

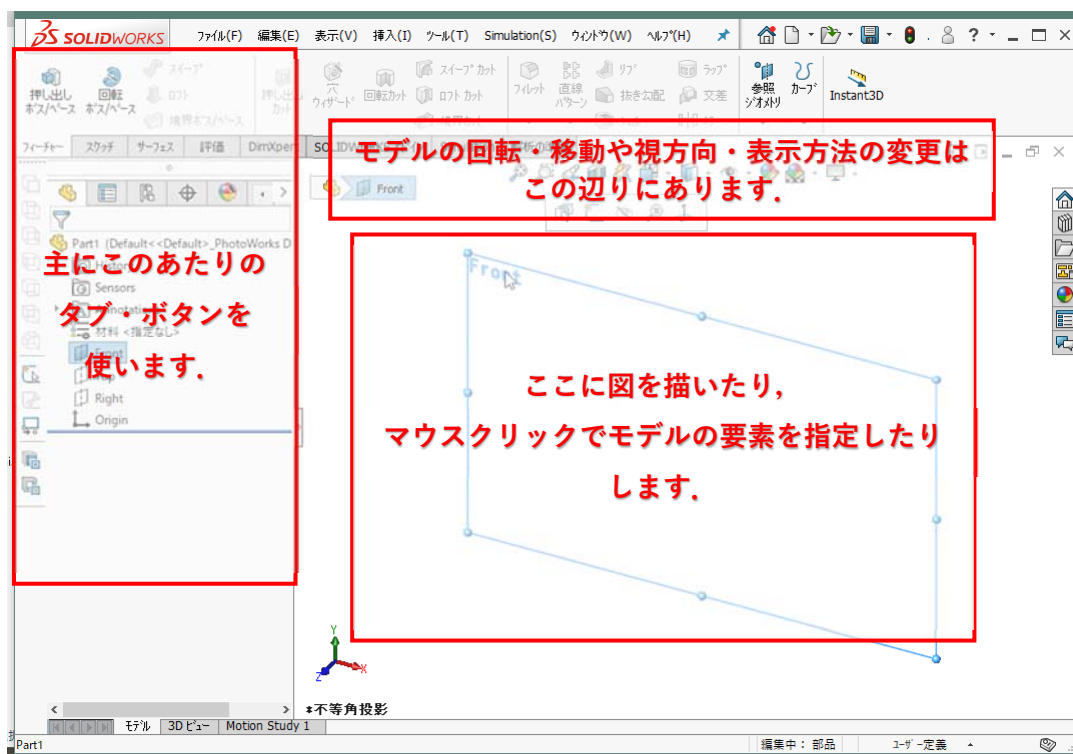
デジタル環境での製品モデルの作成，シミュレーションとトポロジー最適化を利用した機能デザインの実験を体験します。

使用するソフトウェア SolidWorks2018-2019



モデリング，CG，シミュレーション（強度，熱，流体，運動，・・・），CAM（製造），工程管理，環境負荷評価など，デザインに必要な機能を備えた代表的なミッドレンジ CAD のひとつです

