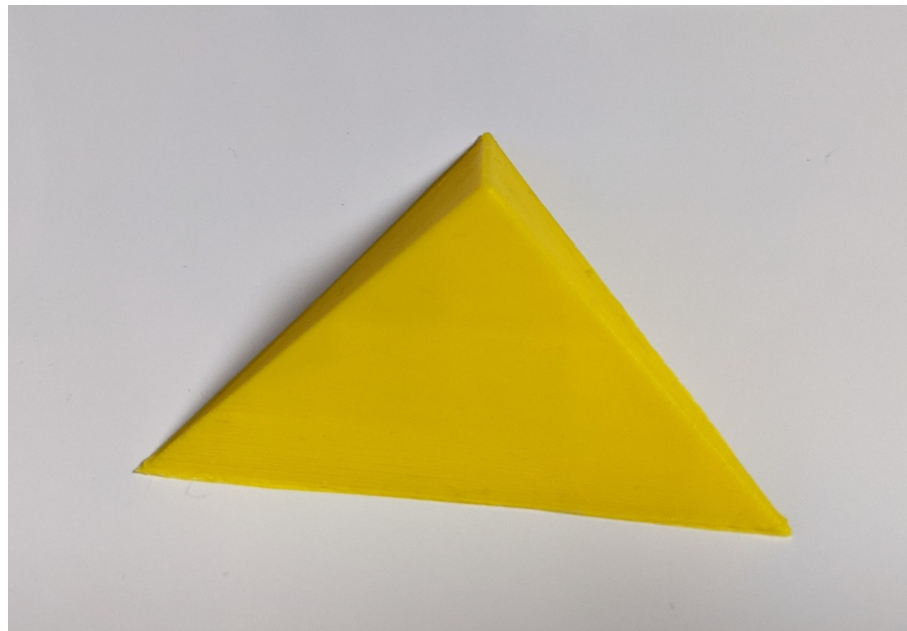


3Dプリンターを利用した 硬さ試験用圧子・圧痕の3Dモデルの製作



キューブコーナー圧子 (立方体の角と同じ形状)の3Dモデル, 幅約6cm大

○宮原 健介 (物質・材料研究機構)

山本 卓 (山本科学工具研究社)

