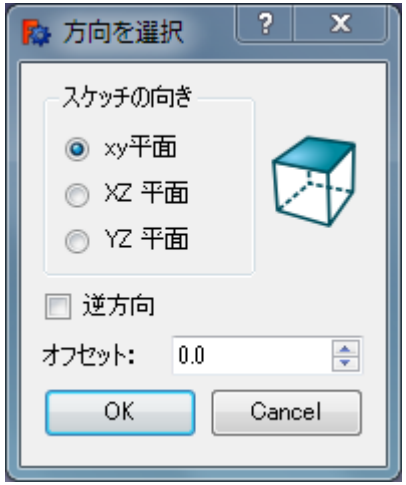
既存のフィーチャーを変換するためのツールです。変換するオブジェクトは選択できます。

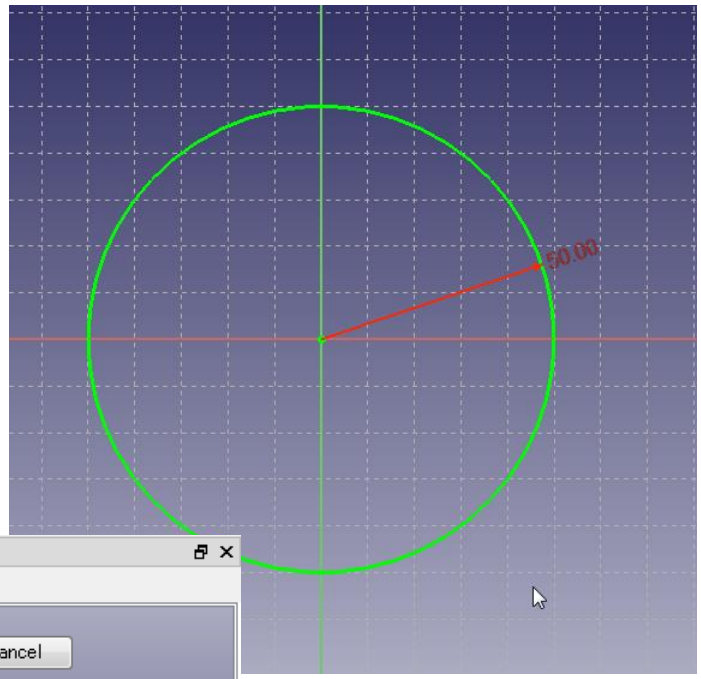
- **ミラー**: 面、平面に対してフィーチャーを鏡像反転します。
- **線状整列**: フィーチャーを線状に並べます。
- **円状整列**: フィーチャーを円状に並べます。
- **拡大縮小**: フィーチャーを異なるサイズに拡大縮小します。
- **マルチ変換**: 他の変換を任意に組み合わせたパターンを作成できます。

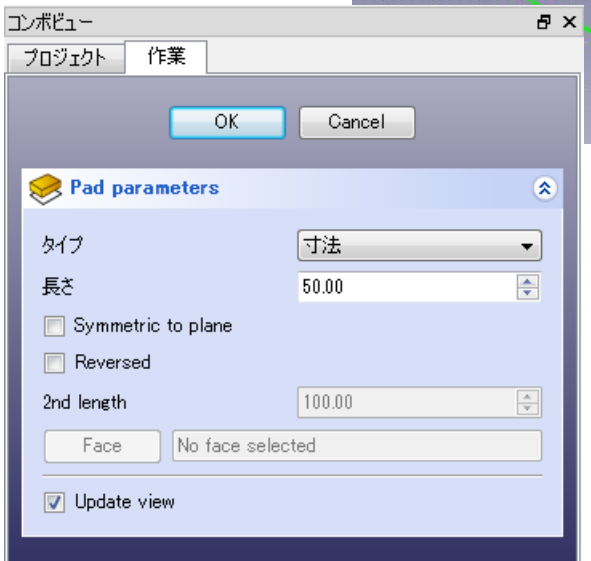
パートデザインワークベンチによるモデリング

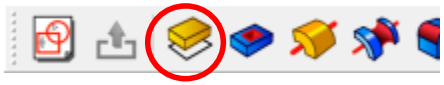
①XY平面を底面基準とし、Z軸を中心軸とする半径50mm、高さ50mmの円柱を作成する。（ソリッドモデルA）

スケッチ作成







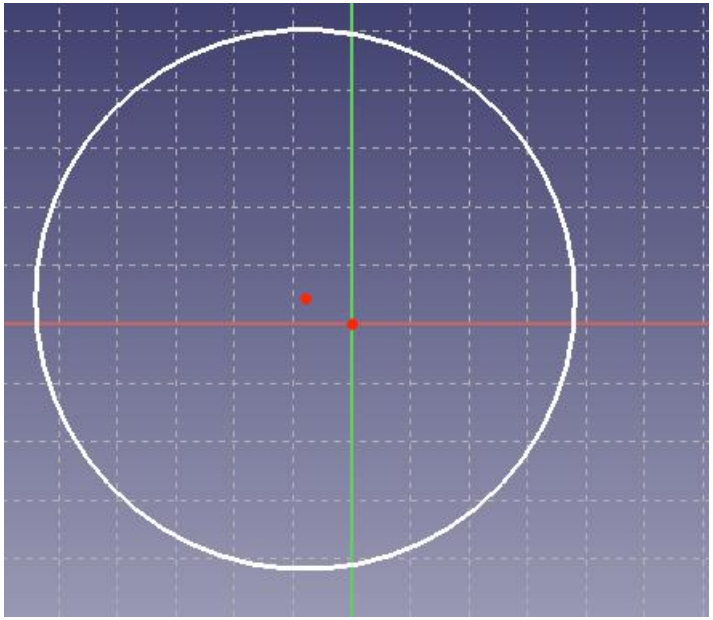


スケッチの押出

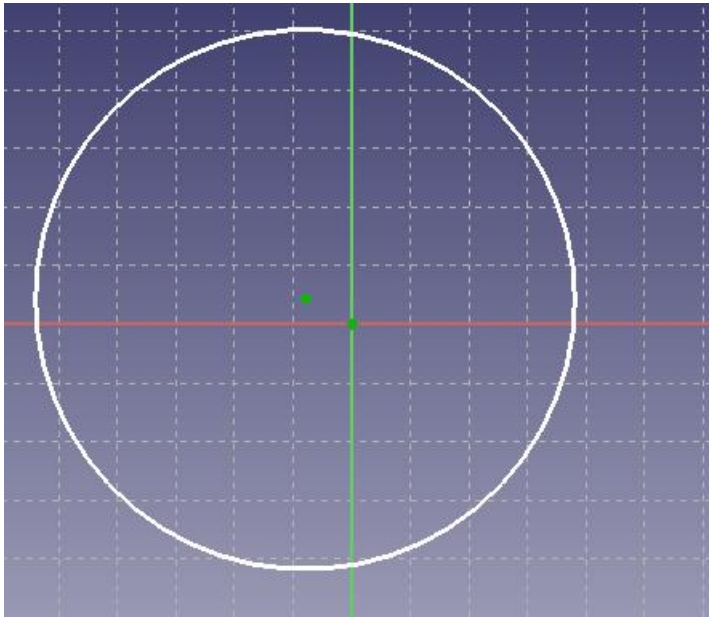
スケッチの作成（円）

円の作成

点の拘束



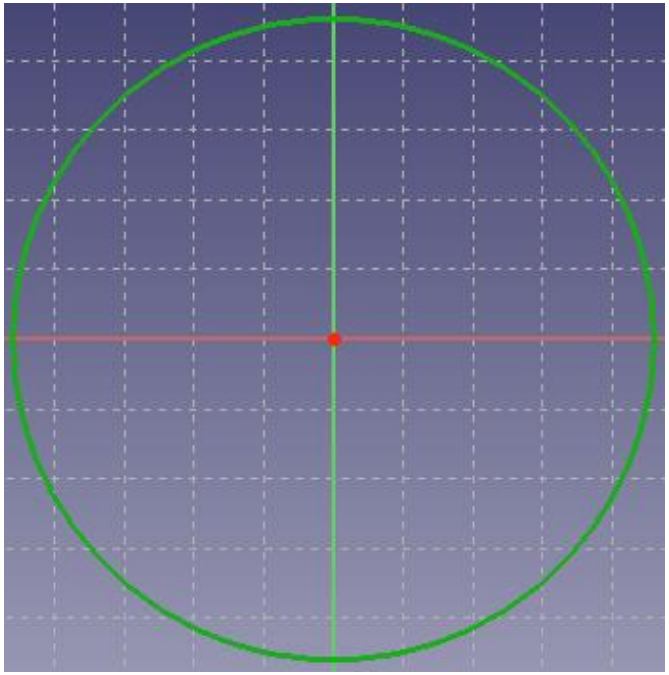
スケッチの適当なところで円を作成する



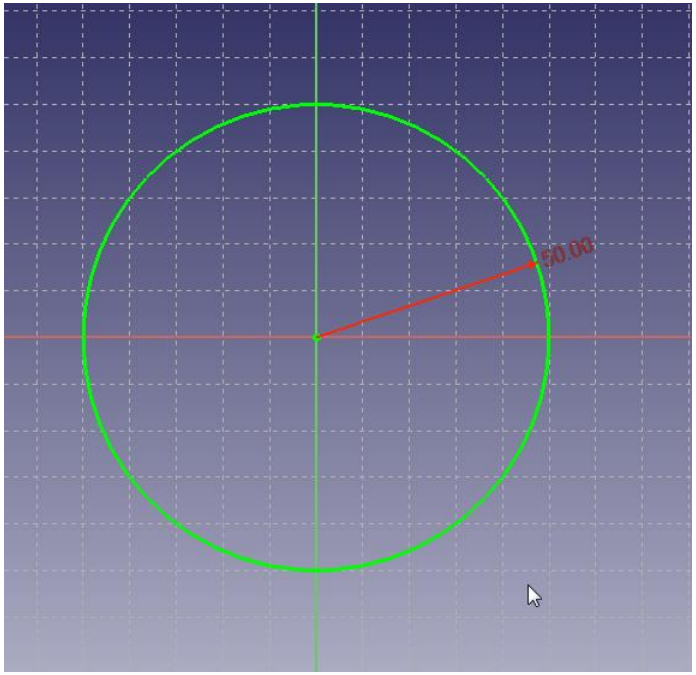
円の中心とスケッチ原点を選択
点拘束を選択

スケッチの作成（円）

半径の拘束



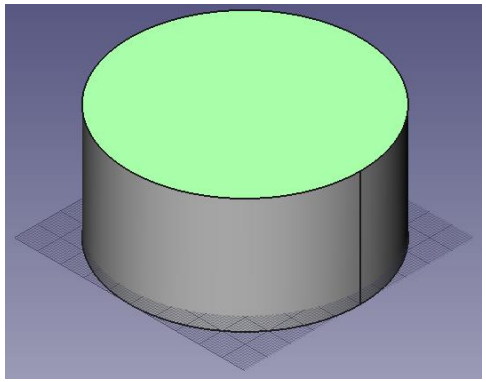
円を選択し半径の拘束を選択



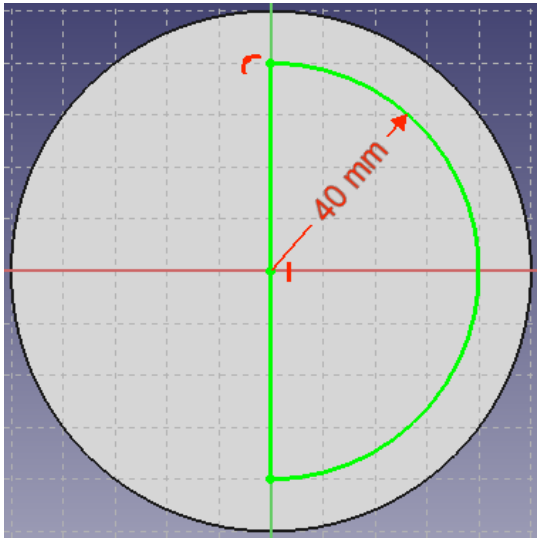
半径の値を入力

スケッチを用いたモデル作成

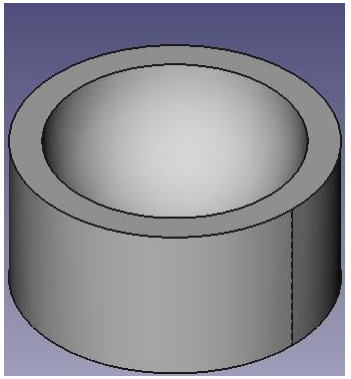
②座標値(0,0,50)を中心とする半径40mmの球形状を作成する。（ソリッドモデルB）