画面



操作の基本

「OK」は緑のチェックマーク✓，「キャンセル」は赤の✕です。

モデルの拡大・縮小：マウスのホイール回転

モデルの回転：ホイールを押したままでドラッグ

モデルの移動：Ctrl を押したままで，ホイールを押してドラッグ

モデルがどこにいったからわからなくなったら，
F キーを押します。モデルが画面の中央に戻ってきます。

困ったときは，
Esc キー（キーボードの左上隅）を押します。1 回で解決しないときは，何度か押します。
基本状態に戻ります。

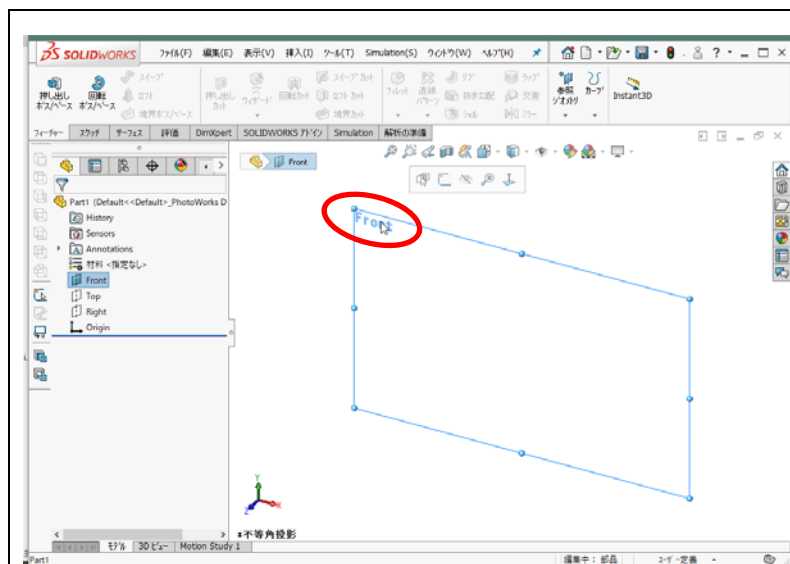
デジタルモデリング体験

デジタルモデルは、基本の形（立体）を組合せて（加えたり、引いたり、共通部分を残したり）、だんだんと目的の形に作り上げます。ひとつひとつの立体は、平面に「スケッチ」を描いて、押し出したり、回転させたり、引き回したり、積上げたりすることで行います。

シンプルなフックのモデルを、次の手順で作ってみます。

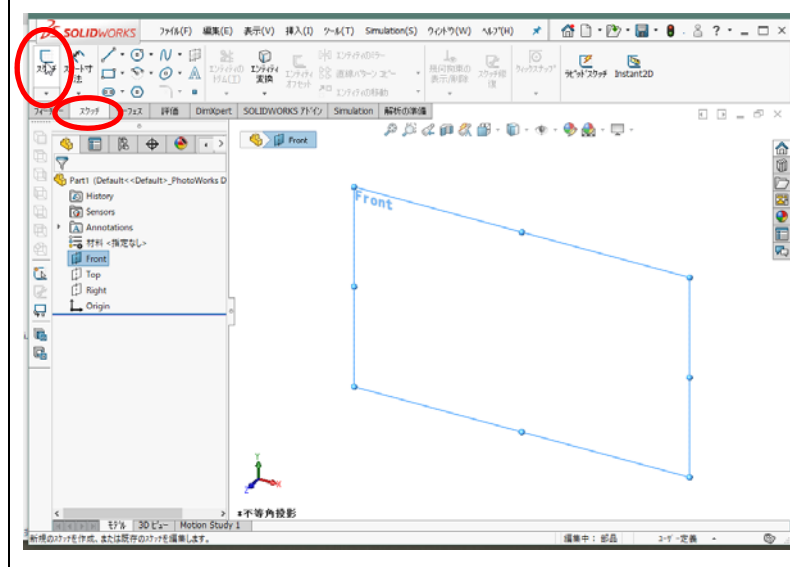
1. 「L 字形」の断面のスケッチを描いて、「押し出し」ます。基本の形ができます。
2. 「材料」を指定します。アルミニウムを使うことにしましょう。
3. 「穴」のスケッチを描いて、「押し出しカット」で基本の形から引きます。

CAD で作るモデルは、ただの画像ではなく、形だけでもなく、質量や強さも備えたデジタルモデルです。つまり、デザインをして図面で製作の情報を指定し、材料を加工してできた製品が、コンピュータの中に存在する状態です。