はじめに

硬さ試験の圧子は、それぞれ固有の形状を持つ

例: ビッカース圧子（四角錐）、バーコビッチ圧子（三角錐）、ロックウェル圧子（先端が球面となっている円錐）など

形状を知っていても、「体感できる」機会は少ない

圧子: 小さいので、形状を把握しにくい

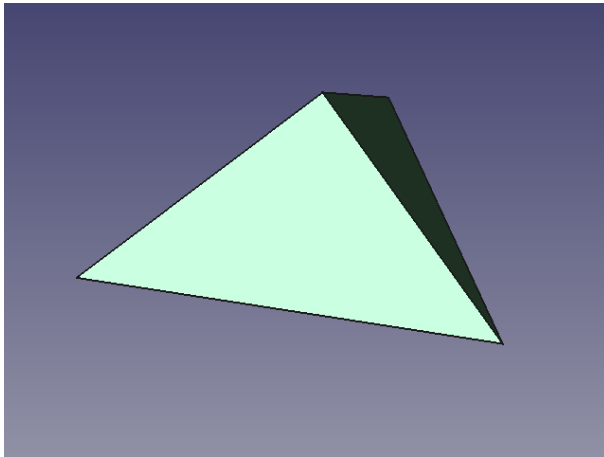
圧痕: さらに小さく、凹んでいるため、一層困難

そこで、本技術資料では圧子・圧痕の3次元モデルを3Dプリンターで製作した。形状を体感することで、硬さ試験に対する理解もより深まることが期待できる。

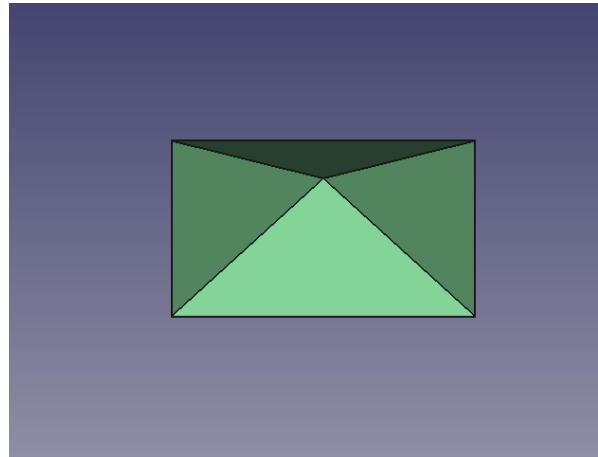
1. 3次元モデルの設計

3次元CAD(3D-CAD)を使って, 3Dモデルを設計する。

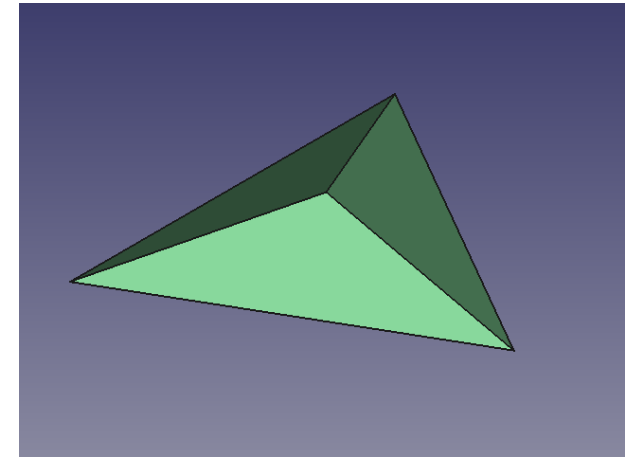
使用ソフト: FreeCAD version 0.19.2



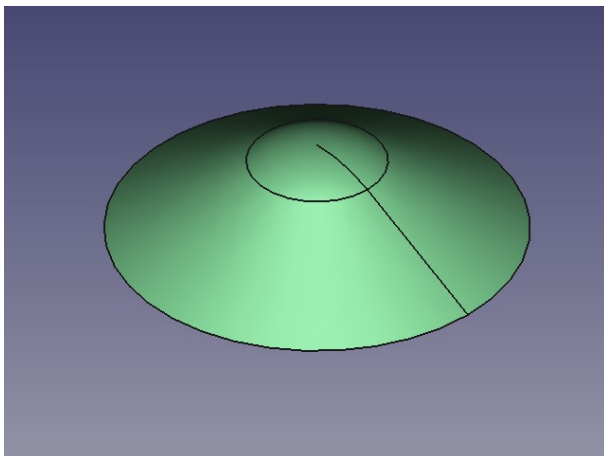
キューブコーナー 圧子



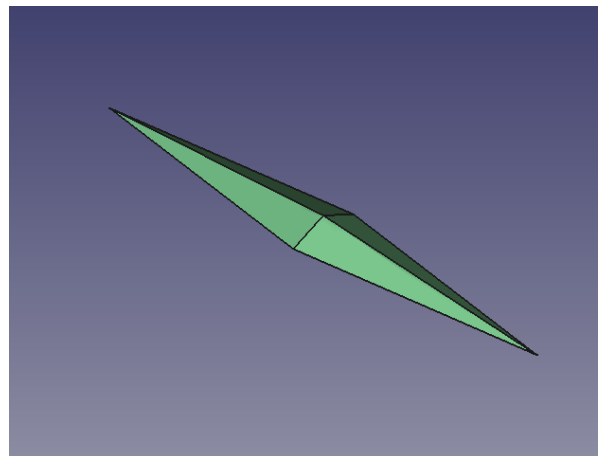
ビッカース 圧子



バーコビッチ 圧子



ロックウェル 圧子

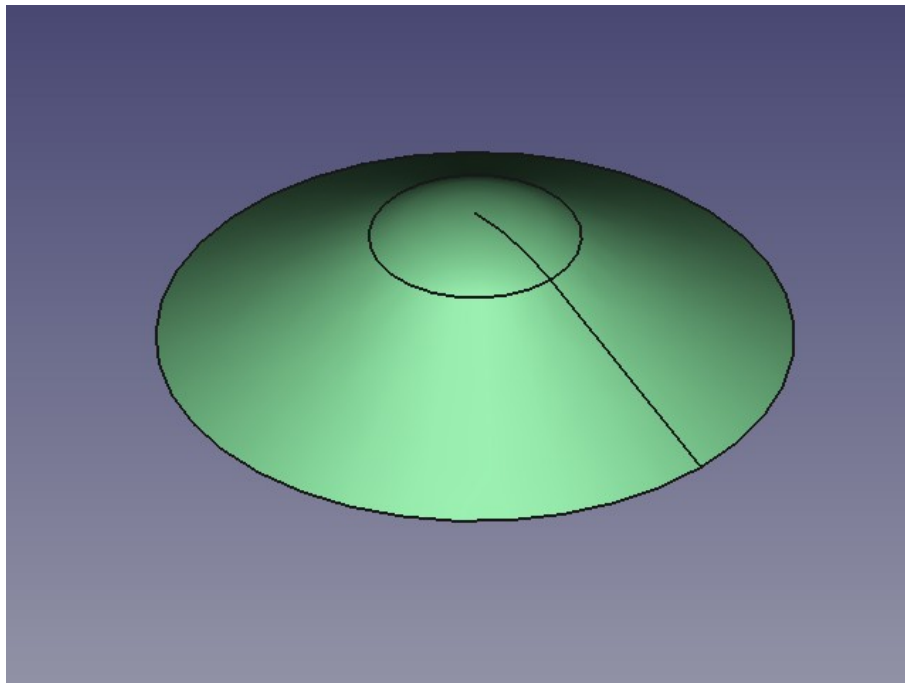


ヌープ 圧子

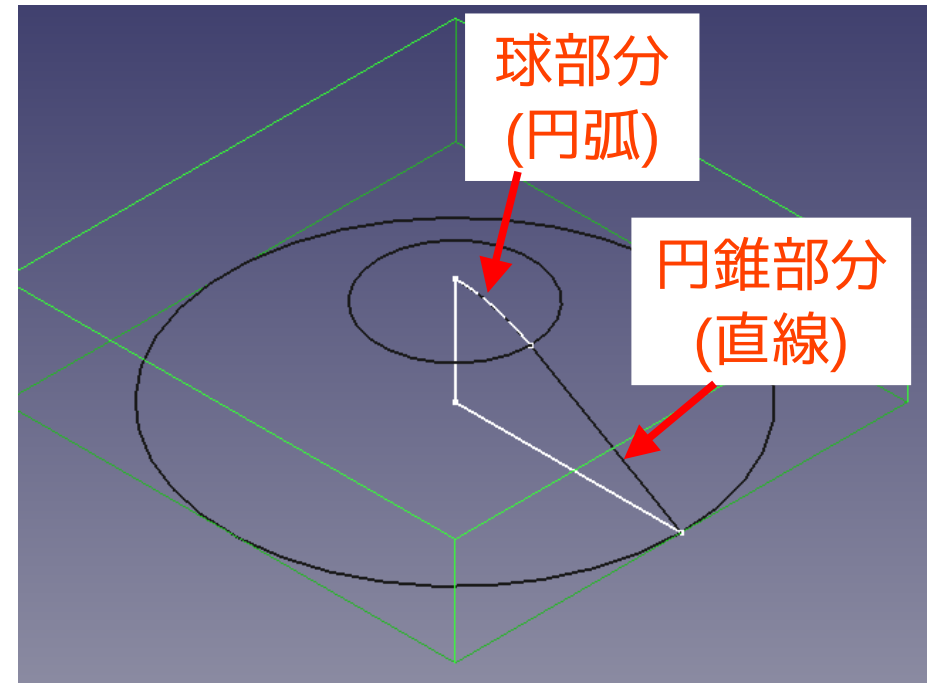
5個の圧子モデルを作成した。単純な形状なので, 作成はそれほど難しくない。

圧子の3Dモデルの作成方法 (一例)

(1) 回転対称の圧子の場合 (ロックウェル)



ロックウェル圧子
(円錐の先端が球面)