円柱上面選択後
スケッチ作成



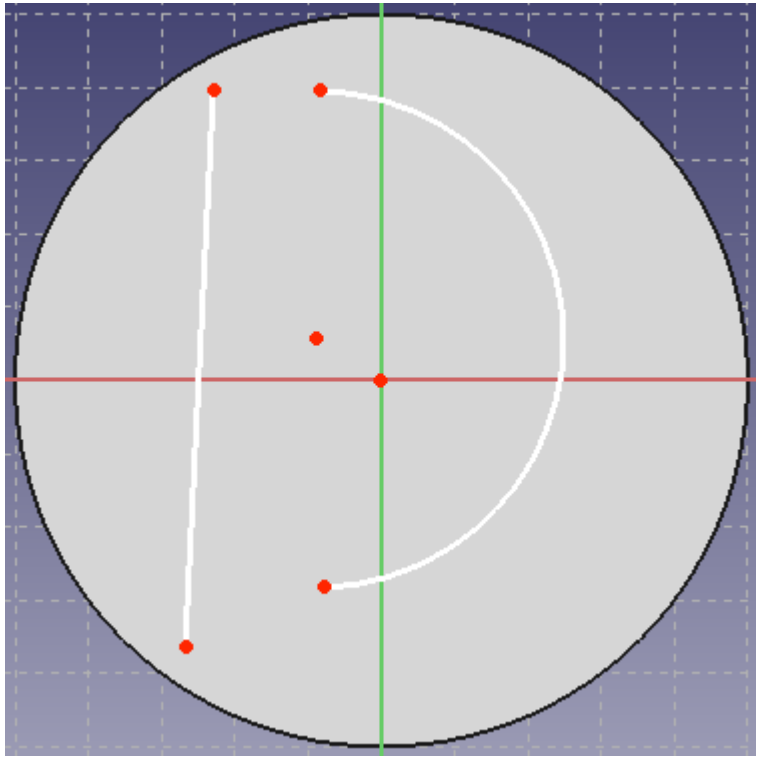
スケッチの回転カット

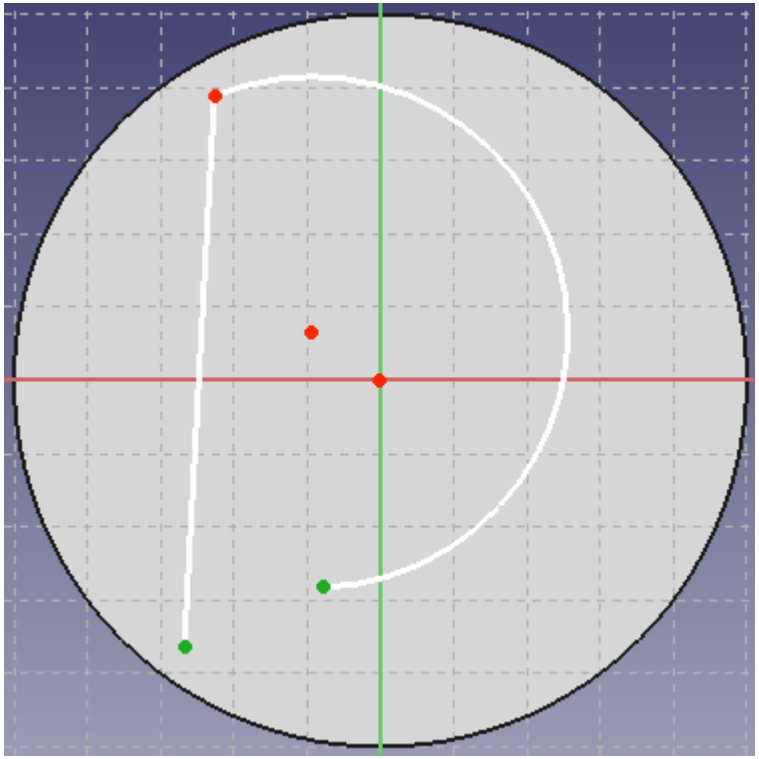


スケッチの作成（半円）

直線、円弧の作成

点の拘束



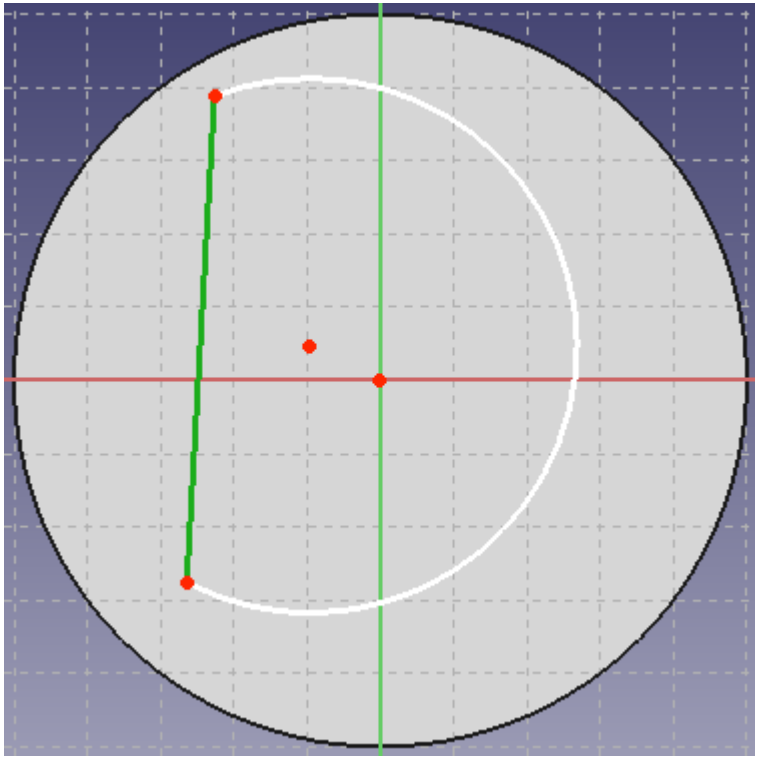


直線と円弧をスケッチの適当な位置に作成

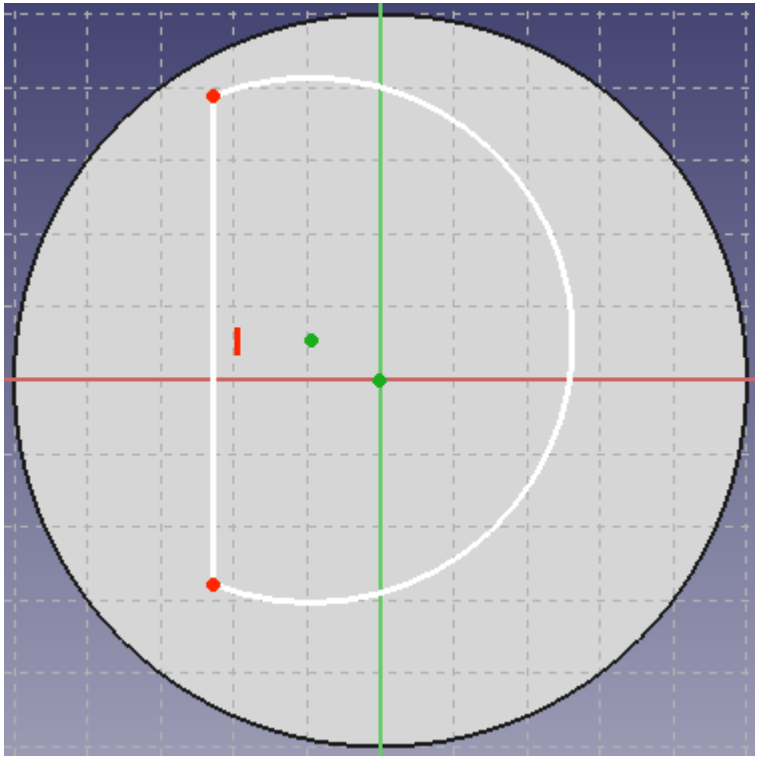
直線と円弧の始点、終点をそれぞれ選択し点の拘束をそれぞれ選択

スケッチの作成（半円）

点の拘束　　鉛直の拘束



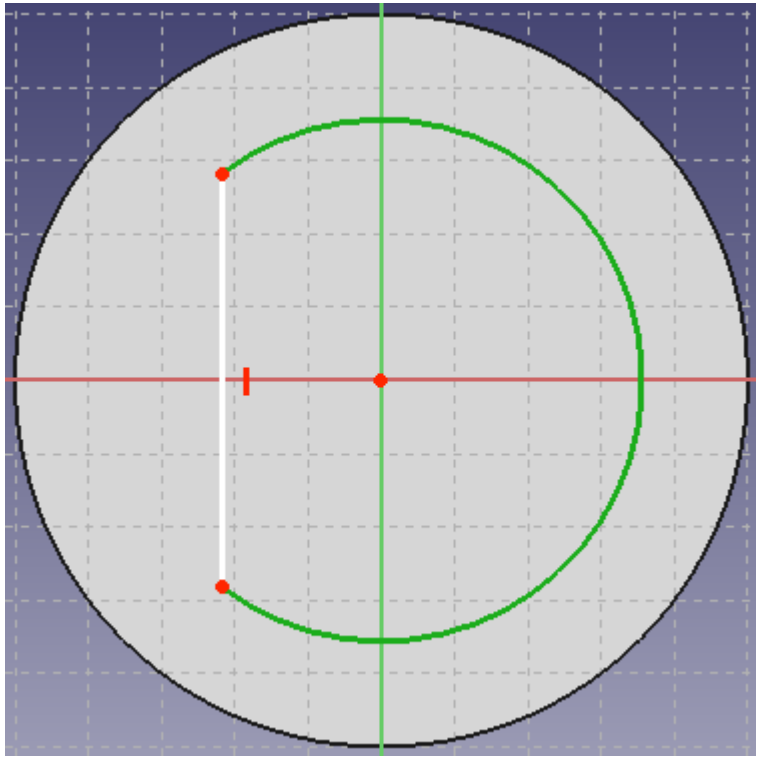
直線を選択し、鉛直の拘束を選択

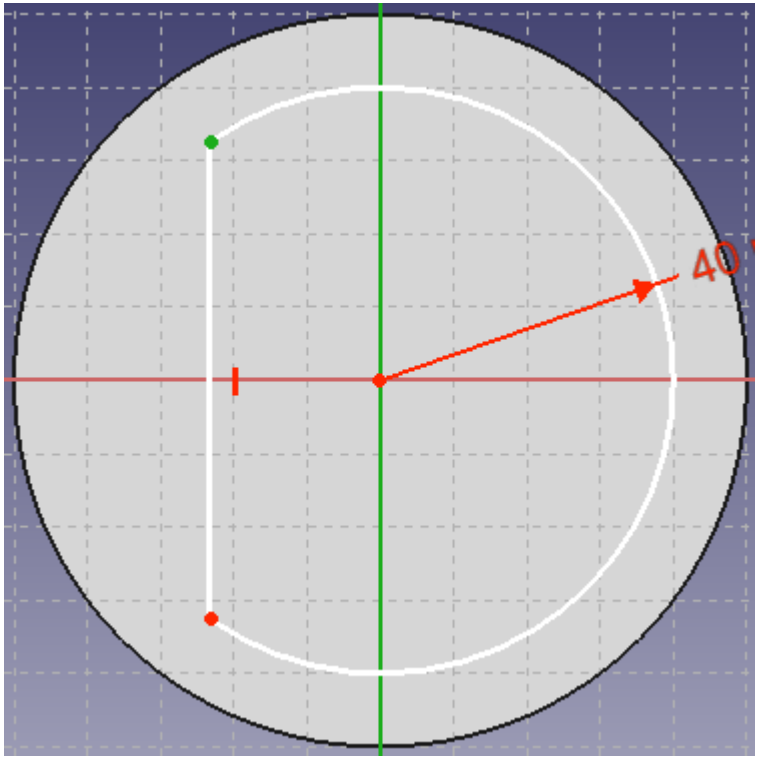


円弧の中心とスケッチの原点を選択し、
点の拘束を選択

スケッチの作成（半円）

オブジェクト上の点の拘束　　半径の拘束





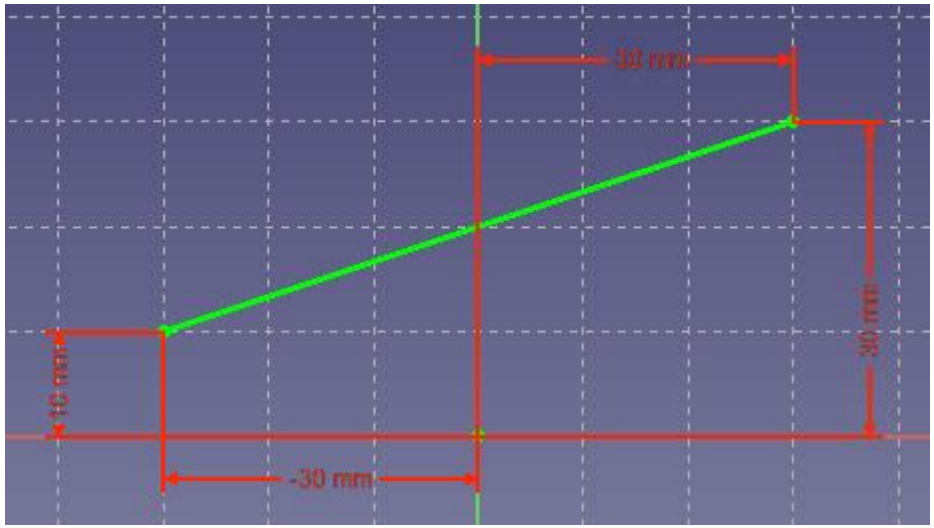
円弧を選択し、半径の拘束を選択し
半径を入力

円弧端点とスケッチの鉛直軸を選択し、
オブジェクト上の点の拘束を選択

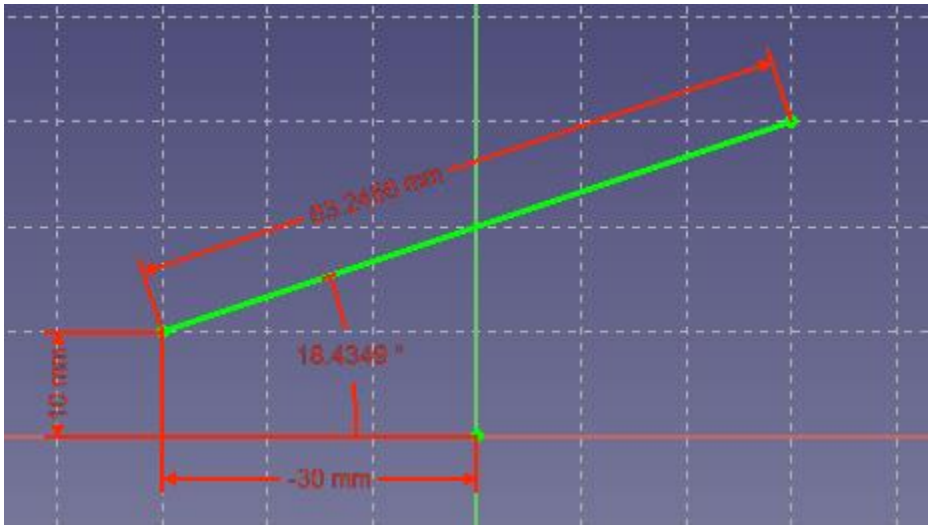
スケッチ作成上の注意点

- スケッチ内に一つの閉空間を作成する
  - 開空間の場合は押し出した時にサーフェスが作成される
- 幾何拘束を適切に設定しラインを緑色にする
  - 拘束が適切に定義されていないとスケッチを再編集した際に反映されない
  - 過剰拘束の場合も緑色になるので注意が必要
- スケッチでは単純な形状を作成する
  - 複雑な形状は押出しやカット、ブーリアンで作成する
- 図形の数学的な定義通りに指定する
  - 線分
    - 始点座標と終点座標
    - 始点座標と方向と長さ
  - 円
    - 中心点座標と半径
    - 中心点座標と円周上の1点の座標
    - 円周上の3点の座標
  - 円弧
    - 始点座標と終点座標と半径
    - 始点座標と終点座標と円弧上の1点の座標

