

なべたんの

# 極力直そう

令和元年10月26日

第1号

発行：なべたん

能勢妙見山の参拝の折に、自然と住環境が密接に結びつく暮らしを前に、ある妄想に駆られるのであった。



## ボルトを採寸する

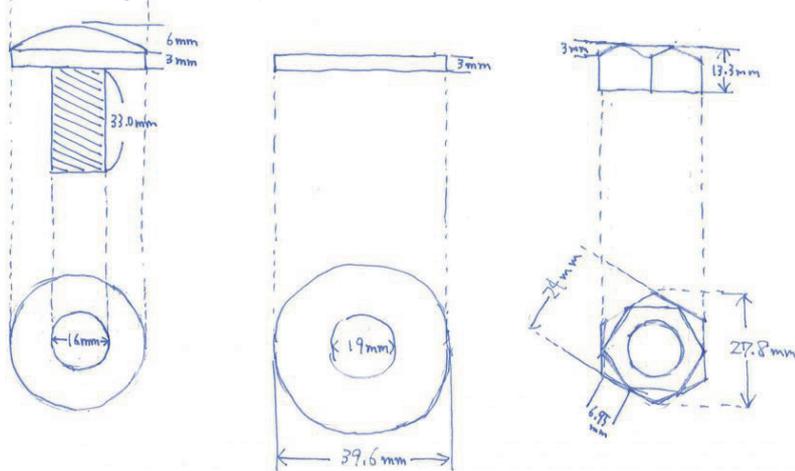


もし、身近な場所のガードレールのボルトやナットが欠落していたら、3Dプリンターでどこまで極力直すことができるのでしょうか。

身近にあるガードレールを観察すると、1つのことが理解できます。それは、どのガードレールにも同じような形をしている、ということです。その道のプロが見たら「1本1本違うんだよ」とたしなめられそうですが、少なくとも今の自分には同じに見えます。ですから、これらの柵の横木と同じものをつくり出すことができれば、ガードレールも直すことができます。そのように考え、早速ほかのガードレールに取り付けられているボルトを採寸しました。

採寸にはノギスを用います。ノギスは普段よく使う定規に、鳥のくちばしのようなものがついた測定器です。といってもそんなに複雑な構造はしていません。くちばしのような部分で図りたい対象物を挟み込むと、その大きさがわかるのです。それであれば普通の定規でいいのではないかと思われるかもしれませんが、ノギスを傷るべからず。ノギスは定規などと違って、10分の1ミリメートル単位で大きさを測ることができるのです。精密なノギスでは、20分の1ミリメートル単位で測ることができます。みなさんもぜひ導入をご検討ください。

採寸結果に基づいてポンチ絵を描いてみました。すごく、ボルトですね。(掲示板でこの新聞をご覧になっている方は、続きを「のせでんアートライン」のウェブサイトをご覧ください)



くときわ台での採寸の様子



くノギス



「のせでんアートライン」

令和元年10月26日(土)～11月24日(日)

ウェブサイト：<http://www.noseden-artline.com/2019/>

問い合わせ先：[info@noseden-artline.com](mailto:info@noseden-artline.com)

主催：のせでんアートライン妙見の森実行委員会／実行委員長：三好庸隆(武庫川女子大学教授)

〔構成：能勢電鉄株式会社、兵庫県、大阪府、川西市、猪名川町、豊能町、能勢町、宝塚大学〕





## ボルトの頭をモデリングする



3Dプリンターで何かを出力するためには、その「何か」を3DCGソフトウェアでモデリングする、すなわち「何か」を3DCGで再現する必要があります。そのデータをもとに、3Dプリンターで「何か」を出力するのです。「3DCGのモデリング」と言うと、なにやらハードルが高そうな印象を抱かれると思いますが、心配することはありません。私も初心者です。そんな初心者でも、お手軽に3DCGのモデリングができるソフトウェアがあります。そのひとつが、Trimble社の「SketchUp(スケッチアップ)」です。

SketchUpの初期画面はまるで大阪平野のようです。遠くに見える地平線が、ユーザーをやたら壮大な気持ちにさせますが、実際にモデリングするのは柵の横木です。この連載では、SketchUpを用いて話を進めていきたいと思っています。ちなみに、基本的な操作を説明していると、それだけで連載が終わってしまうので、その辺りは各自調べていただくと幸いです。