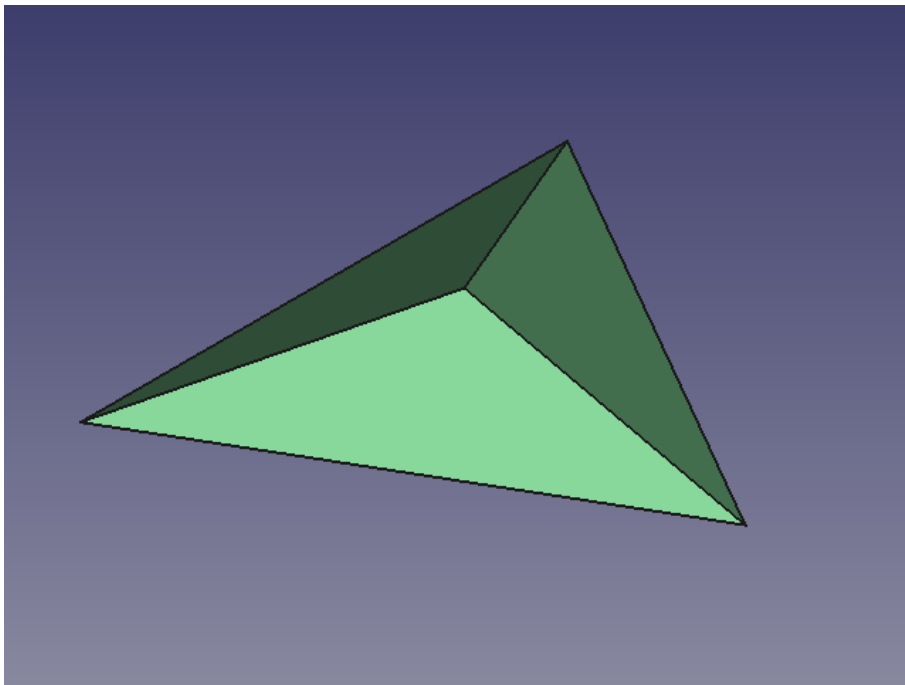
作成手順

元になる断面を作成して、軸回りに回転させる。

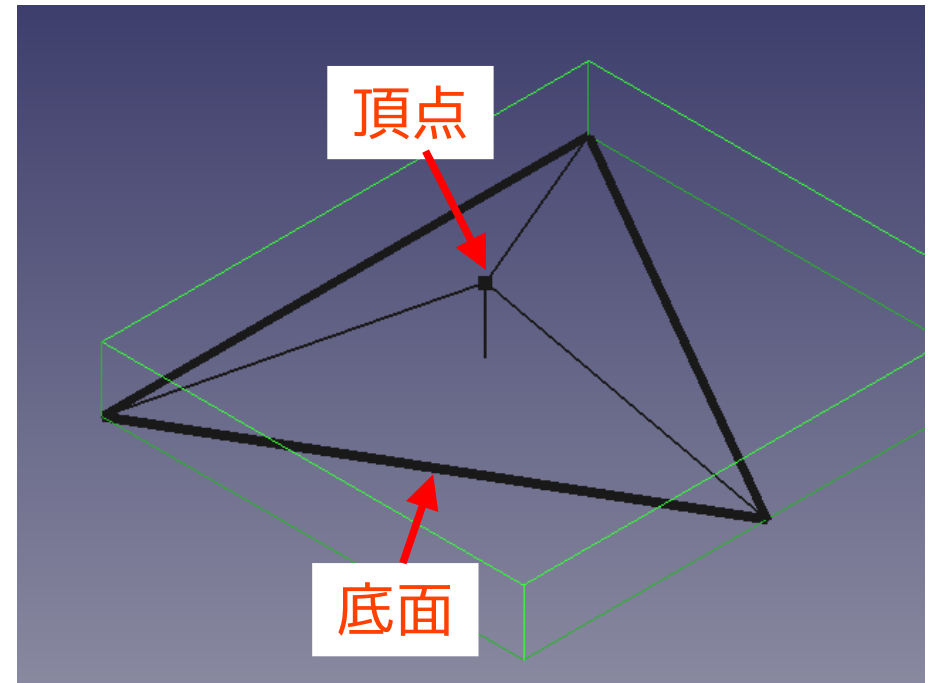
圧子の3Dモデルの作成方法 (一例)

(2) 非回転対称の圧子の場合

(キューブコーナー, ビッカーズ, バーコビッチ, ヌープ)