線分の定義

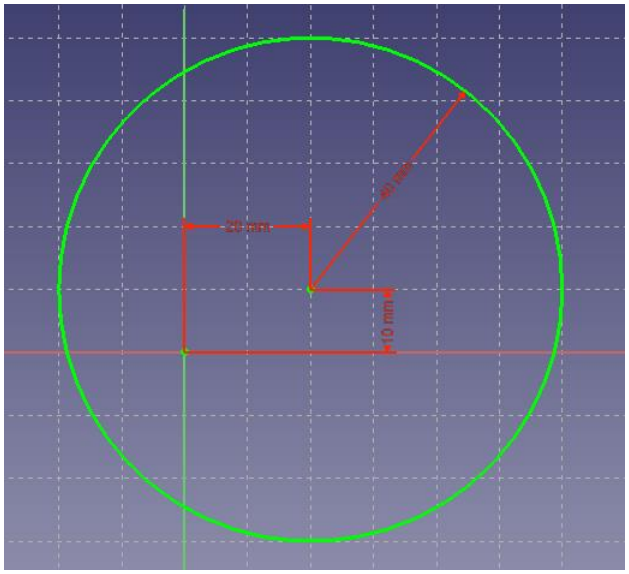


始点座標と終点座標

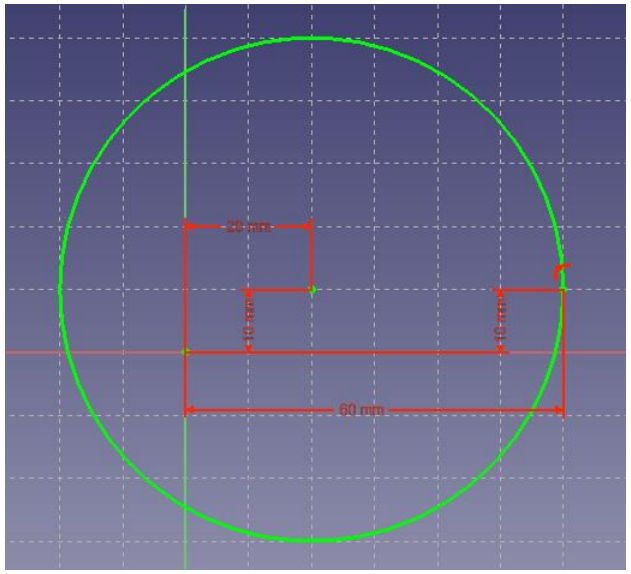


始点座標と方向と長さ

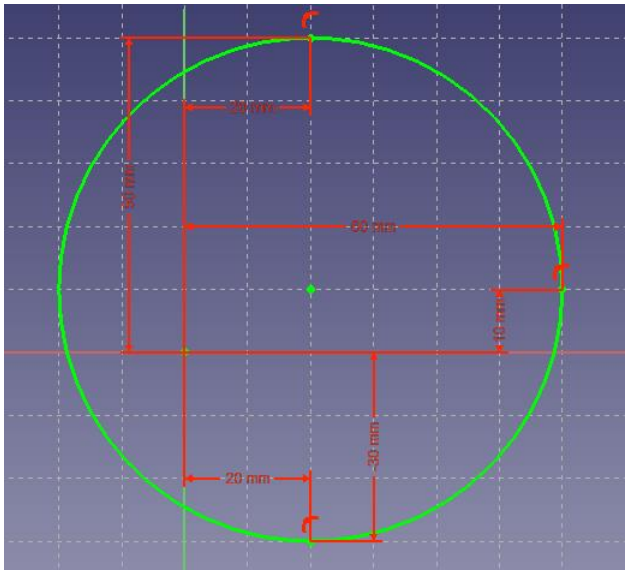
円の定義



中心点座標と半径

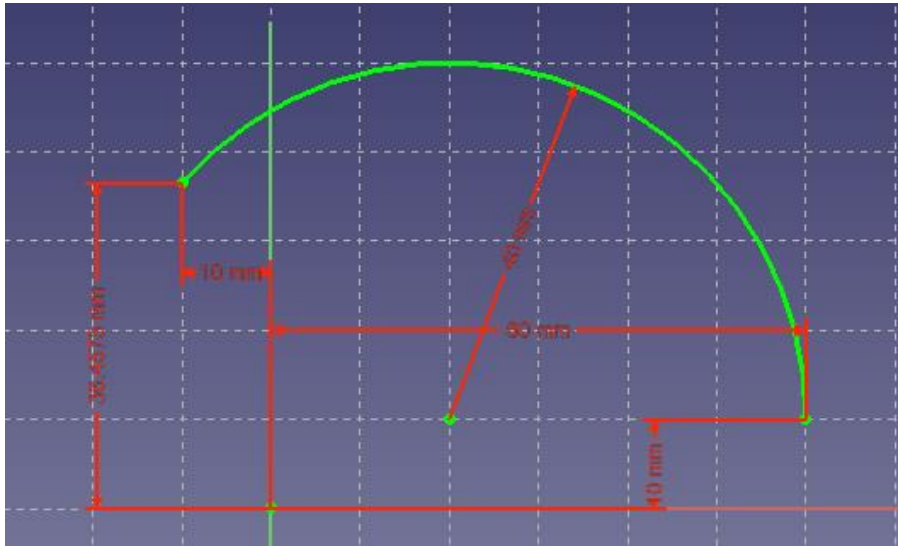


中心点座標と円周上の1点の座標

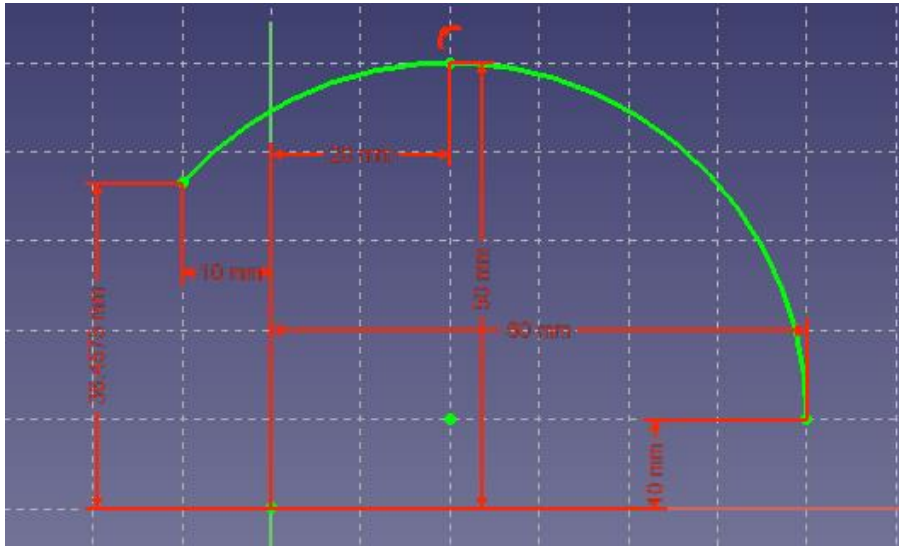


円周上の3点の座標

円弧の定義



始点座標と終点座標と半径

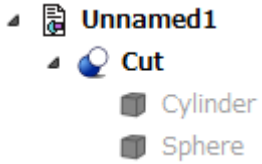


始点座標と終点座標と円弧上の1点の座標

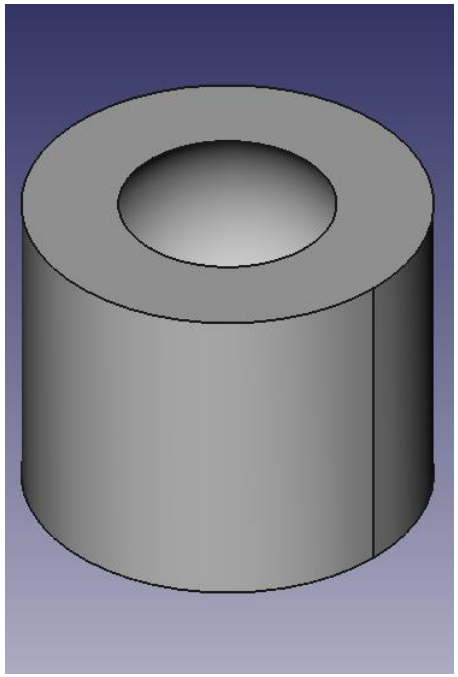
履歴編集の違い

①円柱の高さを50mm→80mmに変更する

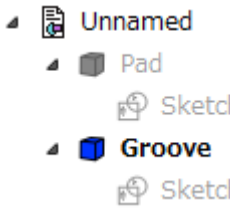
パートワークベンチによるモデリング



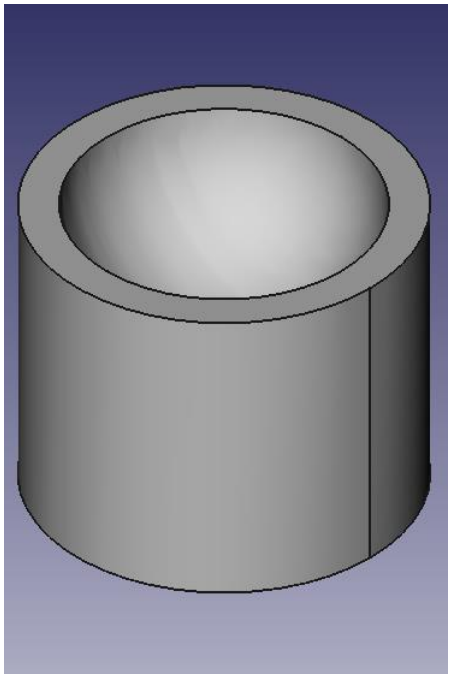
Cylinder→データ編集



パートデザインワークベンチによるモデリング



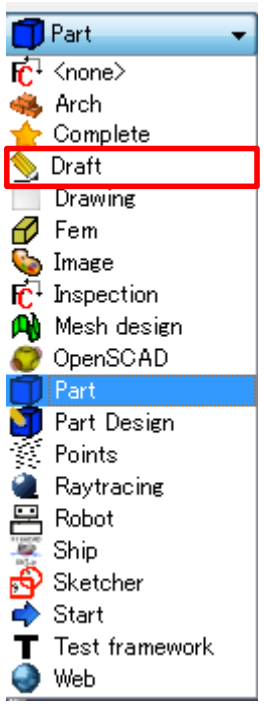
Pad→右クリック→Edit pad



STL出力

cfMeshでメッシュを作成するためには面に名前を付けて一つのstlファイルにする必要がある

⇒作成した3Dモデルをサーフェスに分解しマクロ「exportStl.py」を実行する



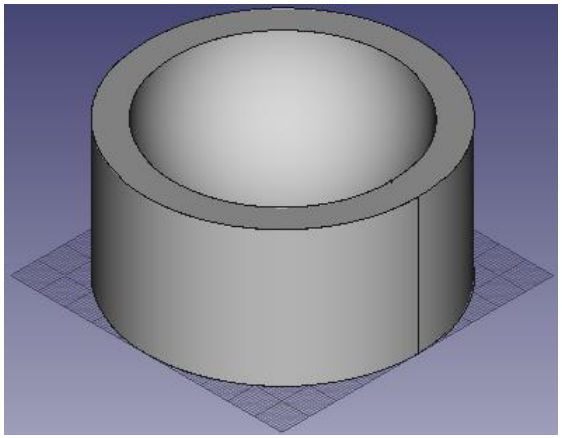
Draftを選択

モデルを選択

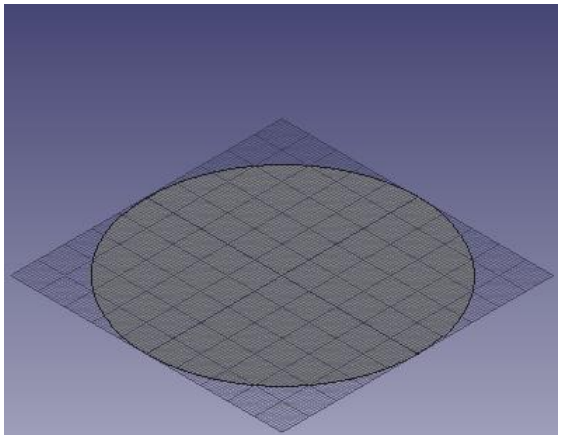
2回繰り返す

ブーリアン→Solid→Face

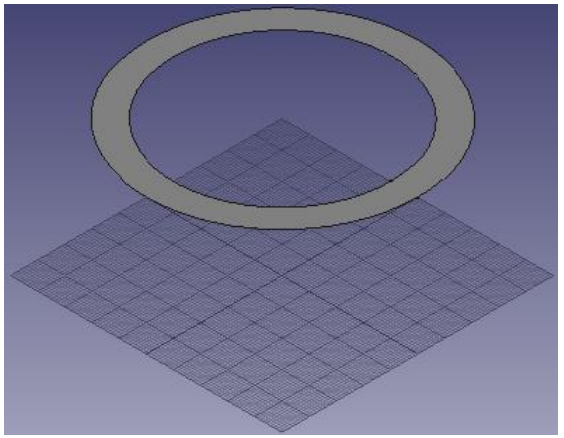
STL出力



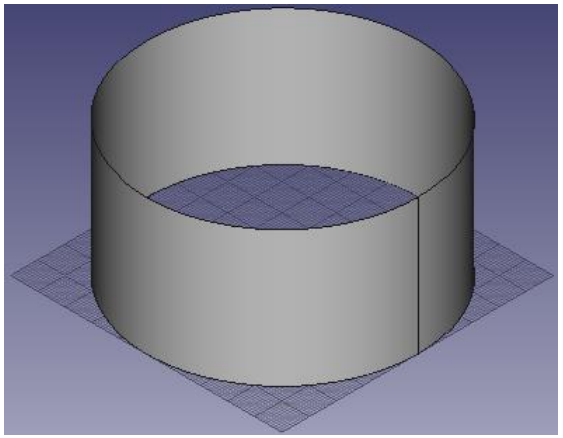
対象のフェースを選択
右クリック



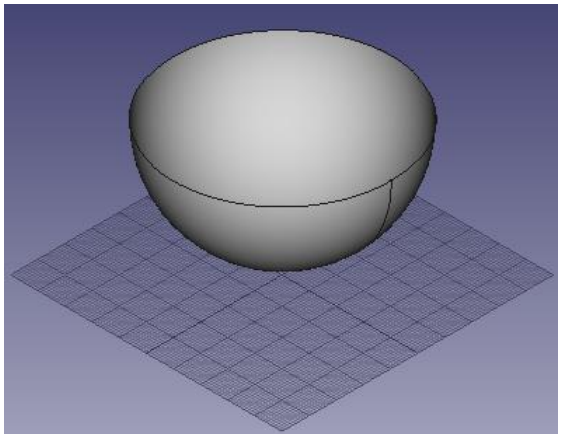
low



up



side



hole

STL出力（DEXCSの場合）

マクロ>マクロ

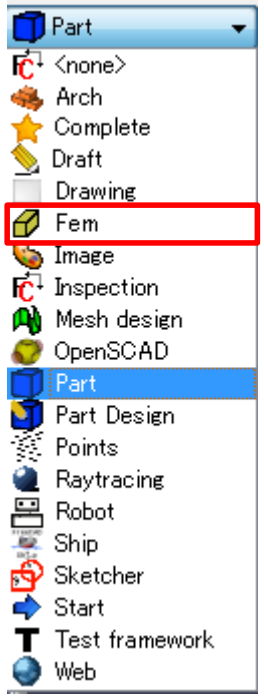
exportStl.py>実行

保存先
ファイル名
を指定して保存

ファイル名は
「mesh.stl」
とする

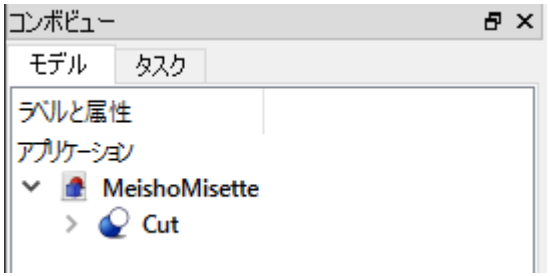
※この時非表示のものは出力されない
Stl出力後、読み込むことできちんと出力できているか確認する