早速SketchUpでボルトの頭をモデリングします。

まずはこの円の半径Rを求めます。そこで、実線部分(切片の断面)の頂点をA、左側の端点をB、右側の端点をCとし、それぞれを結ぶ三角形を描いてみます。

$\triangle ABC$ の外接円が、いまその半径を求めようとしている円ということになりますので、こうなるともう正弦定理の出番です。数学Iで学んだあの正弦定理です。がしかし、いちいち計算していると、それだけで日が暮れてしまうので、ここは機械の力に頼りましょう。以下のウェブサイトにもポンチ絵をもとに割り出した数値を入力し、ボタンをポチリと押していきます。

<http://keisan.casio.jp/exec/system/1161228774>

<http://keisan.casio.jp/exec/system/1260261251>

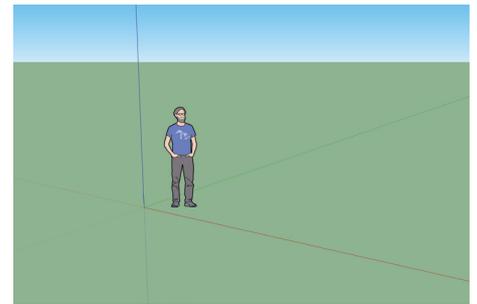
すると、半径Rは25.1408335mmだということが一瞬でわかりました。ありがとうございます。正弦定理。ありがとうございます。数学I。早速、SketchUpで直径50.281667mmの正球をつくります。まずは、直径50.281667mmの円を描きます。次にこれをZ軸方向に90度回転させて縦に起こした上で、X軸方向に直径の長さだけ移動します。次に移動した円を、線ツールを使って、半分に分割。どちらか片方だけ残して、もう片方を消します。そしてフォローミーツールを使って、半円を下の円の外周に沿ってぐるりと回転させます。

これで直径50.281667mmの正球の出来上がりです。

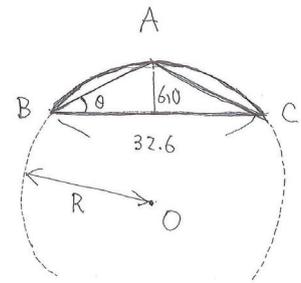
次にこの球をスライスします。球の頂点から高さ6mmのところに、球の断面よりも大きい平面を配置します。ここでは下にあった円を持ち上げますが、やり方はなんでも良いです。両方のモデルを選択したうえで、コンテキストメニュー(右クリックメニュー)を表示し、その中から「面を交差」という機能を使います。これでスライスが完了したので、下の方の、昔のダイエーのロゴみたいな部分を削除します。

それっぽい形ができました。採寸結果によると、この断面の下に3mmの厚みがあるので、プッシュ/プルツールで厚みをつくります。

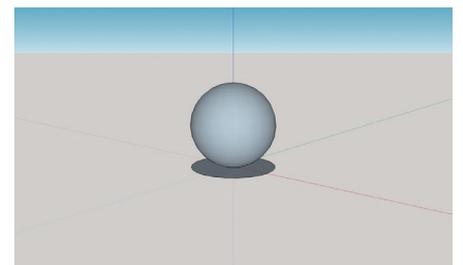
これでボルトの頭の出来上がりです。



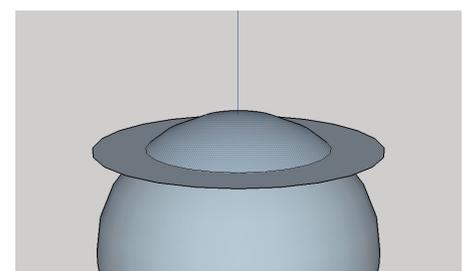
▽SketchUpの画面



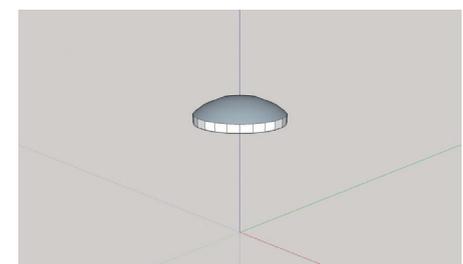
▽ボルトの曲面を求める



▽球をつくる



▽スライスする



▽完成



## ネジをモデリングする



ネジはなんだか複雑そうですが、身の回りにあるボルトなどをじっくり観察してみると、円柱に螺旋状に溝が彫ってあるだけだということに気づきます。ネジ恐れるに足らず。というわけで螺旋をつくっていきましょう。まず、ネジの直径と同じ、直径16mmの円を描きます。次にこの円を選択したうえで、コンテキストメニューから「曲線を分解」を選択します。