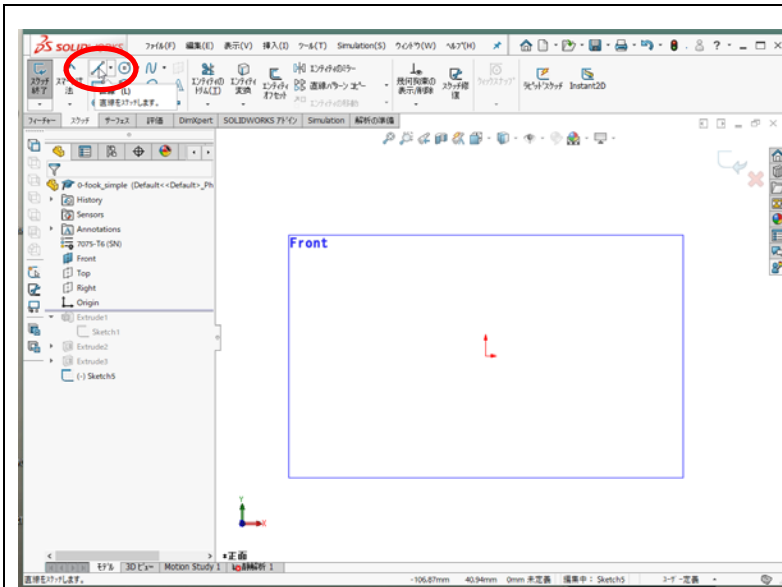


0-hook_template.SLDPRT をダブルクリックで開きます。

モデリング開始の画面です。スケッチを描くための平面「正面（または Front）」があります。



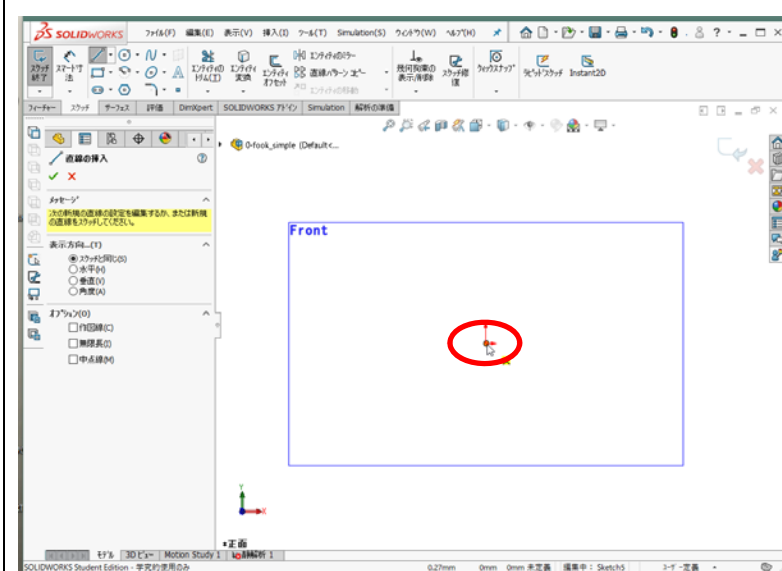
この面をマウスクリックで選んでから、画面上のツールバーからスケッチタブを選んで、スケッチボタンをクリックします。