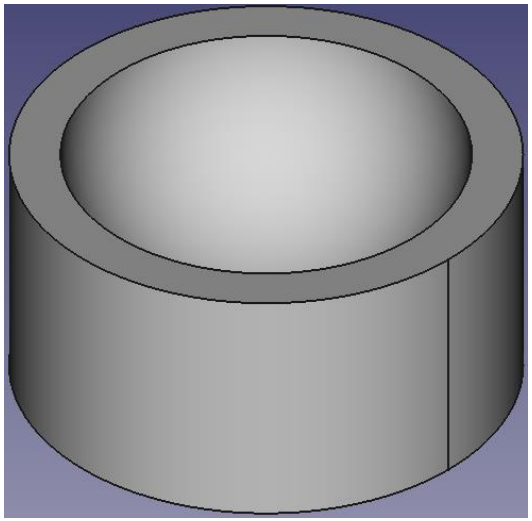
FEMモジュール



Femを選択

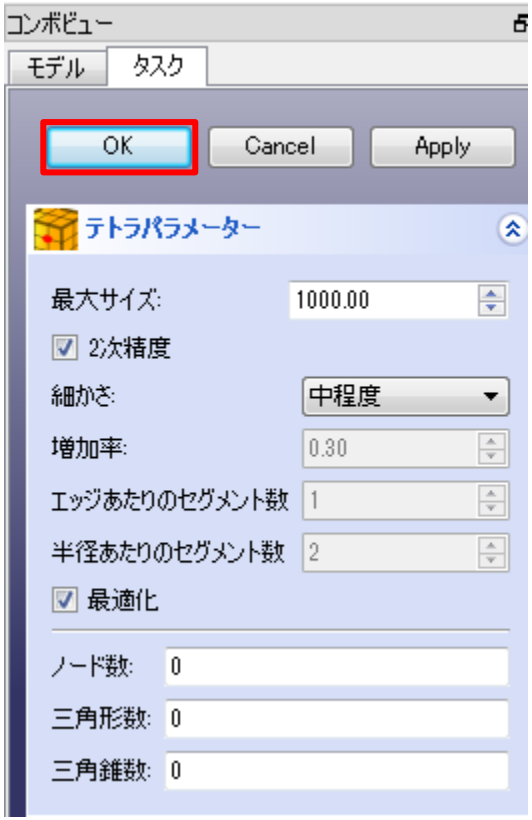
解析対象の形状





解析の設定

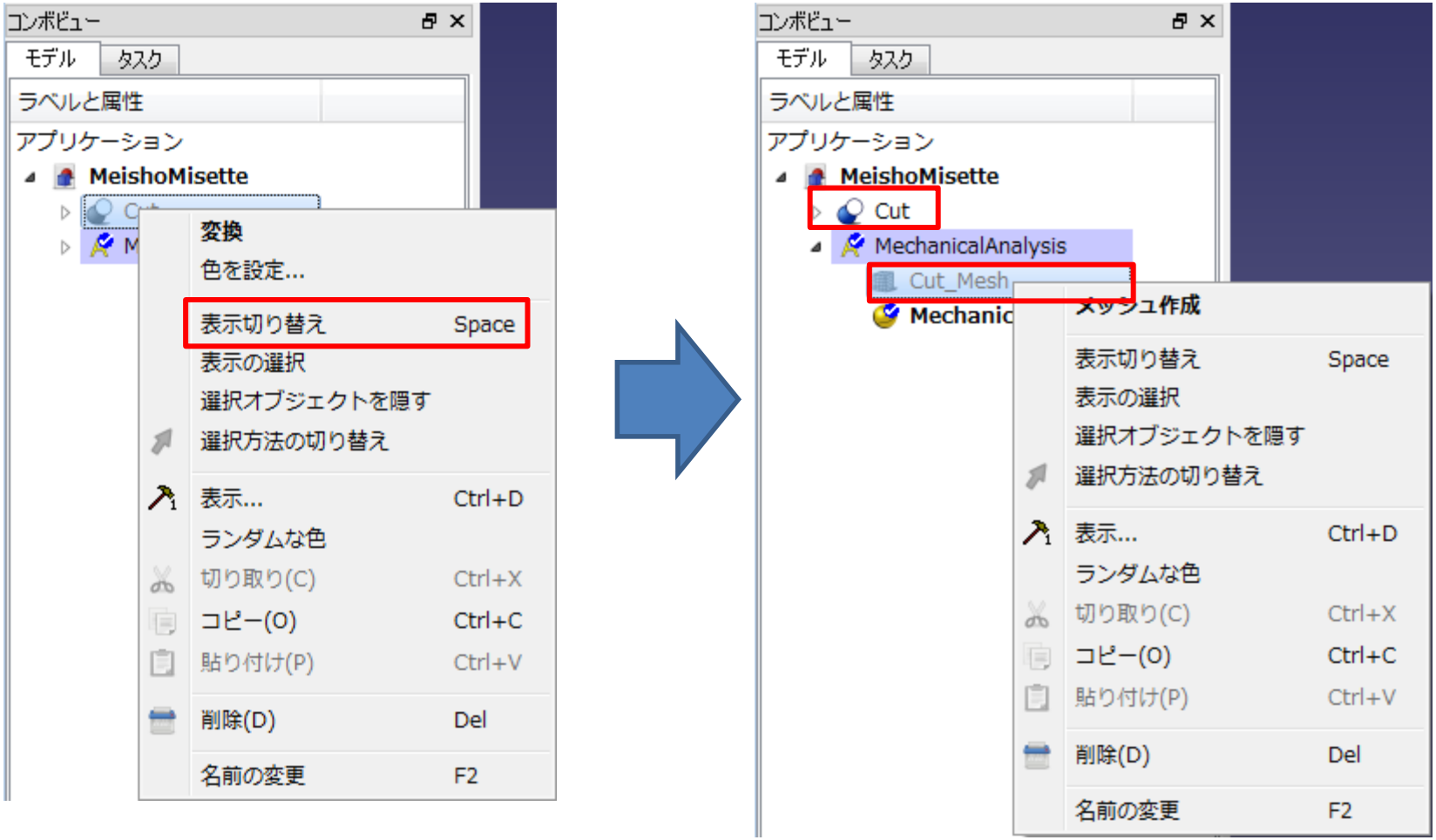
メッシュの作成



材料物性値設定

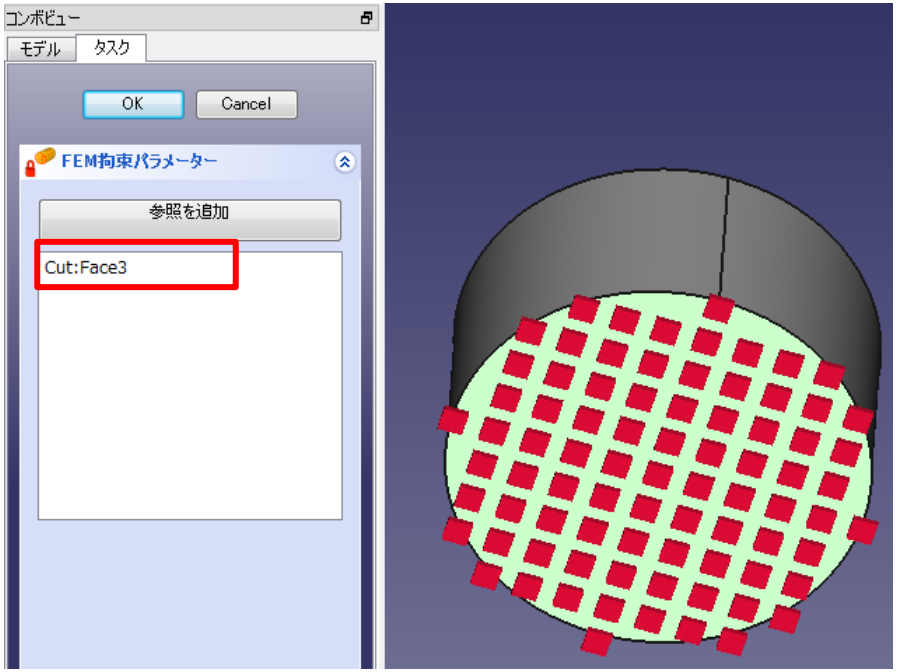
境界条件の設定

ジオメトリを表示しメッシュを非表示にする（ジオメトリからしか境界面の選択ができない）

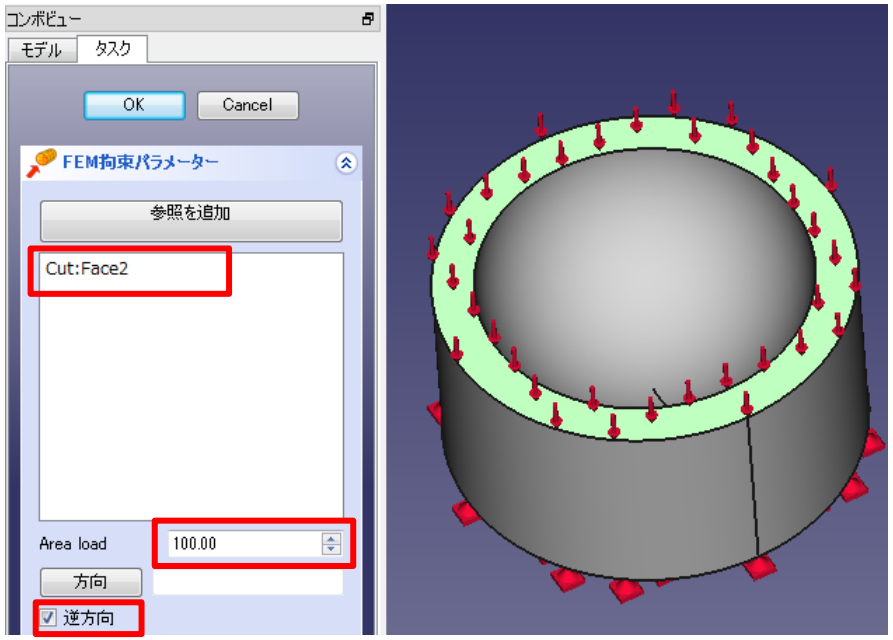


境界条件の設定

拘束条件の設定



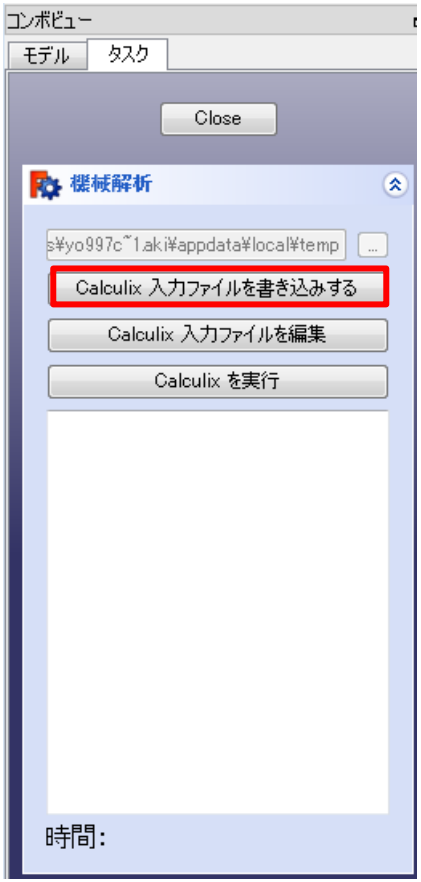
荷重条件の設定

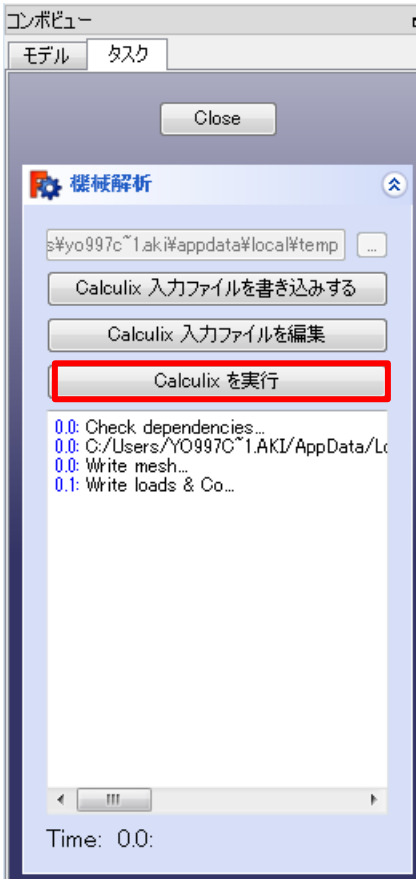


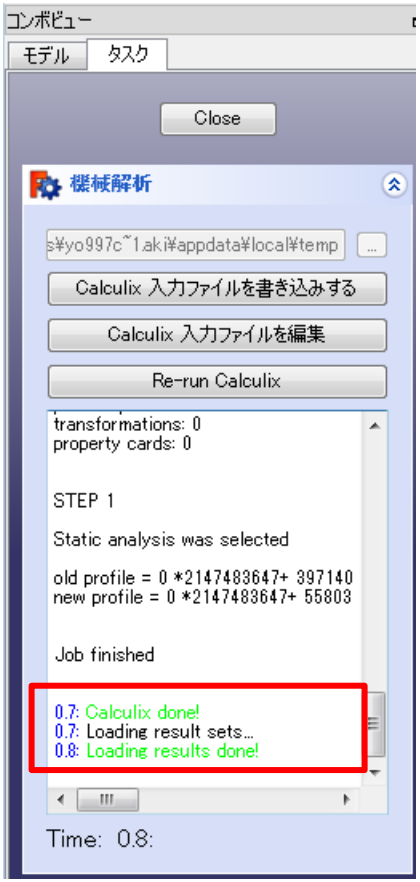
境界条件を設定する面を選択する

解析の実行

解析の実行

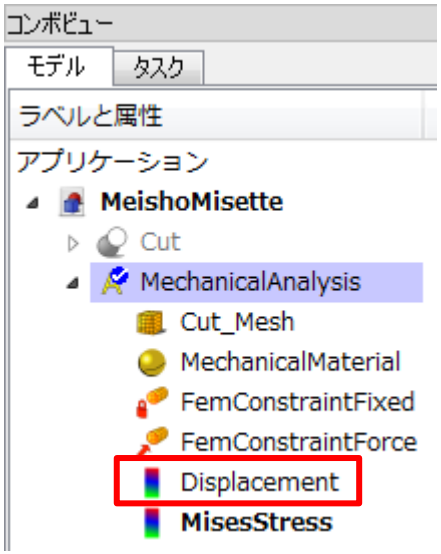

コンボビュー
モデル
タスク
Close
機械解析
s¥yo997c~1.aki¥appdata¥local¥temp
Calculix 入力ファイルを書き込みする
Calculix 入力ファイルを編集
Calculix を実行
時間:


コンボビュー
モデル
タスク
Close
機械解析
s¥yo997c~1.aki¥appdata¥local¥temp
Calculix 入力ファイルを書き込みする
Calculix 入力ファイルを編集
Calculix を実行
0.0: Check dependencies...
0.0: C:/Users/YO997C~1.AKI/AppData/L
0.0: Write mesh...
0.1: Write loads & Co...
Time: 0.0:

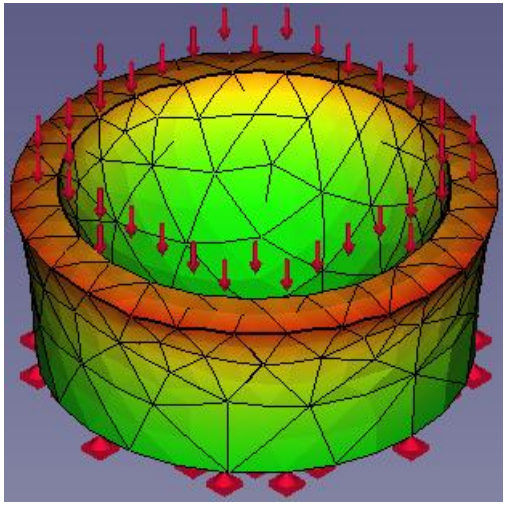

コンボビュー
モデル
タスク
Close
機械解析
s¥yo997c~1.aki¥appdata¥local¥temp
Calculix 入力ファイルを書き込みする
Calculix 入力ファイルを編集
Re-run Calculix
transformations: 0
property cards: 0
STEP 1
Static analysis was selected
old profile = 0 *2147483647+ 397140
new profile = 0 *2147483647+ 55803
Job finished
0.7: Calculix done!
0.7: Loading result sets...
0.8: Loading results done!
Time: 0.8:

結果の表示

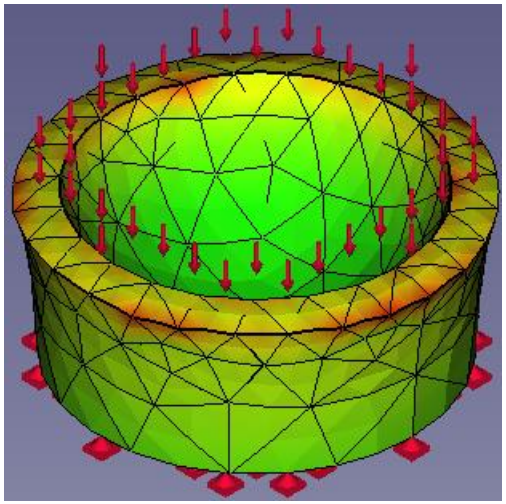
ポスト処理



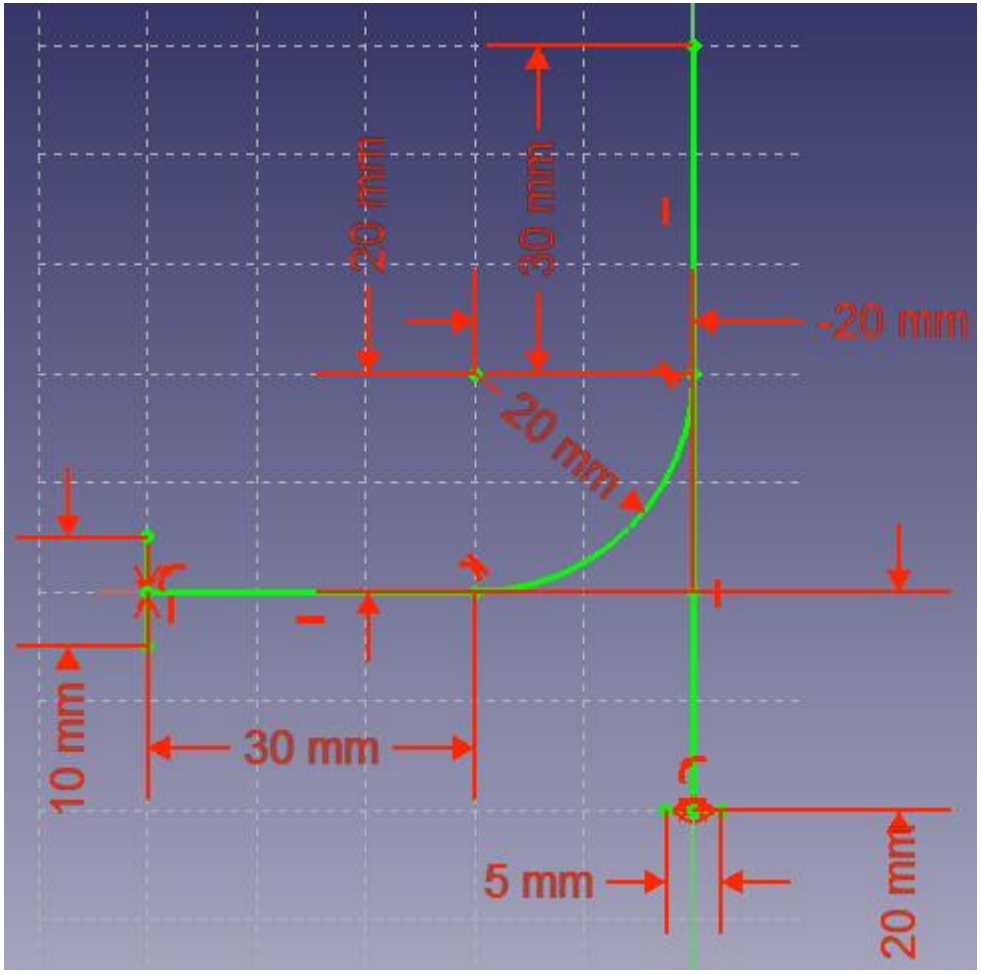
変位

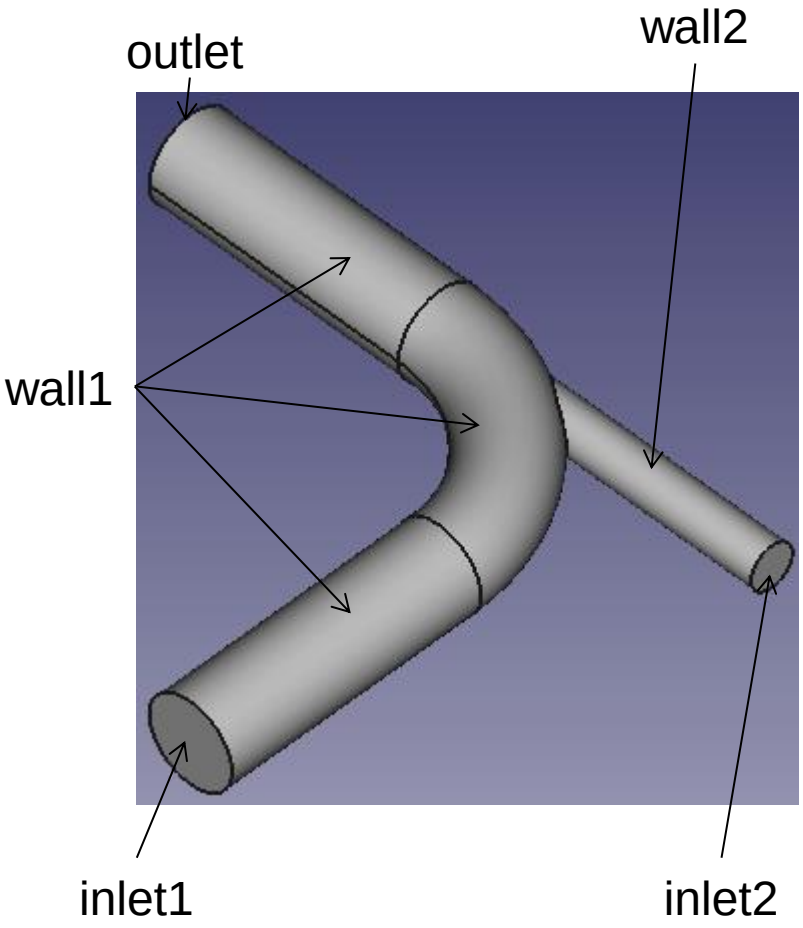


ミーゼス応力



演習1 ミキシングエルボ



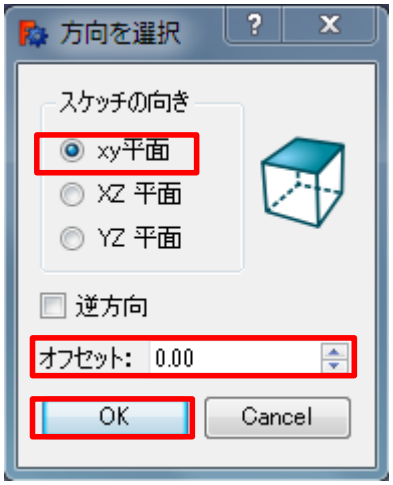


スイープ経路の作成

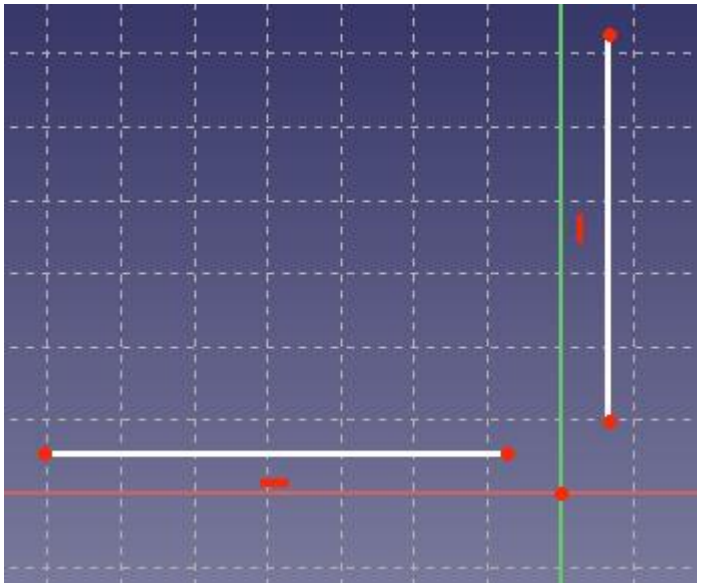
直線の作成

点の拘束

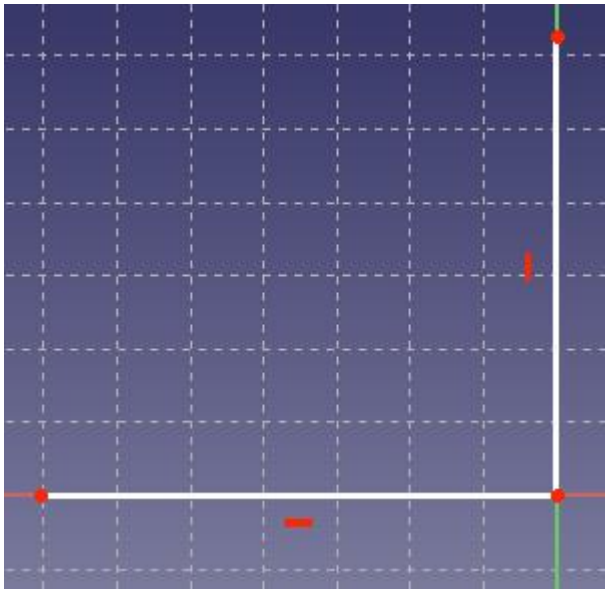
スケッチ平面の定義



直線の作成



点の拘束



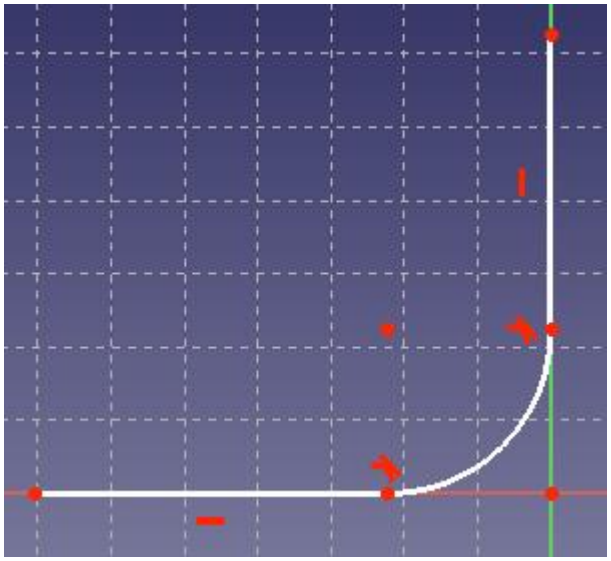
スイープ経路の作成

フィレットの作成

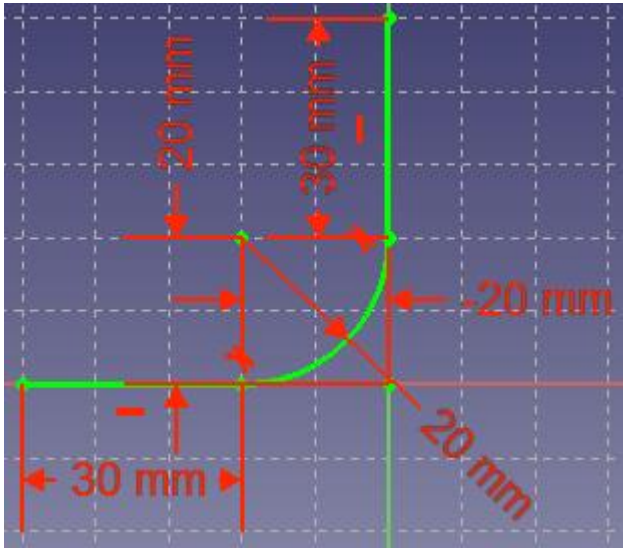
点の座標拘束　半径拘束

長さ拘束

フィレットの作成

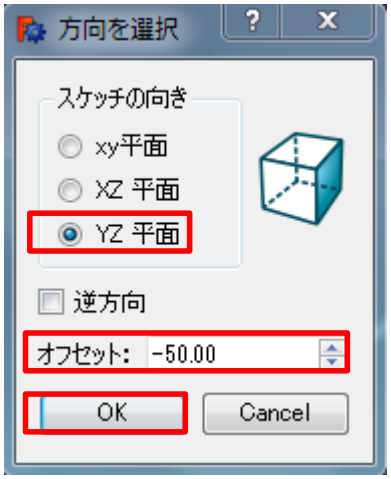


拘束の設定

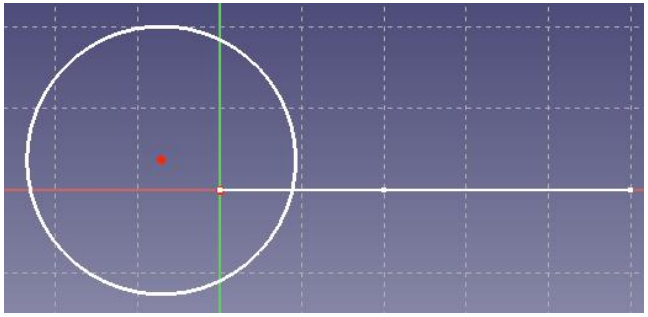


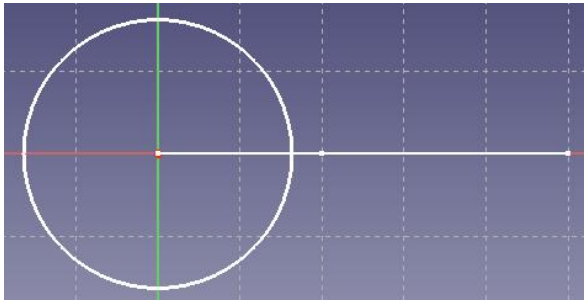
スイープ断面の作成

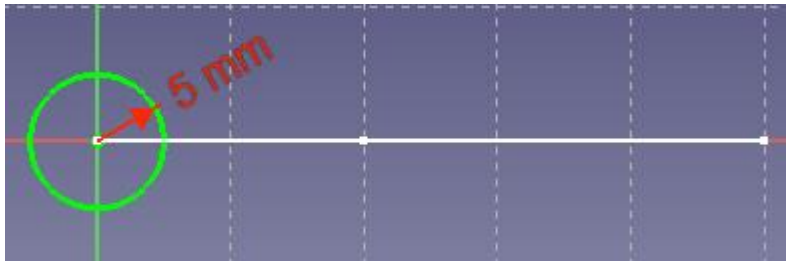
スケッチ平面の定義

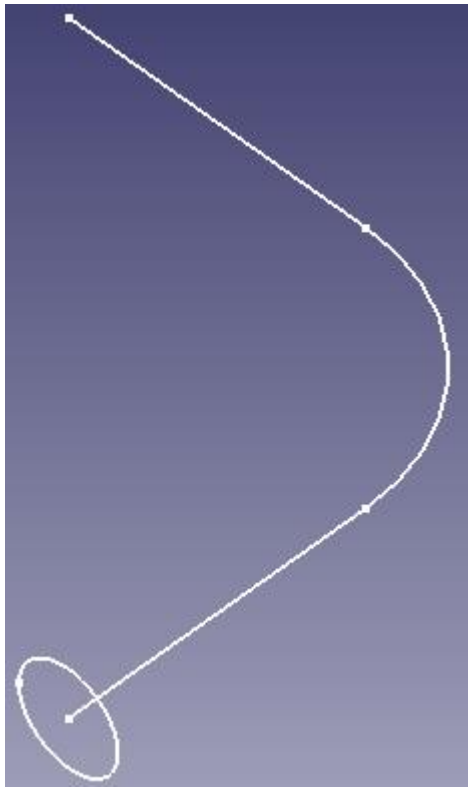


円の作成

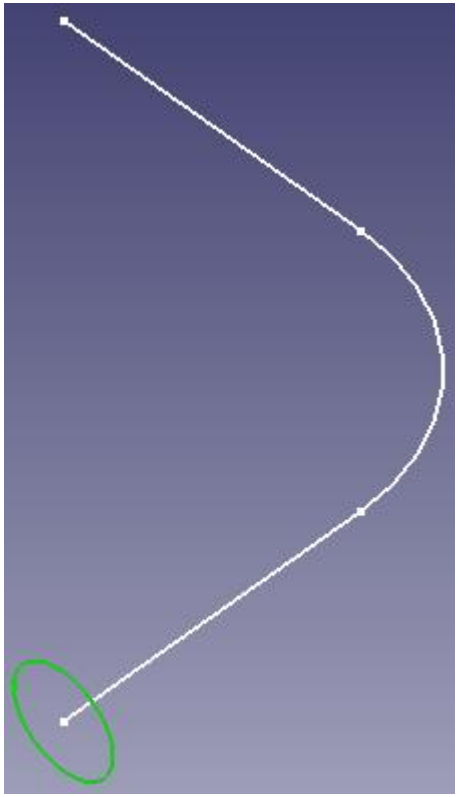








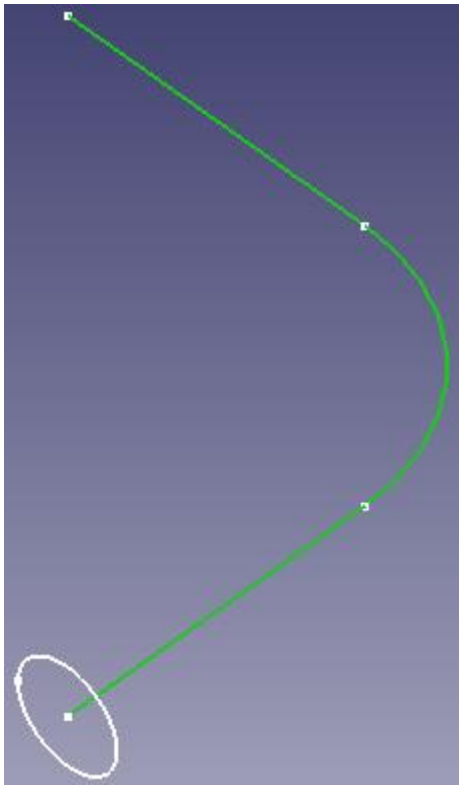
スイープの作成

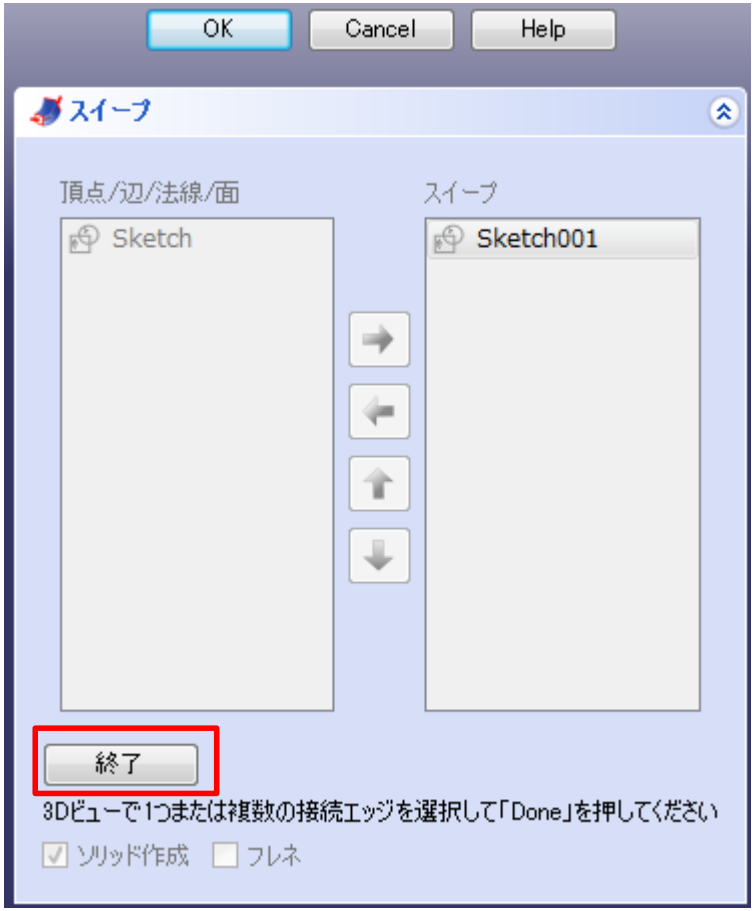


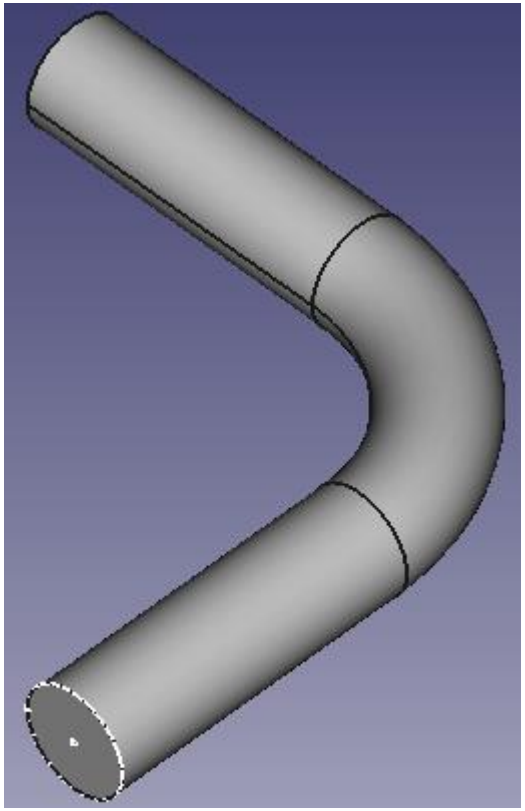
スイープ断面スケッチを選択
右→を選択
ソリッド作成にチェック
スイープ経路を選択

スイープの作成

スイープ経路をCtrlを押しながら全部選択
終了を選択



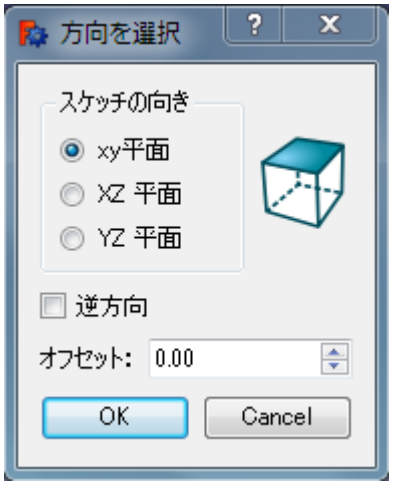


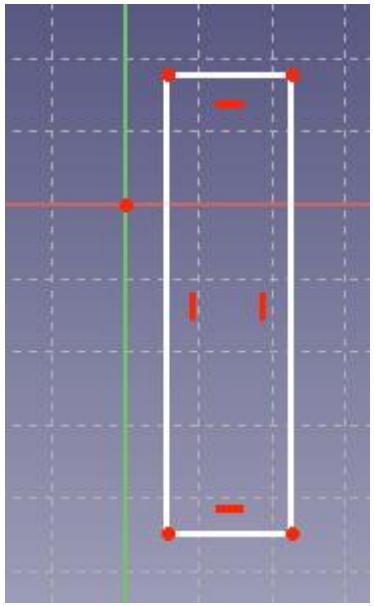


回転押出しを作成

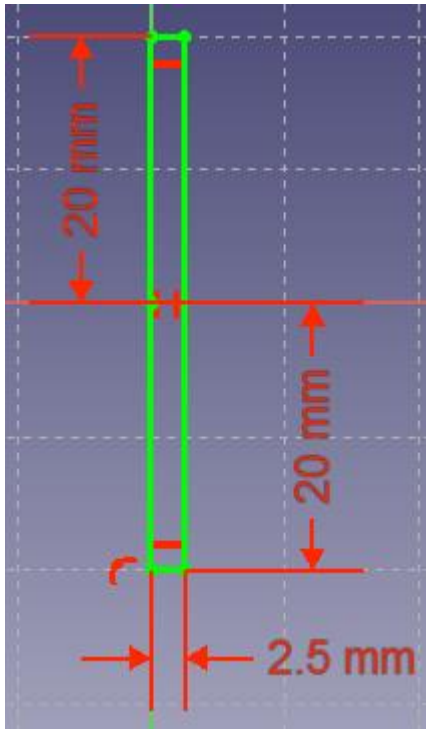
スイープを非表示にする

スケッチ平面の定義



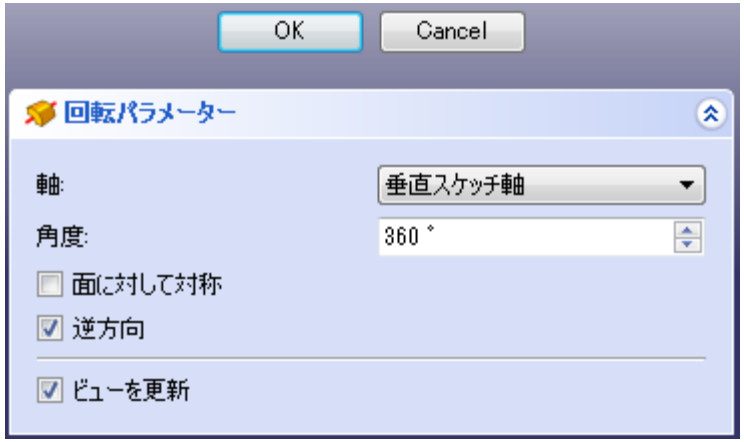


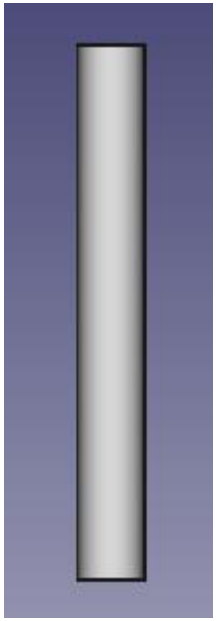
拘束の定義



回転押出しを作成

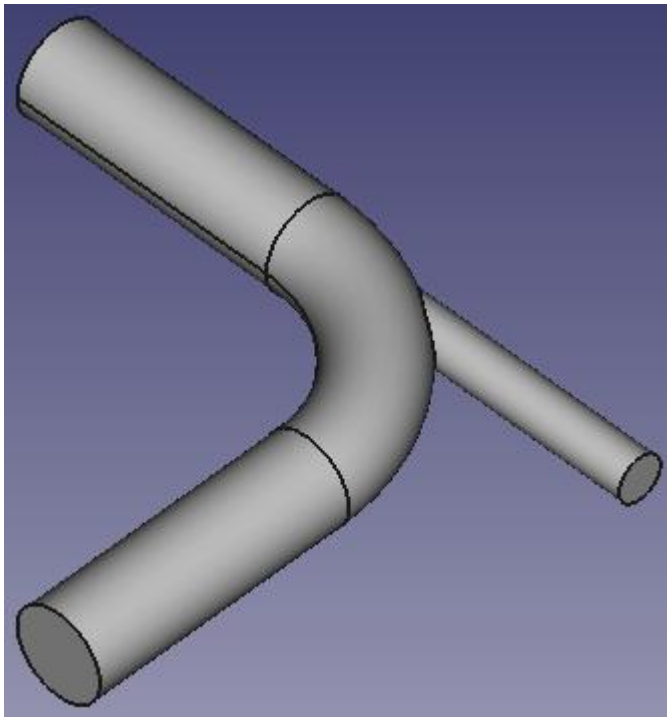
スケッチの回転押出し

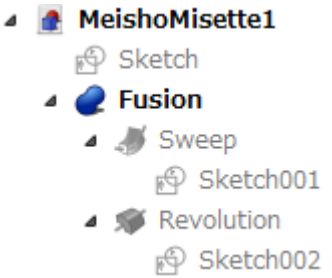




ブーリアン演算

Close
Apply
論理演算
論理演算
結合
差集合
共通集合
セクション
1番目の図形
ソリッド
Sweep
Revolution
シェル
複合体
面
2番目の図形
ソリッド
Sweep
Revolution
シェル
複合体
面
選択の反転