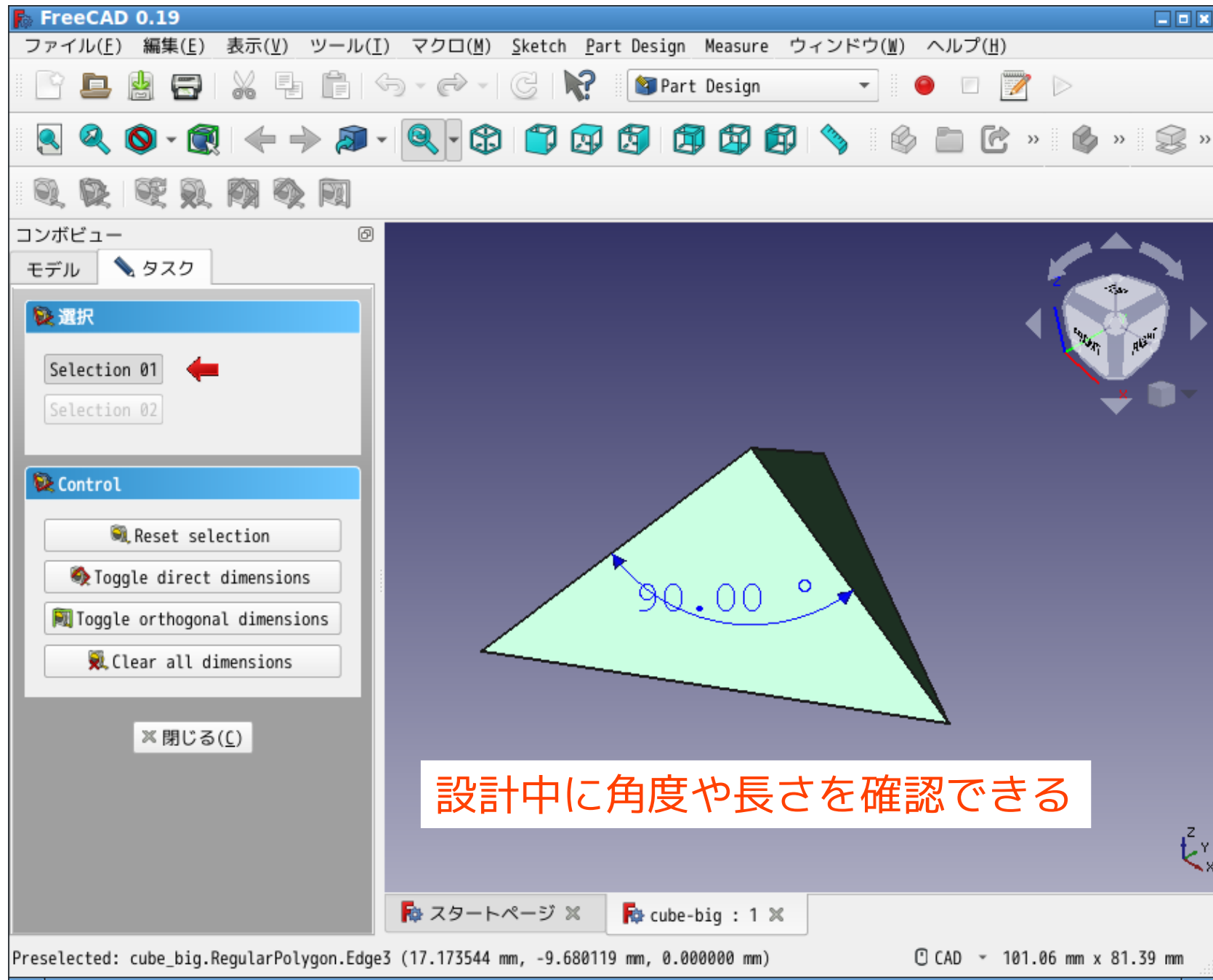
バーコビッチ 圧子



作成手順

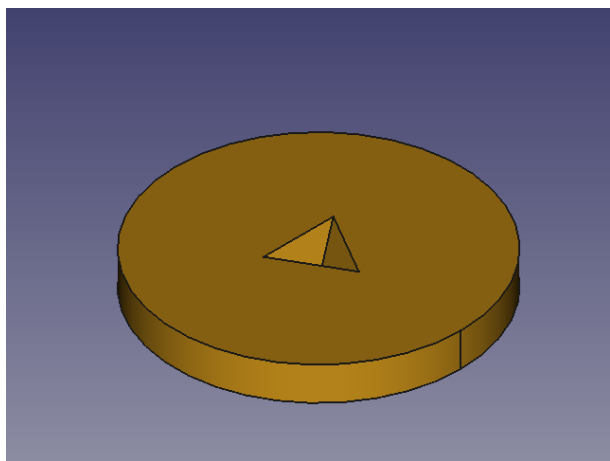
頂点と底面を作成して, その中間を連続的に接続する(Loft機能)