すると、円が正24角形になり、これを構成する辺や頂点に対して個別に処理をおこなえるようになります。次に、任意の頂点を選択し、青軸方向へ持ち上げます。適当な高さで大丈夫です。

すると、このように円周上にツノのような形状が出来上がります。次に、このツノのうち、反時計側に向かって高くなっている方の辺を残して、すべてを削除します。次に、この残った線を原点を中心に地面上で15度回転させながら、コピーしていきます。この15度というのは正24角形の中心角( $360 \div 24$ )ですね。

このツノが円周上を1周するまでコピーを繰り返します。SketchUpは繰り返し処理が可能です。いったんコピーの作業をした直後に、右下のテキストエリアに「23x」とか入力すると、23回繰り返してくれるので、ツノが1周します。

次に、こうして出来上がったこの線の集まりを全部選択して、青軸に沿って移動しながらコピーします。この時、コピー先とコピー元がつながるようにします。基本的にはそうなるようにSketchUpの方で補正してくれるので、それに従えば大丈夫です。次に、この作業をまた23回繰り返します。

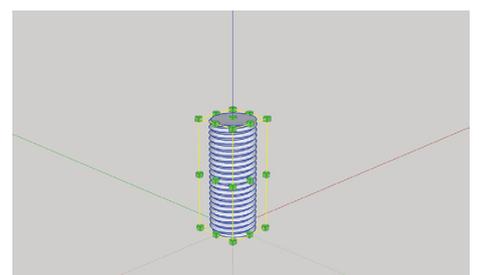
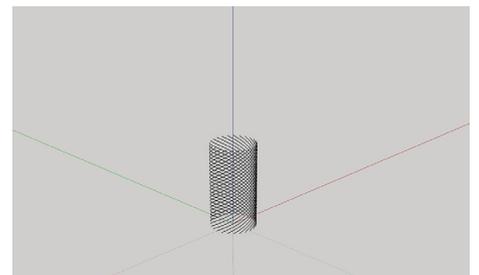
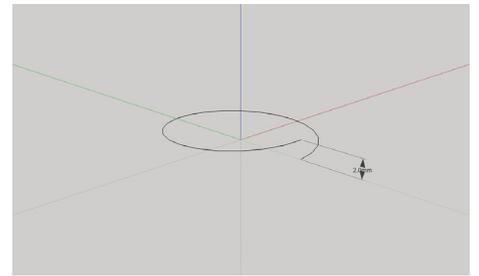
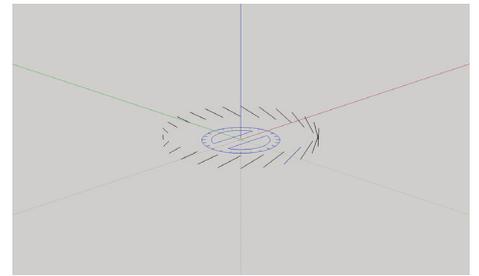
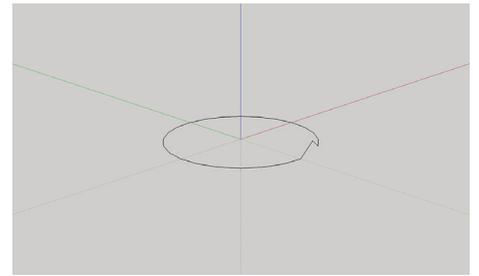
出来上がった形状をよく見てみましょう。1周分の螺旋が24個並んでいます。ただ、24個も螺旋はいりませんので、どれか1本を残してすべて削除します。こんな緩い螺旋だとナットがきちんと締まらないので、縮尺ツールを使って青軸方向に圧縮します。この時の高さがそのままネジのピッチになります。ポンチ絵には描いていませんでしたが、採寸の結果このボルトのネジのピッチは2mmでしたので、そのようにします。

次に、この螺旋を選択し、X軸方向に移動ながらコピーします。このとき、先ほどと同様にコピー先とコピー元がつながるようにします。そして、ネジの長さ33mmを上回るように適当な回数繰り返しましょう。ここではなんとなく40mmにします。