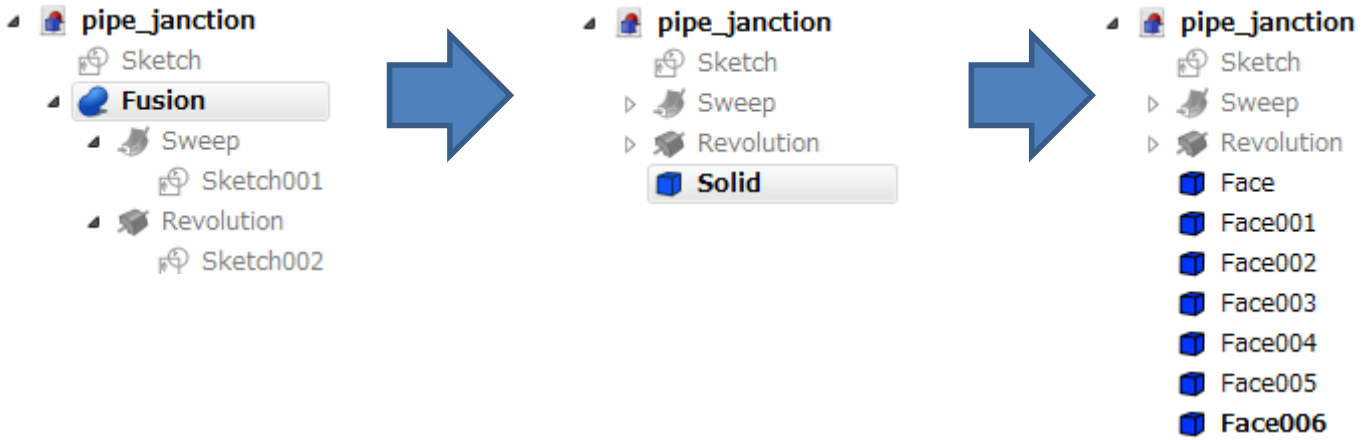



MeishoMisette1
Sketch
Fusion
Sweep
Sketch001
Revolution
Sketch002

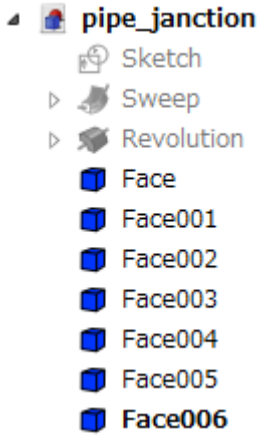
STL出力

2回繰り返す

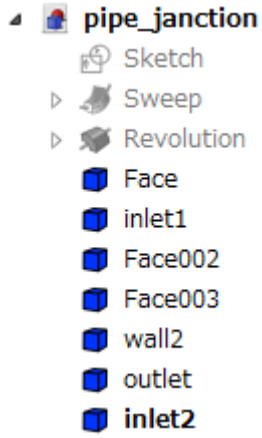
Faceに分解する

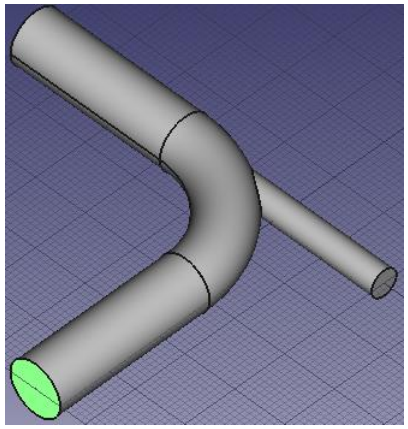


STL出力

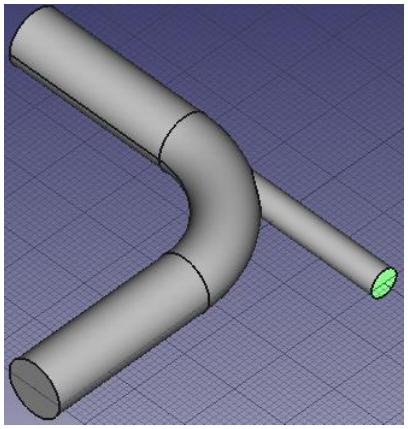


名前の変更

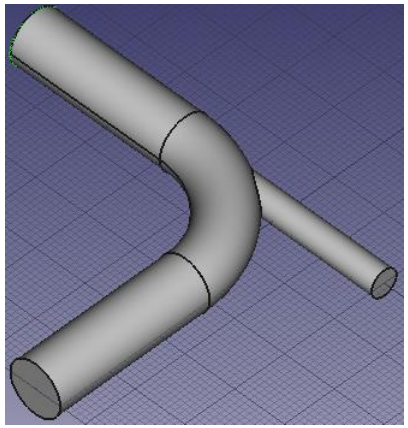




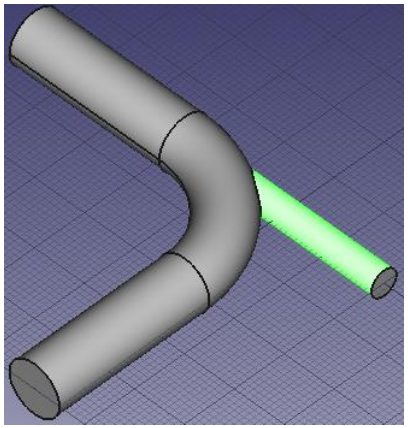
inlet1



inlet2

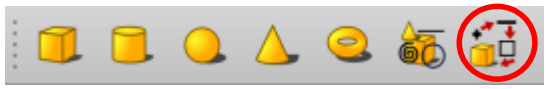


outlet

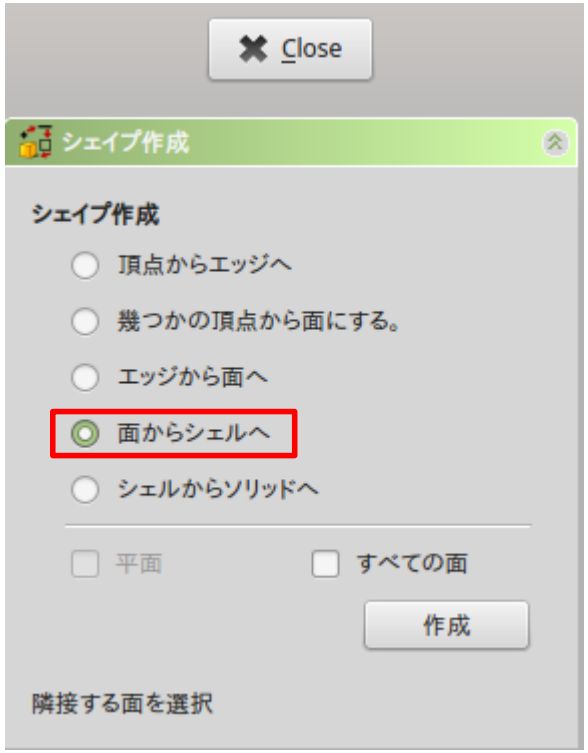


wall2

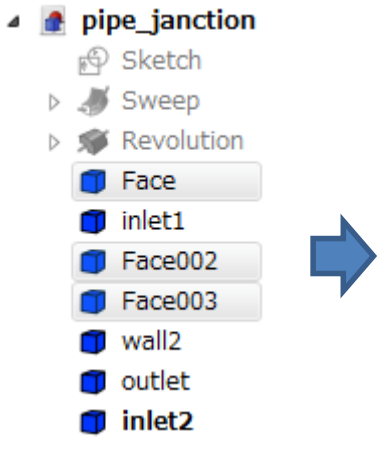
STL出力

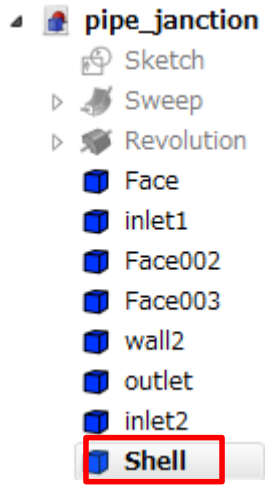


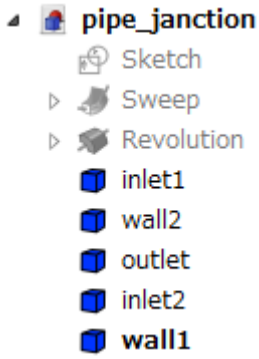
Faceの結合



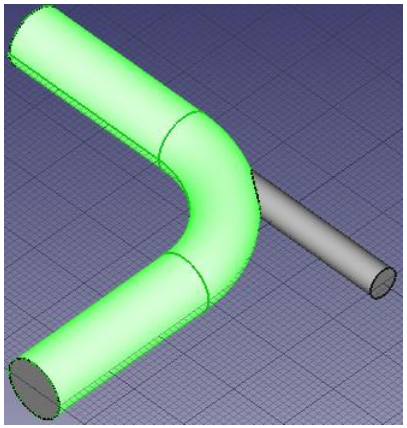
面からシェルへ
Ctrlを押しながら選択







Shellが作成される
名前の変更→wall1
不要になったFaceは削除



wall

STL出力

マクロ>マクロ

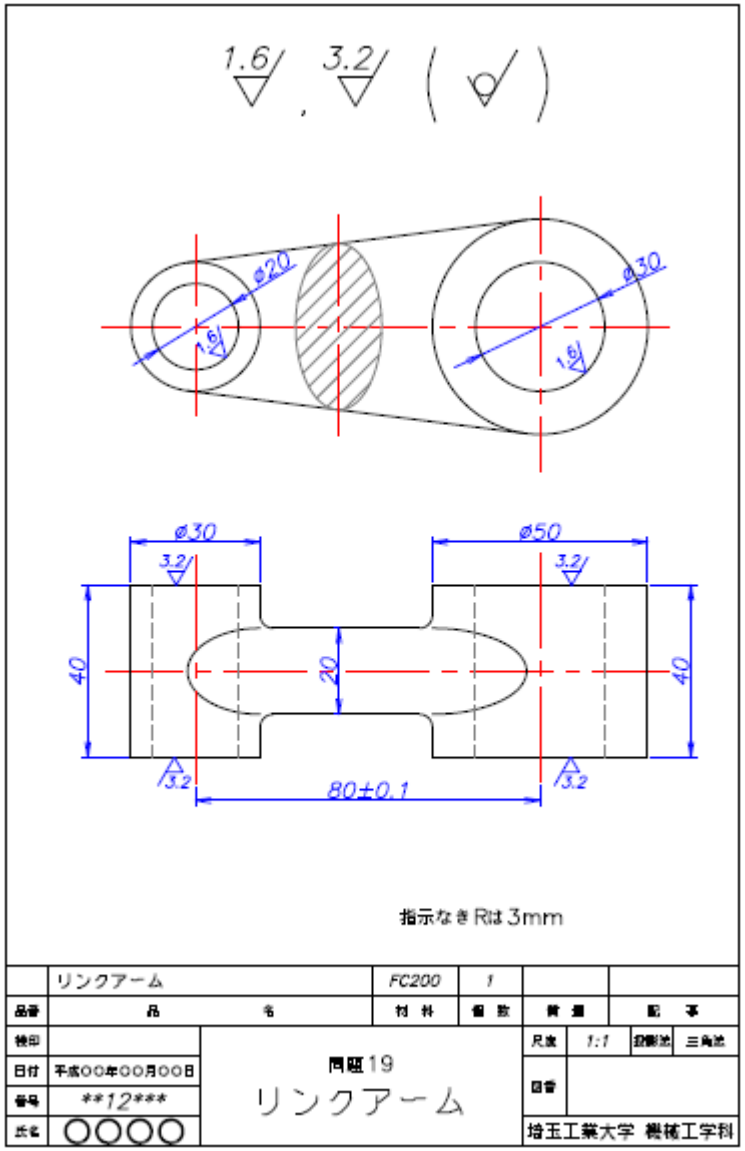
exportStl.py>実行

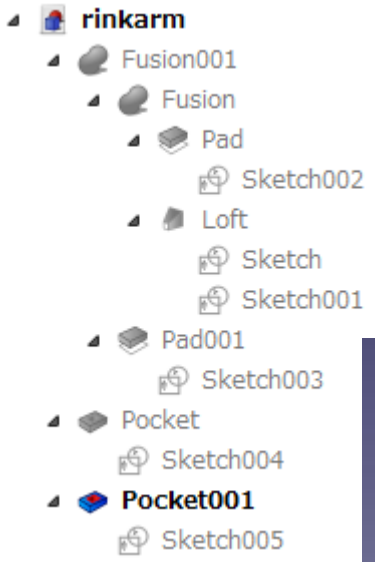
保存先
ファイル名
を指定して保存

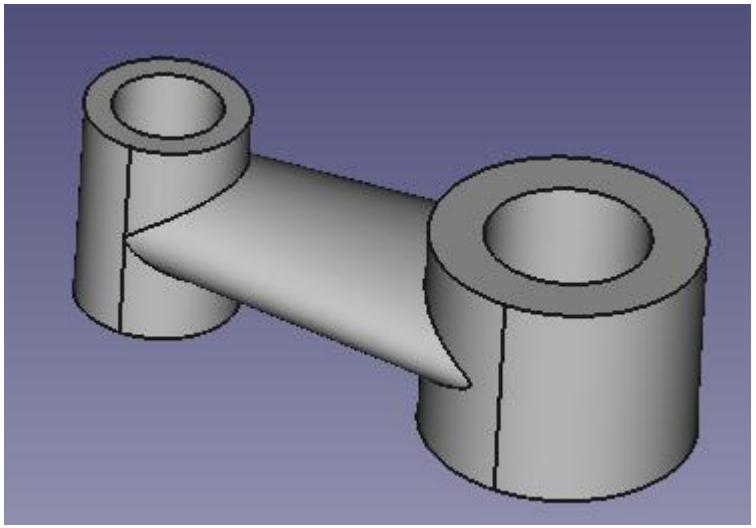
ファイル名は
「pipe.stl」
とする

※この時非表示のものは出力されない
不要なパーツは非表示にする（特に履歴中のスケッチ）
Stl出力後、読み込むことできちんと出力できているか確認する

演習2 リンクアーム



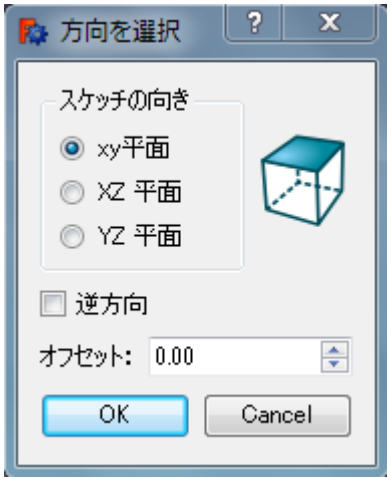


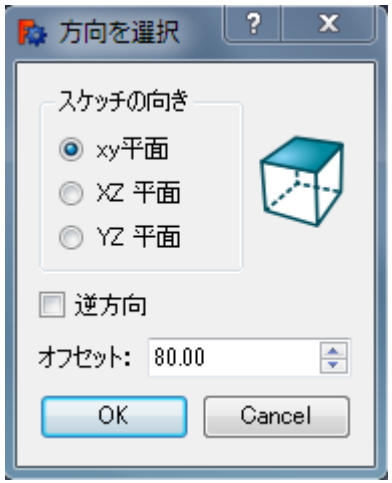


http://www.sit.ac.jp/user/konishi/JPN/Lecture/CAD/CAD_2ndAll.pdf#search='%E6%A9%9F%E6%A2%B0%E8%A3%BD%E5%9B%B3+%E3%82%B5%E3%83%B3%E3%83%97%E3%83%AB%E5%9B%B3%E9%9D%A2'