作成したモデル形状の確認

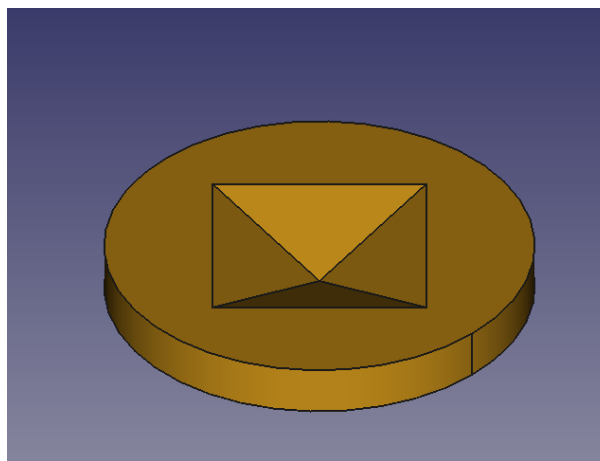


圧痕モデルの設計

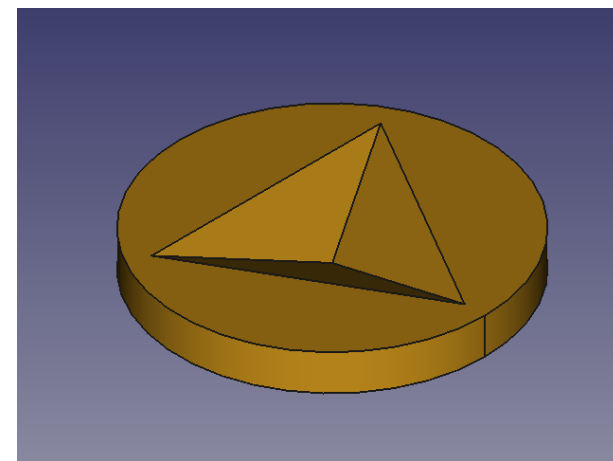
- 各圧子の形状に対応した圧痕のモデルについても、同様に設計図を作成した。



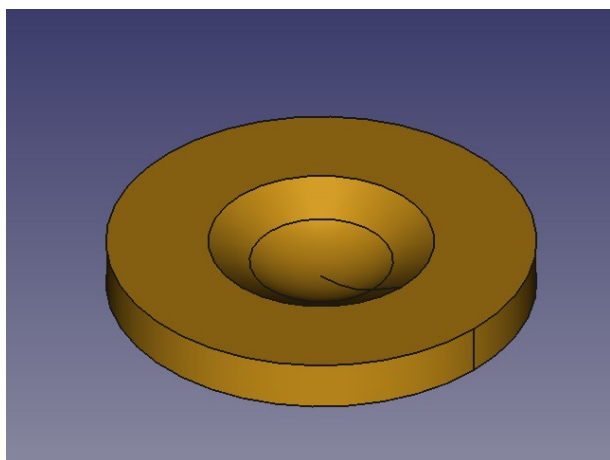
キューブコーナー 圧子



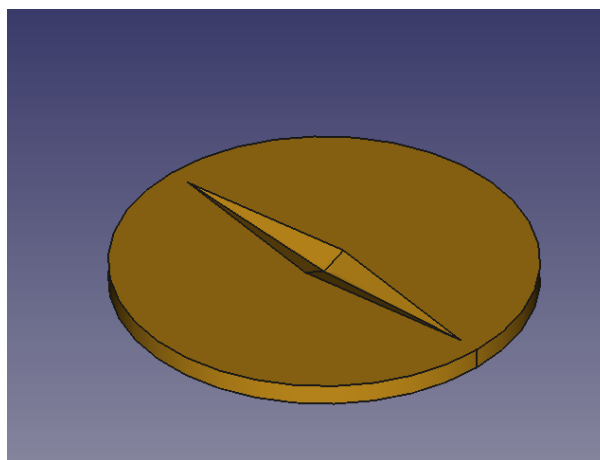
ビッカース 圧子



バーコビッチ 圧子



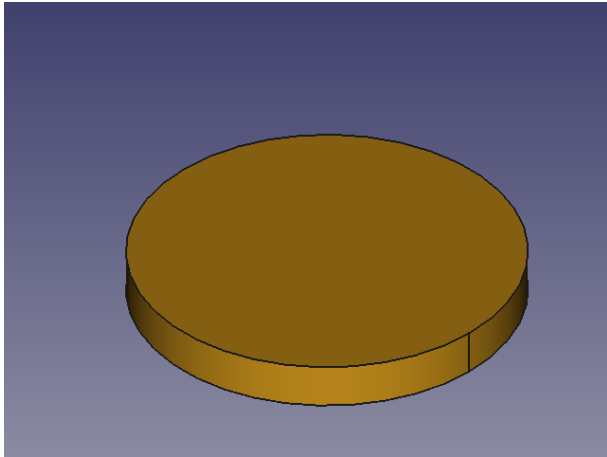
ロックウェル 圧子



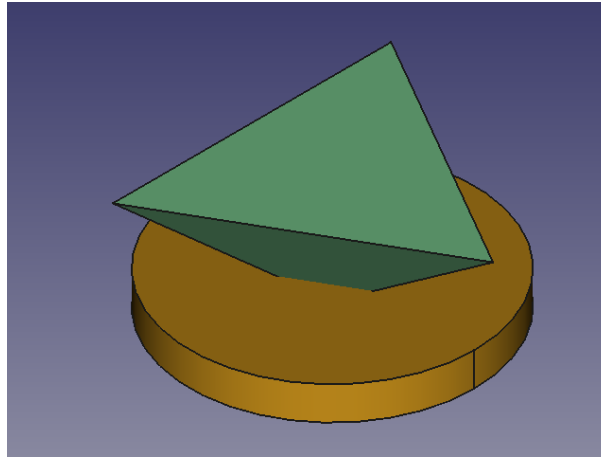
ヌープ 圧子

圧痕モデルの作成方法

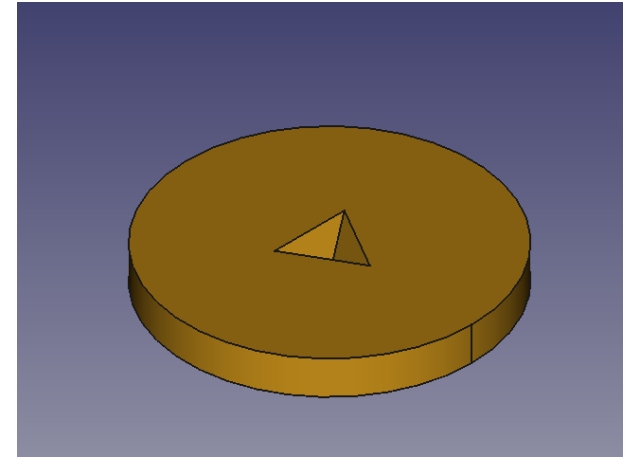
試料から圧子を減算することで、容易に圧痕モデルを作成できる。
(圧子および試料の弾性変形は考慮しない)



平坦な試料を作成



圧子モデルを重ねる



試料から圧子を減算

(図はキューブコーナー圧子)

今回はキューブコーナー、ビッカース、バーコビッチ、ロックウェル、ヌープの5種類について、圧子および圧痕の計10の設計図を作成した。

作成した設計図は一般公開中

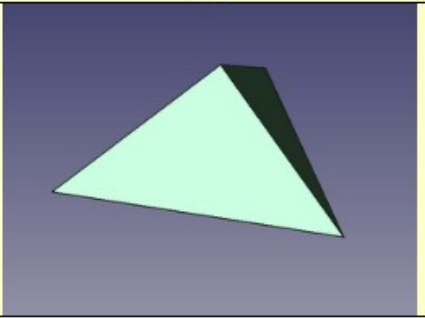
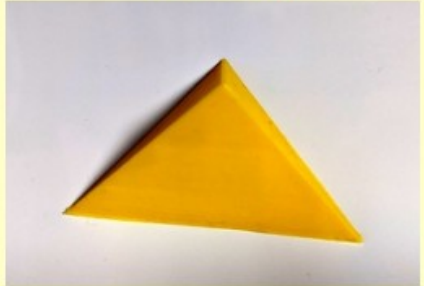
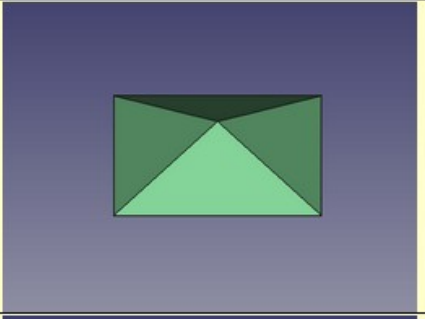
- <https://3zip.net/3d/> にて各圧子・圧痕モデルの設計図を公開中

English

硬さ試験用圧子・圧痕の3次元モデル

硬さ試験用圧子・圧痕の3次元モデルを製作しました(ファイル公開準備中)。

圧子の3次元モデル

圧子の種類	設計図	3Dプリンターによる出力例
圧子		
		
パーコピッチ圧子		



<https://3zip.net/3d/>

2. 3Dプリンターによる出力

今回使用した卓上型の3Dプリンター (Creality社 CR-100)