猛烈にネジ感が出てきましたね。次に、この螺旋をグループ化したのち、原点を中心に地面上で180度回転させながらコピーします。

この2つの螺旋がそれぞれネジの山と谷になります。次にこの2つの螺旋の内部を円柱で埋めます。螺旋の下に16mmの円を描き、プッシュ/プルツールで持ち上げます。

これがネジの原型です。ここからいよいよネジの谷をつくります。ここで、画面内のオブジェクトをすべて選択して、縮尺ツールで10倍にします。SketchUpには、細かすぎる操作を行うと、オブジェクトに穴が開いてしまうという不具合があり、これはそれを避けるためのおまじないです。そして、円柱に巻き付いている2つの螺旋のグループ化を解除し、どちらか片方の螺旋を「縮尺ツール」を使って、青軸方向に縮小します。このとき、高さは変えないようにします。ネジの高さ(深さ)は、1mmでしたのでそのようにします。



現状は10倍にしているので、この場合10mmですね。右下のテキストエリアに「140mm,140mm」と入力します。

どう見てもネジです。今回のネジは33mmの長さなので、そうなるようにカットします。いまは10倍にしていますから、地上から330mmのところでカットしましょう。適当な平面を330mmの高さに置き、すべてのオブジェクトを選択したうえで、コンテキストメニューから「面と交差」を実行し、余った部分を削除します。そして、これを10分の1に縮小して、元のサイズに戻します。

これでボルトのネジ部の出来上がりです。頭を合体させます。

## 角根をモデリングする

モデリングしたボルトを眺めていると、漠然とした疑問が湧き上がります。どうやってボルトを締めるのか、という疑問です。私たちが普段使用しているボルトやネジの多くは、頭にプラス(+)やマイナス(-)といった形状の溝が切っており、そこにねじ回しを差し込み、回すことでネジを締めることができます。しかし、このボルトには、そうした溝のたぐいが存在しません。一体どのようにしてしっかりと固定するのでしょうか……。そのヒントは、ガードレールに開いたボルトのための穴(下穴)にあります。

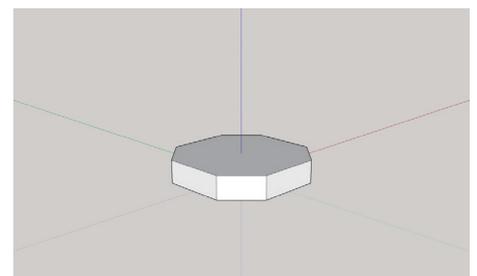
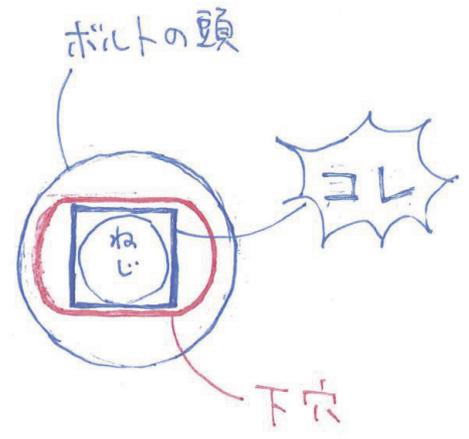
ただボルトを差し込むだけなら、その形状は正円で良いはずですが、この下穴はなぜか縦に細長くなっています。……そう、実はこの下穴は回り止めの役割を果たしているのです。ボルトを裏から見た図で説明します。

このようにボルトの頭とネジ部の間に、この下穴の形状にフィットする部分があれば、あとはレンチでナットを締めることで、固定できるのです。これを「角根」と呼びます。この角根を今回のボルトにも取り付けましょう。角根はもはや下穴の形状をもとに想像するしかないなので、うまく機能するような形状を考えます。