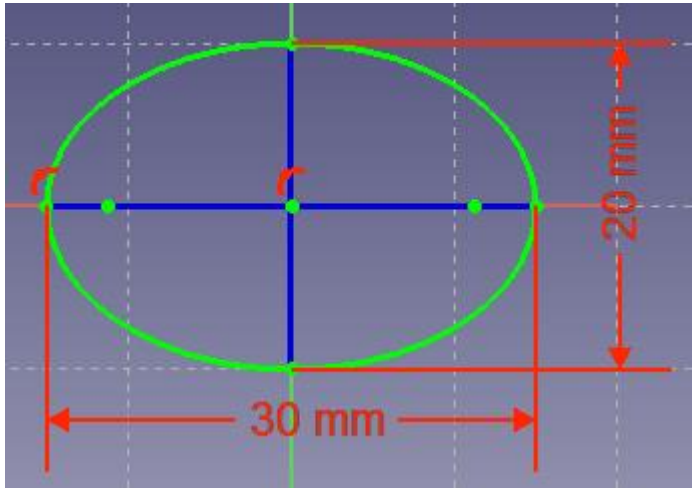
楕円の作成

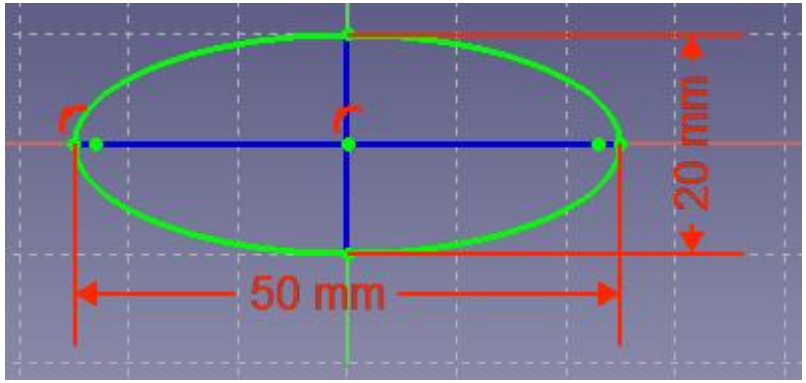
Part Design





楕円の拘束
楕円中心
長軸、短軸の長さ
長軸or短軸の位置



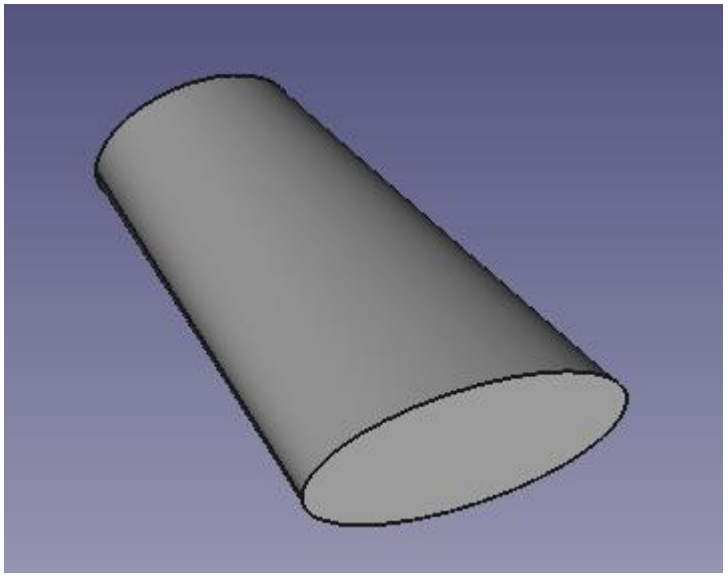


ロフトの作成

Part

スケッチを選択

ロフトの断面を選択

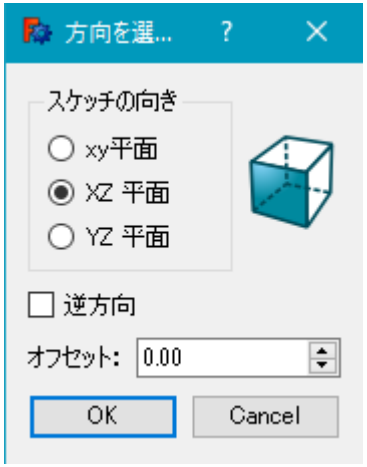


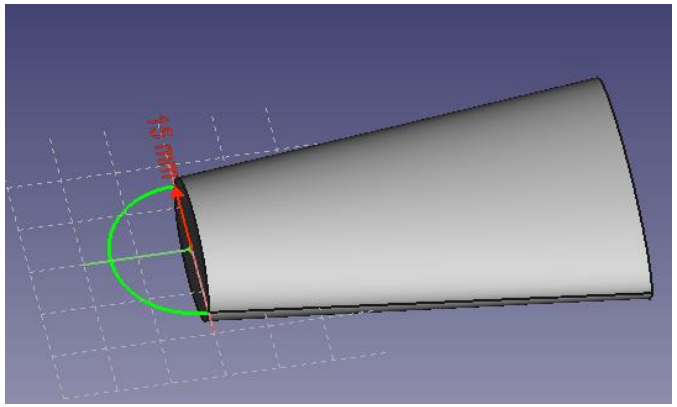
ソリッドを作成する場合はチェック

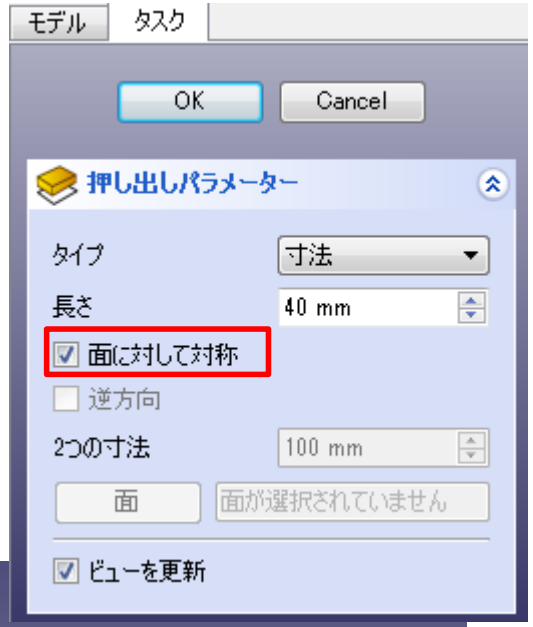
円柱の作成

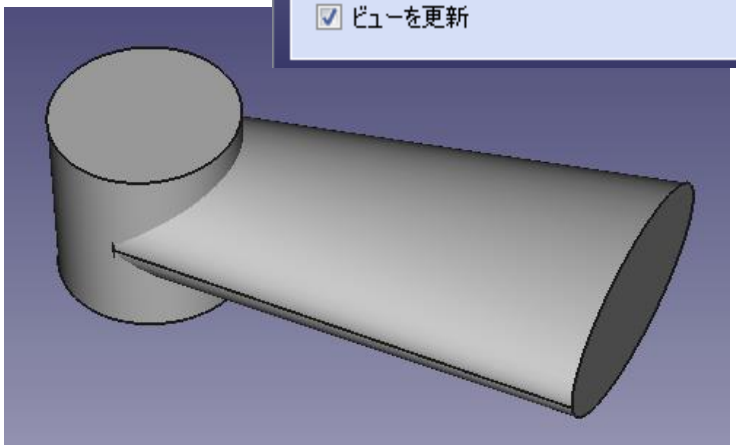
Part Design

スケッチを作成





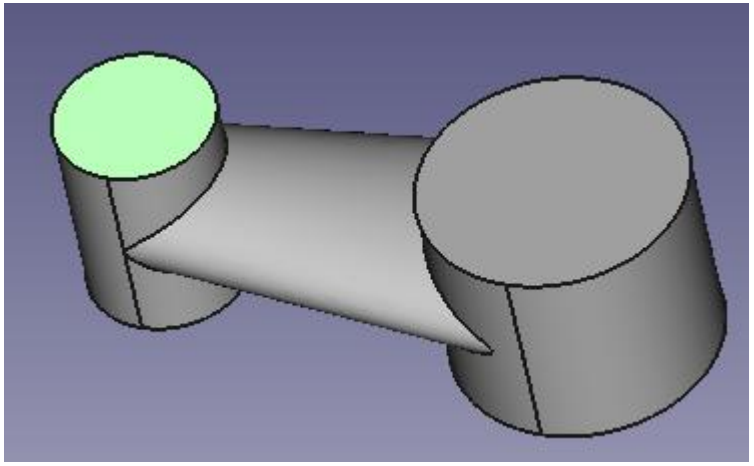


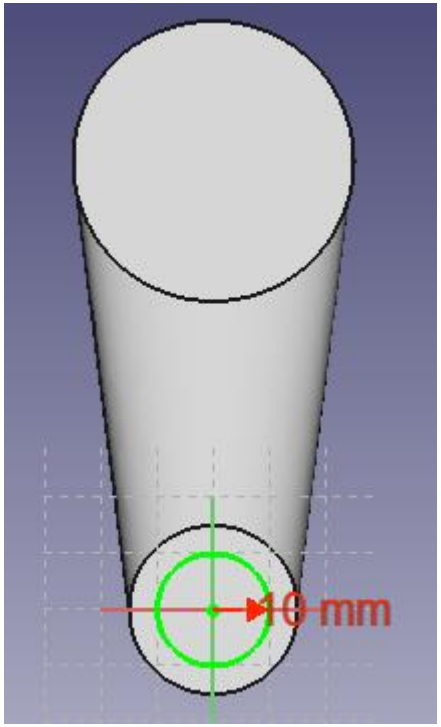


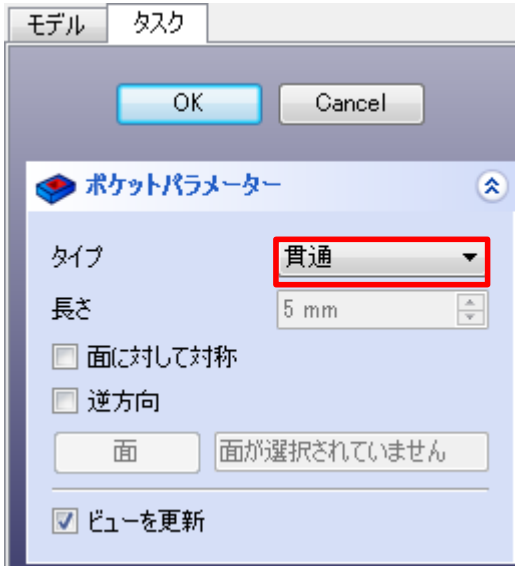
円柱のカット

Part Design

カットする面を選択後スケッチを作成

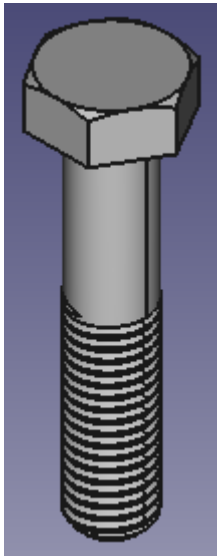




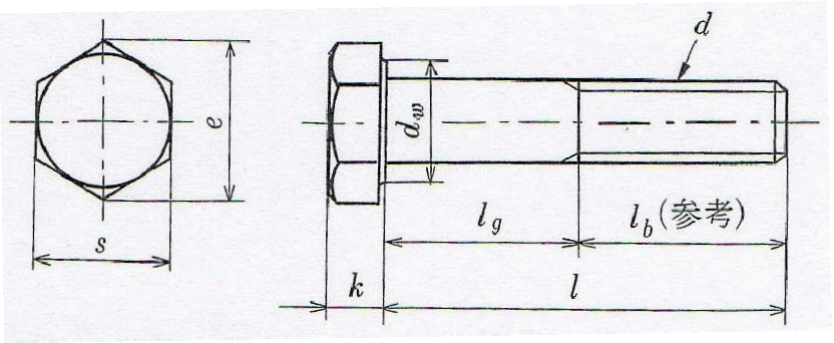


演習3 六角ボルト

- M10
  - Pad
    - Sketch
  - Cut
    - Pad001
      - Sketch001
    - Revolution
      - Sketch002
    - 螺旋
  - Cut001
    - Chamfer
    - Sweep
      - Sketch003
  - Pocket
    - Sketch004



M10諸元
D=10
P=1.5
s=16
k=6.4
l=50
lg=24
lb=28



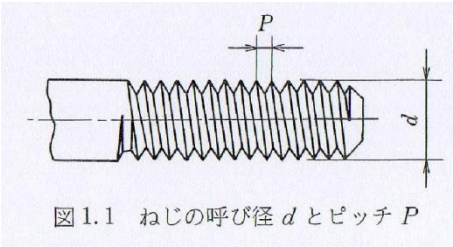


図 1.1 ねじの呼び径 d とピッチ P

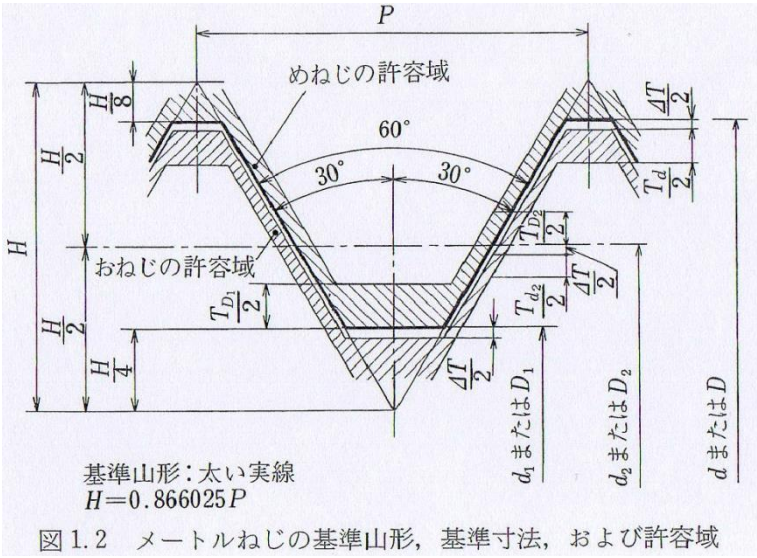
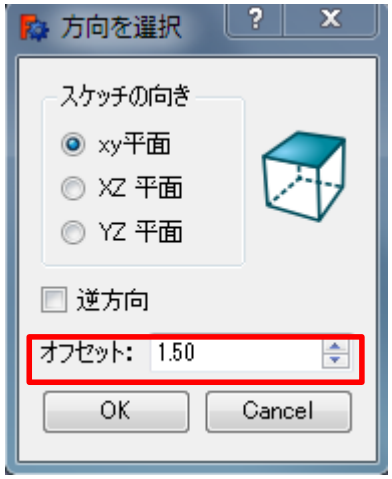


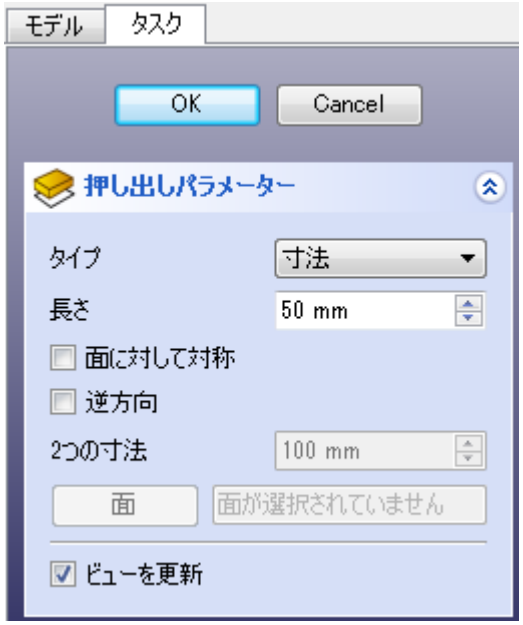
図 1.2 メートルねじの基準山形，基準寸法，および許容域

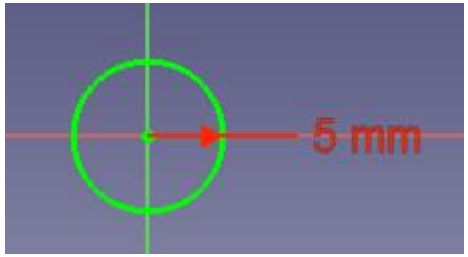
ねじ締結の原理と設計
著者：山本晃 発行所：養賢堂

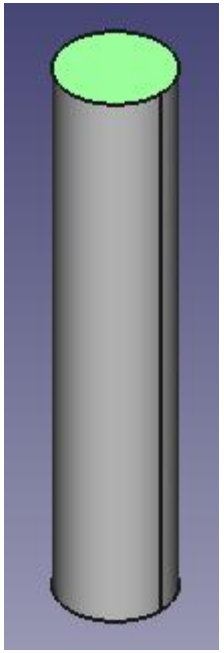
ボルト軸の作成



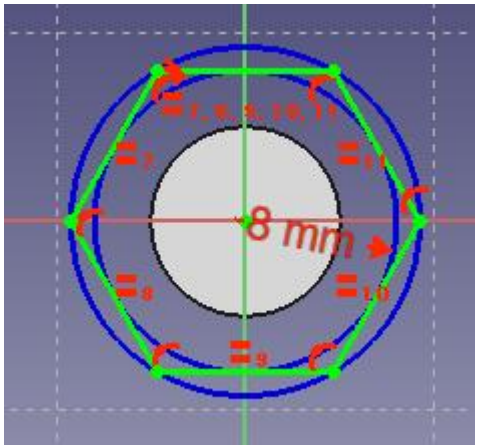
1ピッチオフセットしておくと後が楽

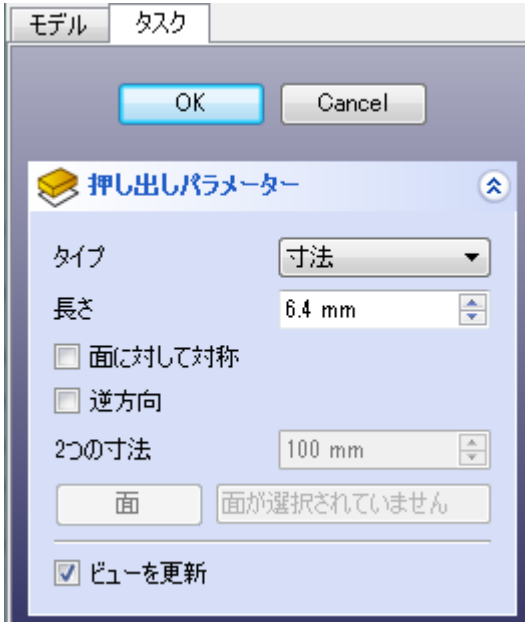


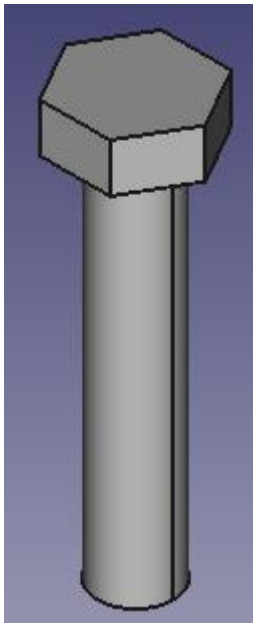




ボルトの頭の作成

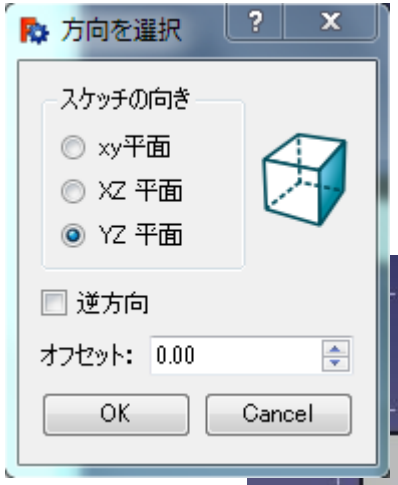


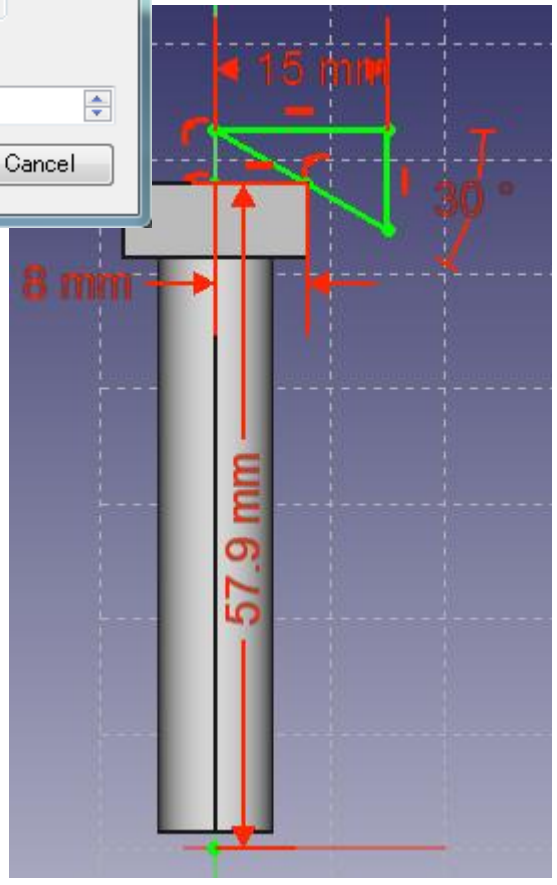


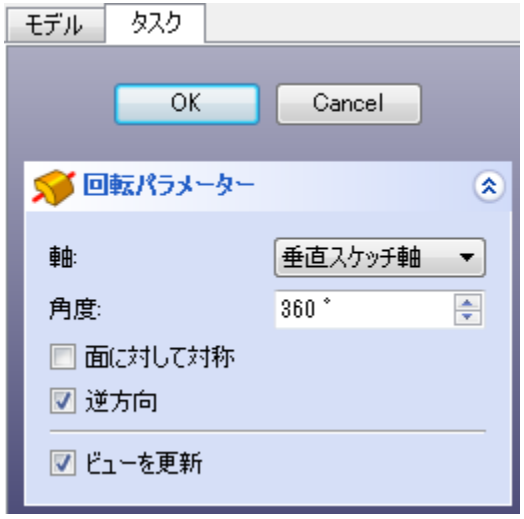


正六角形を作成し内接円を拘束する

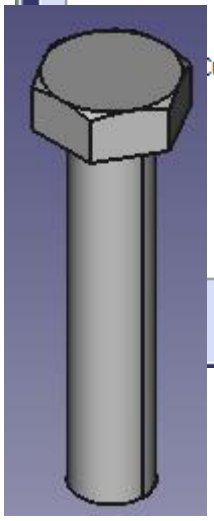
ボルトの頭の作成


方向を選択
スケッチの向き
xy平面
XZ 平面
YZ 平面
逆方向
オフセット: 0.00
OK
Cancel


15 mm
30°
8 mm
57.9 mm

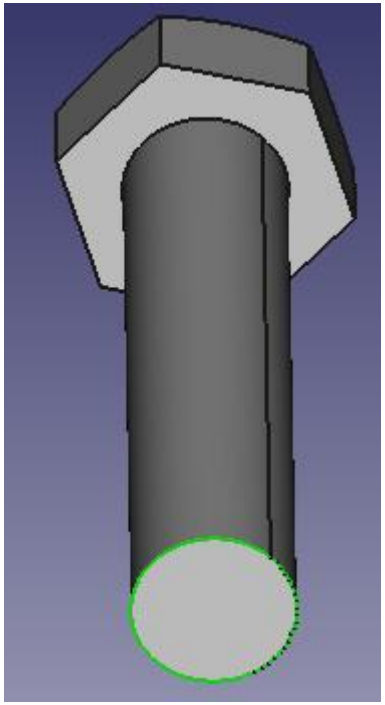

モデル
タスク
OK
Cancel
回転パラメーター
軸:
垂直スケッチ軸
角度:
360 °
面に対して対称
逆方向
ビューを更新

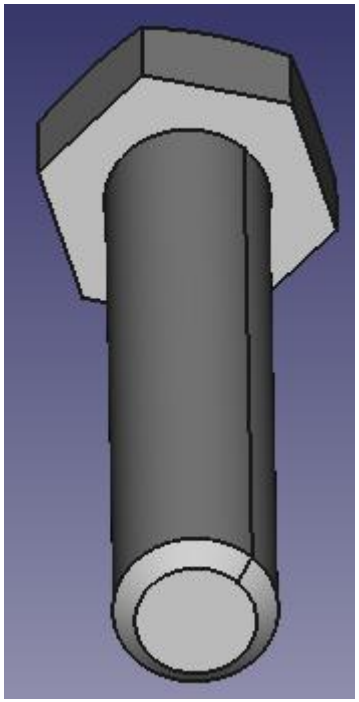
モデル
タスク
Close
Apply
論理演算
論理演算
結合
差集合
共通集合
セクション
1番目の図形
2番目の図形
ソリッド
Pad
Pad…
Rev…
シエル
複合体
Cut
面
選択の反転