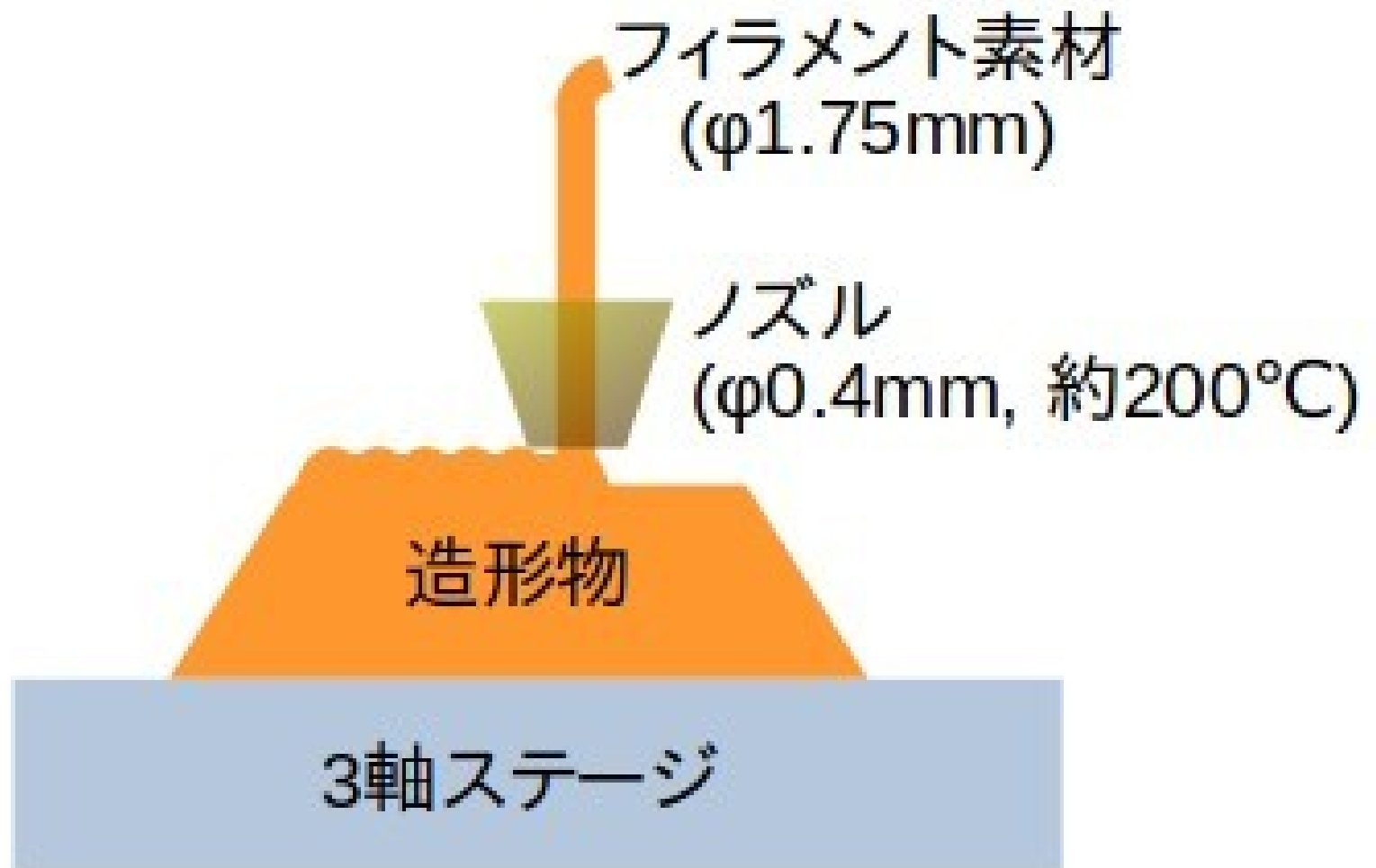


(Creality社公式ページより)

- ・ ホビー用の安価なモデルを個人で購入(約1万円)
- ・ 出力できる造形物は一辺10cm以内と小さめ
- ・ ノズル径は一般的な0.4mmだが，総合精度は高価な装置より劣る

熱溶解積層方式 (FDM: Fused Deposition Modeling)

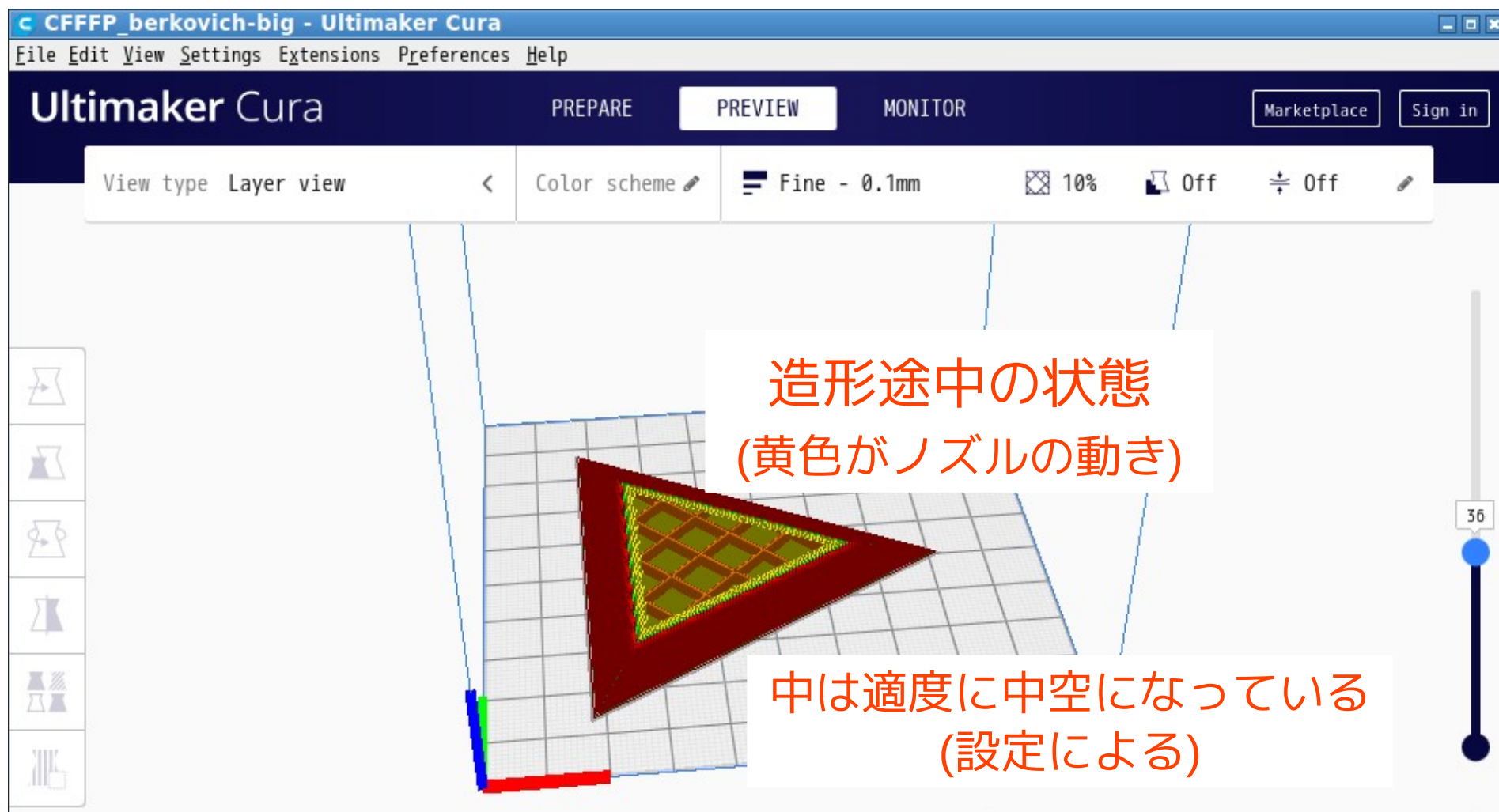
フィラメントと呼ばれる線状のプラスチック素材(ポリ乳酸 PLA)を熱で溶融してノズルから連続的に押し出し、下から1層ずつ積層する。