こんな感じでいいでしょう。四隅を落としているのは、下穴が上下に近づくにつれて、少し狭まっているからです。さっそくこの底面を描きます。

これをプッシュ/プルツールで3mmほど持ち上げます。ガードレールの厚み(4mm)よりも薄ければ大丈夫です。

これをボルトの頭の下に移動させて完成です。



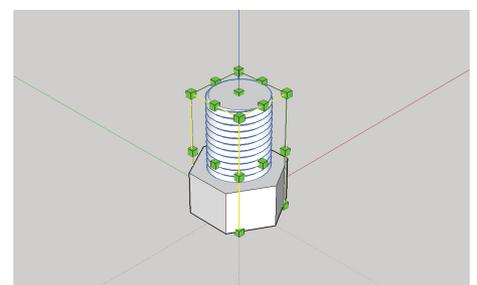
△完成。これがボルトの頭の下にある。

## ナットをモデリングする

ナットをつくります。ポンチ絵をもとにボルトの底面を描きます。次に、これをプッシュ/プルツールで13.3mm持ち上げます。ここにモデリングしたネジを置きます。

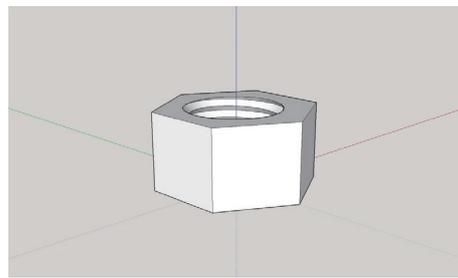
このままこの六角柱からネジを型抜きしたいところですが、このままだとネジ部とナットがぴったり過ぎて締めることも緩めることもできません。そこで多少のゆとりをつくります。ナットとして使えればいいので、とりあえずネジを青軸を基準に10%大きくします。この時、高さは変えません。

そして、六角柱からネジを型抜きします。「ソリッドツール」から「減算」を選択した後、2つのオブジェクトを選択します。ちなみに、この「ソリッドツール」と



いう機能はSketchUpのPro版とその評価版にしか搭載されていないので、ご注意ください。

採寸結果をもとにナットの角を落とします。線ツールで落とす部分の輪郭を引いて、消去すれば大丈夫です。これでナットの完成です。

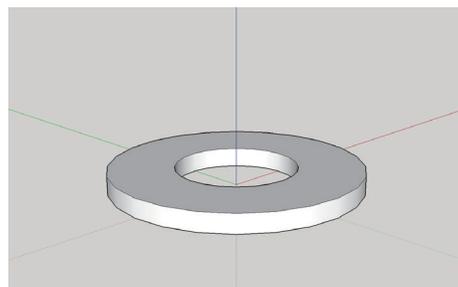


## ワッシャーをモデリングする



まず、採寸結果に基づいて直径39.6mmの円を描きます。次に、その内部に直径19mmの円を描き、内側を抜きます。ワッシャーの内径は採寸できないので、実際にはネジの直径よりもちょっと大きいくらいであれば、なんでも良いです。

残った部分を選択し、プッシュ/プルツールで3mm持ち上げます。できました。簡単ですね。



## 3Dプリンターで出力する



モデリングしたデータたちを3Dプリンターを用いて出力します。XYZprinting社の「da Vinci Jr. 1.0」です。さっそく、付属のソフトウェア(XYZware)を起動し、ボルト、ナット、ワッシャーを配置します。

これで出力と行きたいところですが、3Dプリンターというのは、下の方からちょっとずつ溶けたプラスチックを積み上げていって、オブジェクトを成形していくため、オブジェクトの下の方が上の方より小さいものは、そのままでは出力することができません。そこで、サポート材を付加して出力します。この機能は大概の3Dプリンターにも搭載されていると思うので、お使いの3Dプリンターで適宜そのようにしてください。それではいざ出力です。

出来上がりました。およそ1時間30分。

サポート材は簡単に剥がれますので、思い切って剥がしましょう。多少バリ(細かい突起)ができますので、お好みでヤスリなどをかけてください。組み合わせてみましょう。ちゃんとボルトとナットがハマりますね。このように、3Dプリンターを用いれば、かなりの精度でボルトやナットを作ることができるのです。(続く)



◀完成。



### Profile 渡邊朋也 a.k.a なべたん

2006年多摩美術大学美術学部情報デザイン学科卒。コンピュータやインターネットといったメディアテクノロジーをベースに、インスタレーション、映像作品、ダジャレ、エッセイなどを制作する。ポストインターネット時代に新たに開かれた人間の認知を取り扱い、何の役にも立たない奇跡的な状況を、論理的かつ体験的に構築。その超越性の発露は時におかしみを伴い、鑑賞者の笑いを誘う。近年の主な展覧会に、「信頼と実績」(京都, 2017)、「フィットネス。| ftnss.show」(東京, 2016)、「みえないものとの対話」(福岡, 2015)、「マテリアライジング展Ⅲ」(京都, 2015)、「Affekte」(エアランゲン/ドイツ, 2014)など。落合博満を敬愛している。