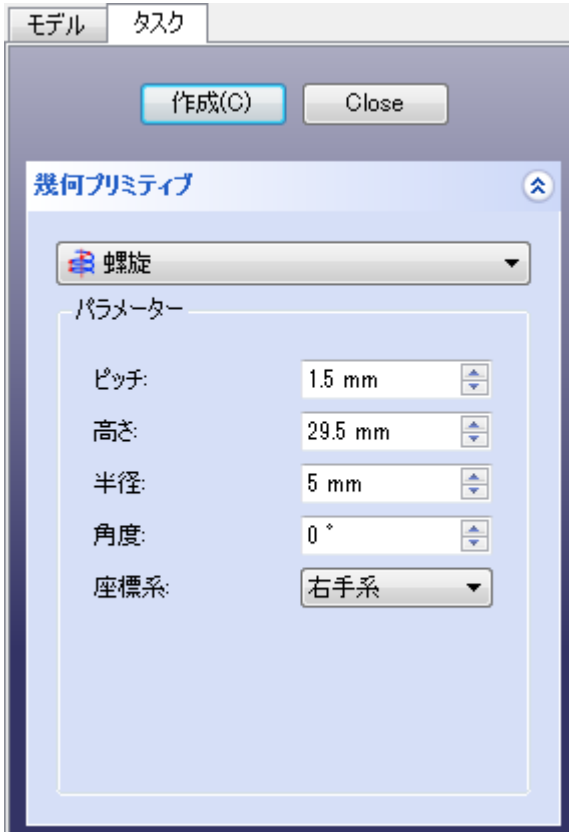
ボルト軸部の面取りの作成

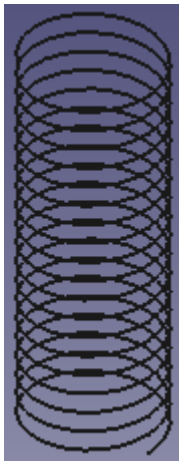
エッジ選択後面取りアイコンを選択

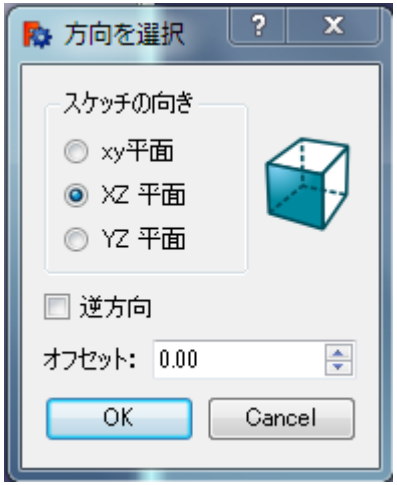


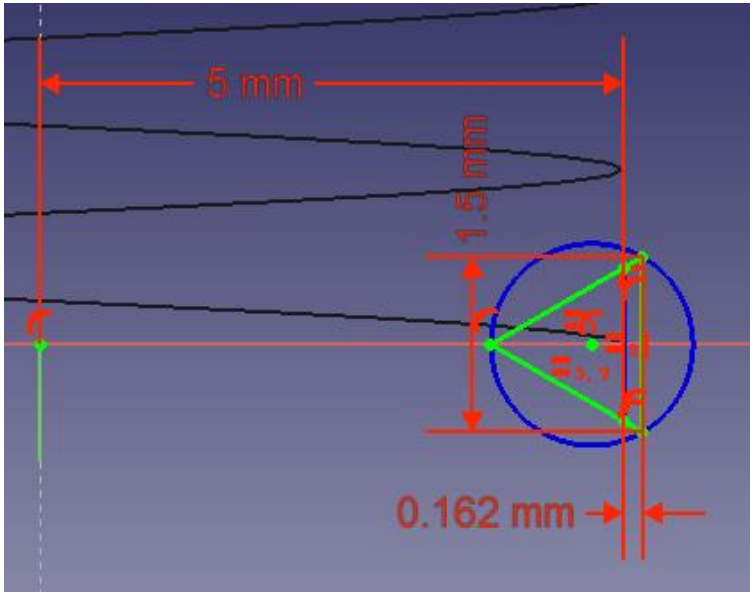


ねじ部の作成

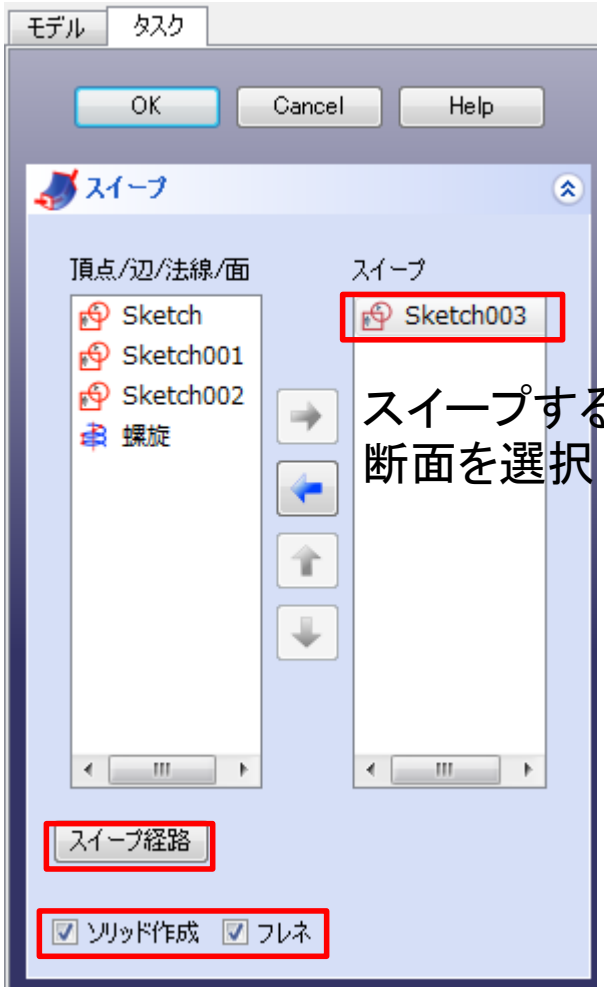

モデル
タスク
作成(C)
Close
幾何プリミティブ
螺旋
パラメーター
ピッチ: 1.5 mm
高さ: 29.5 mm
半径: 5 mm
角度: 0 °
座標系: 右手系



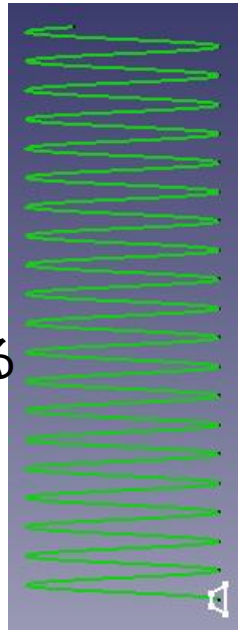

方向を選択
スケッチの向き
xy平面
XZ 平面
YZ 平面
逆方向
オフセット: 0.00
OK
Cancel

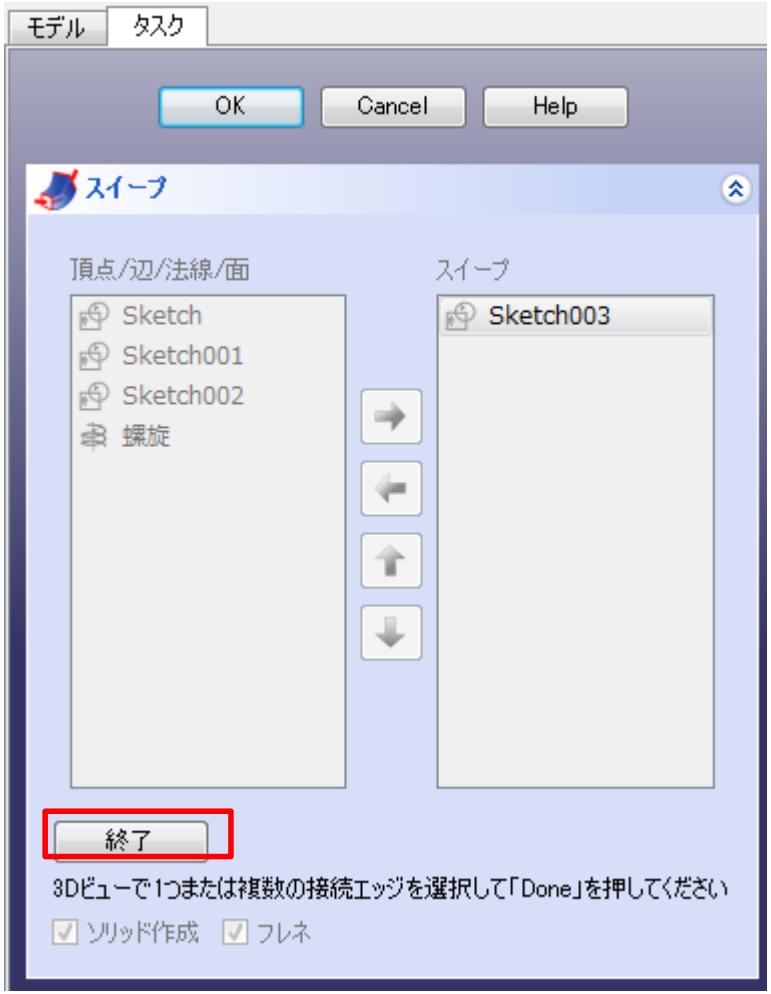

5 mm
1.5 mm
0.162 mm

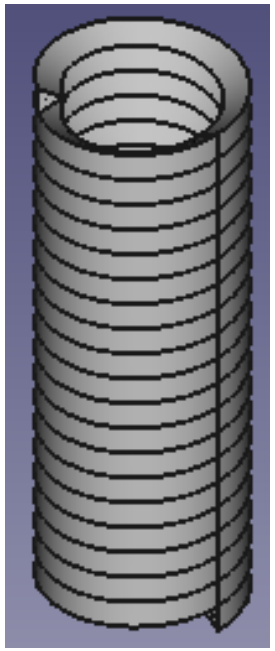
ねじ部の作成



スイープする
断面を選択



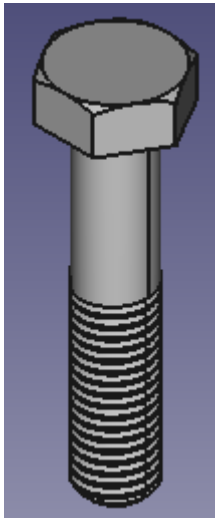


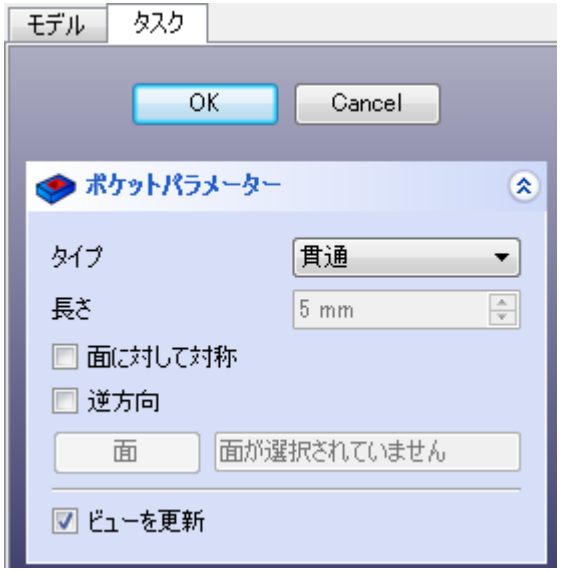


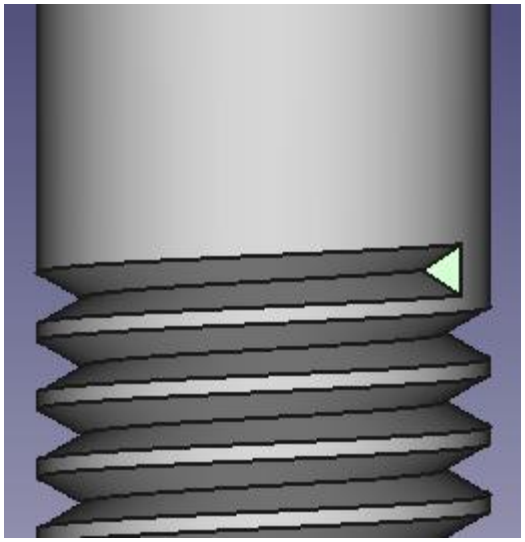
螺旋をすべて選択
選択後終了をクリック

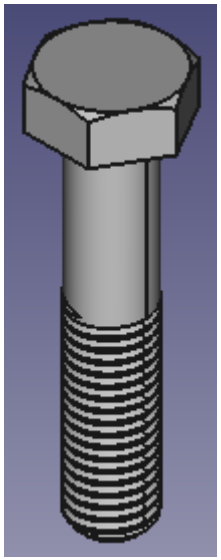
ねじ部の作成（端部処理）

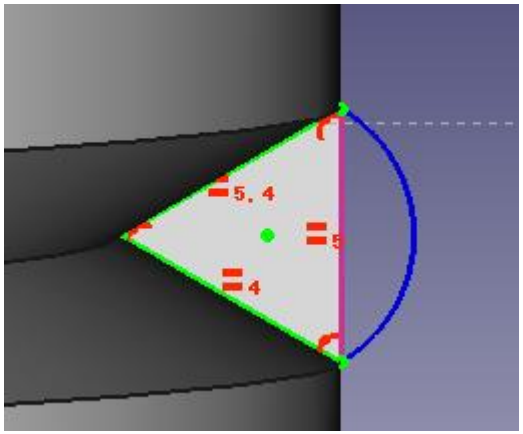
モデル
タスク
Close
Apply
論理演算
論理演算
結合
差集合
共通集合
セクション
1番目の図形
2番目の図形
ソリッド
Pad
Pa…
Re…
Sw…
シエル
複合体
Cut
Ch…
面
選択の反転

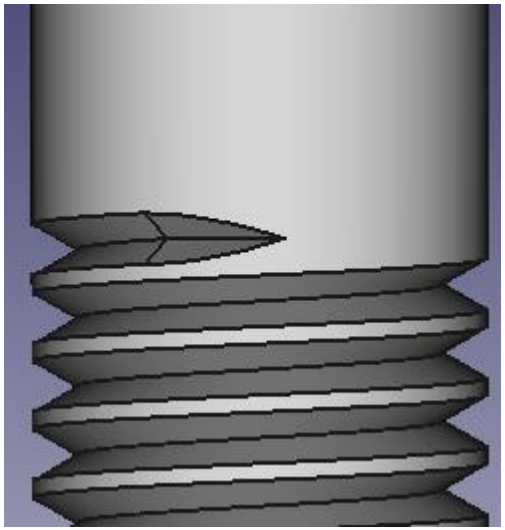



モデル
タスク
OK
Cancel
ポケットパラメーター
タイプ
貫通
長さ
5 mm
面に対して対称
逆方向
面
面が選択されていません
ビューを更新






5.4
5
4



参考文献

- 絵ときでわかる3次元CADの本
  - 著者：水野操　発行所：日刊工業新聞社
- 3次元CAD「SolidWorks」練習帳
  - 編者：㈱アドライズ　発行所：日刊工業新聞社
- ねじ締結の原理と設計
  - 著者：山本晃　発行所：養賢堂
- http://www.geocities.jp/penguinitis2002/study/OpenFOAM/FreeCAD/FreeCAD.html
- http://www.sit.ac.jp/user/konishi/JPN/Lecture/CAD/CAD_2ndAll.pdf#search='%E6%A9%9F%E6%A2%B0%E8%A3%BD%E5%9B%B3+%E3%82%B5%E3%83%B3%E3%83%97%E3%83%AB%E5%9B%B3%E9%9D%A2'
  - AutoCADによるCAD基礎製図（第2版） 小西克享著

Copyright © 2015 The Open CAE Society of Japan

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/