スライサー

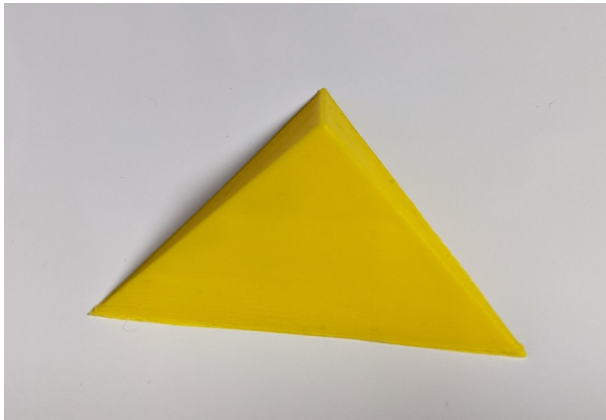
設計した3Dモデルを，下から1層ずつ積み上げる（スライスする）一連のノズルの動きに変換するソフトウェア

今回使用したソフト: Ultimaker Cura version 4.8.0

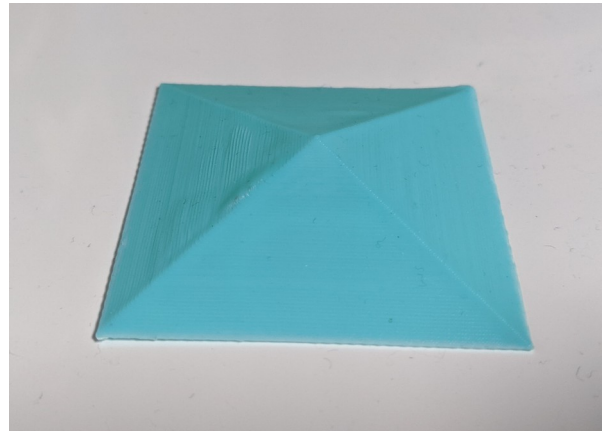


3Dプリンターで出力した圧子モデル

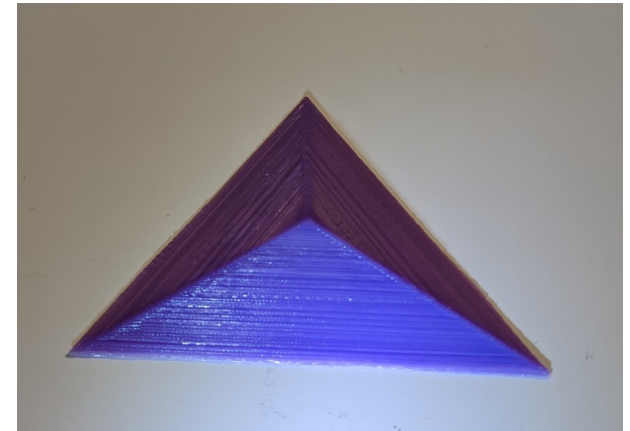
- ・ 各モデルは約6cm幅，積層ピッチ0.1mm，出力に約1時間
- ・ ロックウェル圧子については，倍率100倍 (先端R=0.2 mm → 20 mm)
- ・ それ以外は相似形状のため，倍率なし



キューブコーナー 圧子



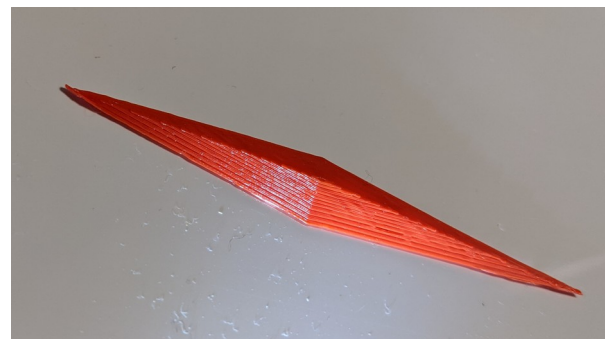
ビッカース 圧子



バーコビッチ 圧子



ロックウェル 圧子



ヌープ 圧子

色は着色ではなく，素材
に使用したカラーフィラ
メントの色そのまま

3Dプリンターで出力した圧痕モデル

- ・ サイズ, 積層ピッチ, 出力時間, 倍率などは圧子モデルと同様



キューブコーナー 圧子



ビッカース 圧子



バーコビッチ 圧子



ロックウェル 圧子



ヌープ 圧子

出力したモデルを触ってみての個人的な感想

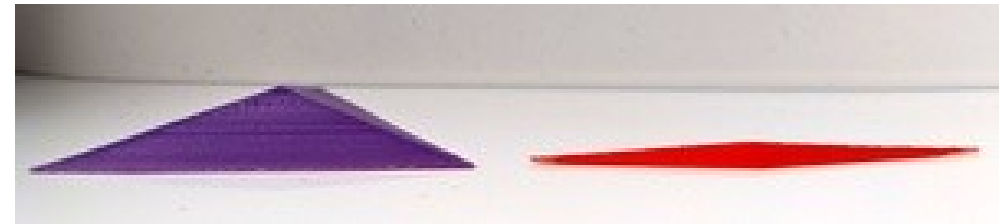
圧子モデルについて

ビッカーズやバーコビッチ圧子は、
想像よりもつぶれていた。



キューブコーナー バーコビッチ

ヌープ圧子はさらにつぶれて
(角度が開いて) いた。

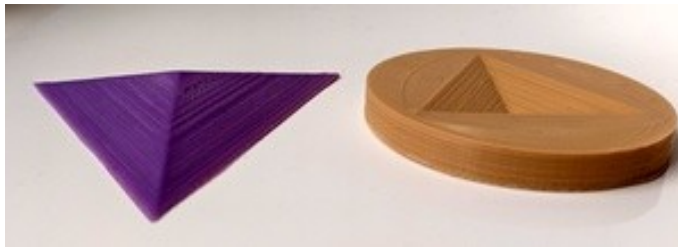


バーコビッチ

ヌープ

圧痕モデルについて

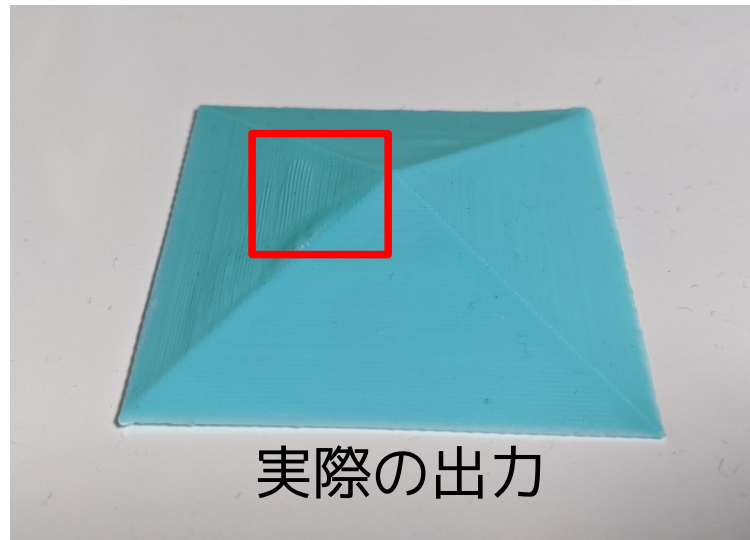
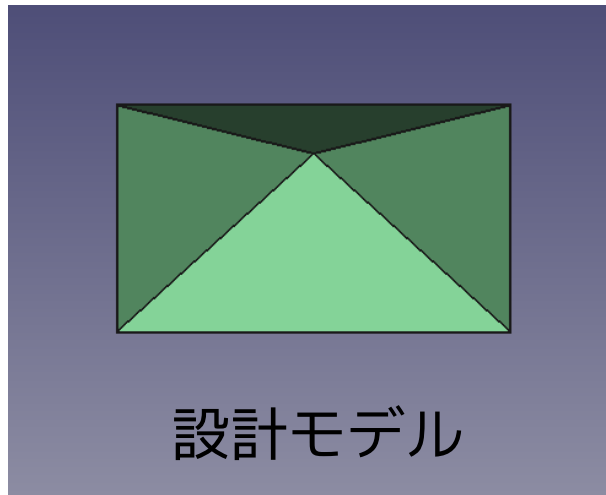
圧子の凹凸反転なのに、圧痕の方が深く感じた。



※公開した設計図を印刷して、ぜひ実際にご体験ください。

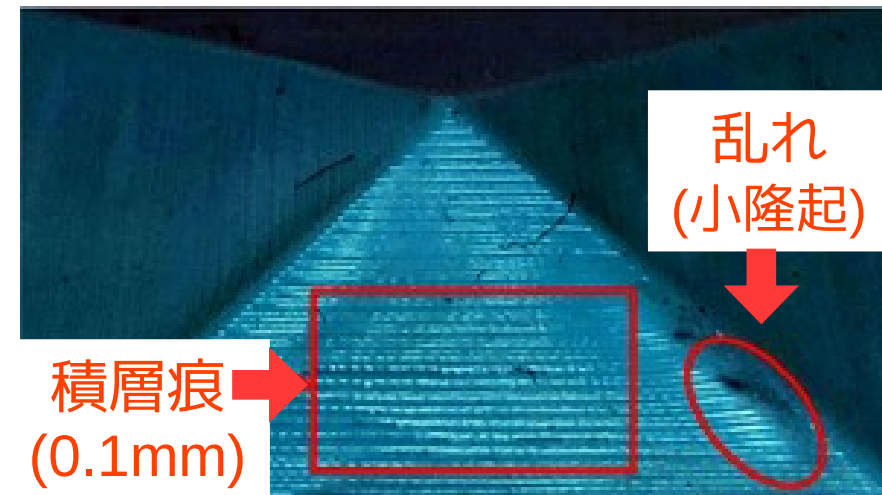
出力の精度について

- ・ ほぼ設計モデル通りで、おおまかな形状を把握するのには問題なし
- ・ 細かく見ると、**積層痕**や**表面の乱れ**あり(モデルではなく出力の問題)



左側面の写真
(コントラスト強調)

- ・ 出力精度は、別の3Dプリンターの利用やスライサーの設定次第で、改善の可能性あり。



追加の表面処理例 (金のコーティング)

- ・ SEM試料用イオンスパッタ装置(JEOL製 JFC-1500)を使用
- ・ イオン電流約5mAの条件で50Åずつ8回に分けて処理を行った。
- ・ 表面に金属の質感が得られた。



失敗例 (熱で変形)

PLAの耐熱温度は
約60°C

金コーティングしたバーコビッチ圧子の圧痕モデル

※金属や木材のような質感の得られるフィラメント素材も市販されている。

おわりに

3Dプリンターを用いて硬さ試験用の圧子および圧痕の形状を体感できる3次元モデルを製作した。百聞は一見にしかずで、モデルの形状を直接確認することで自分自身も意外な発見があり、実体験することの重要性を再認識させられた。

将来的な硬さ試験への応用としては、今回のような理想形状だけでなく、実際の圧子・圧痕の形状や有限要素法の結果の再現なども考えられる。

圧子・圧痕の設計図データはこちら → <https://3zip.net/3d/>