スケッチの描き始めの状態です。

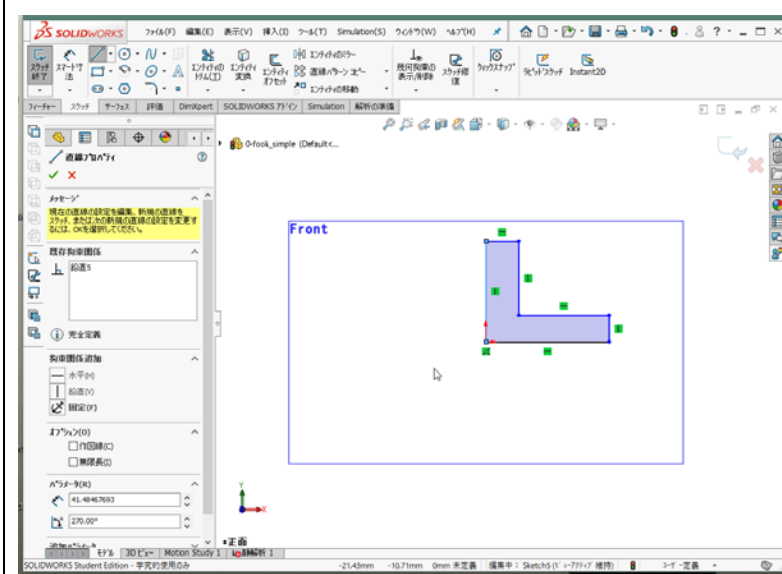
上のツールバーから、直線ツールを選びます。

鉛筆で輪郭を描くように、スケッチをします。



スケッチの描き始めは、画面中央の点にしましょう。

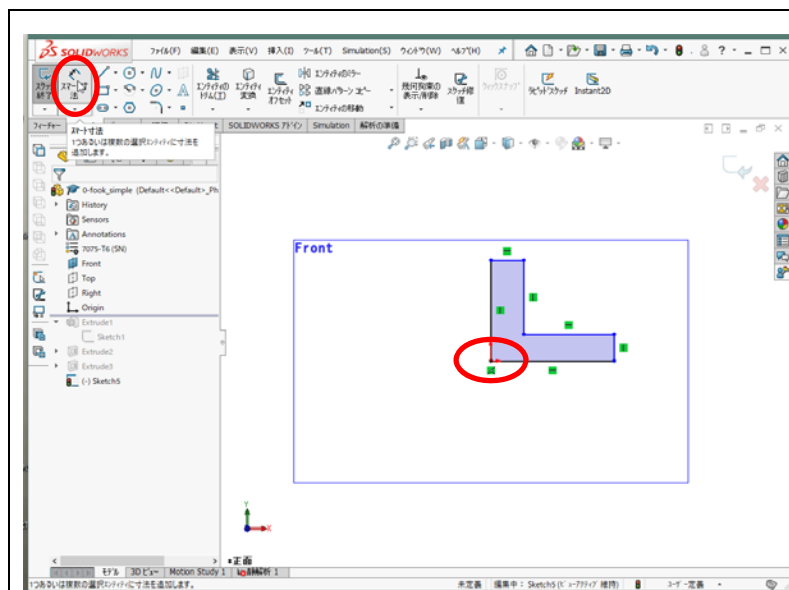
この点で、クリックをしてから、マウスを移動させます。



すると線が引かれます。クリックをするたびに線の端が決まり、次の方向に向かうことができます。つまりクリックごとに角ができます。

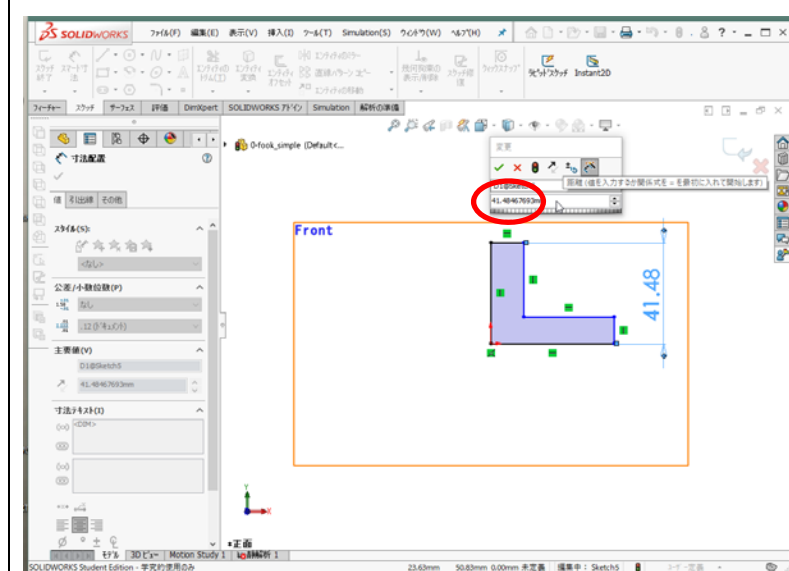
角ごとにクリックをしながら、左の図のようなL字形に囲まれた図を描きます。

大きさやバランスは適当でかまいません。



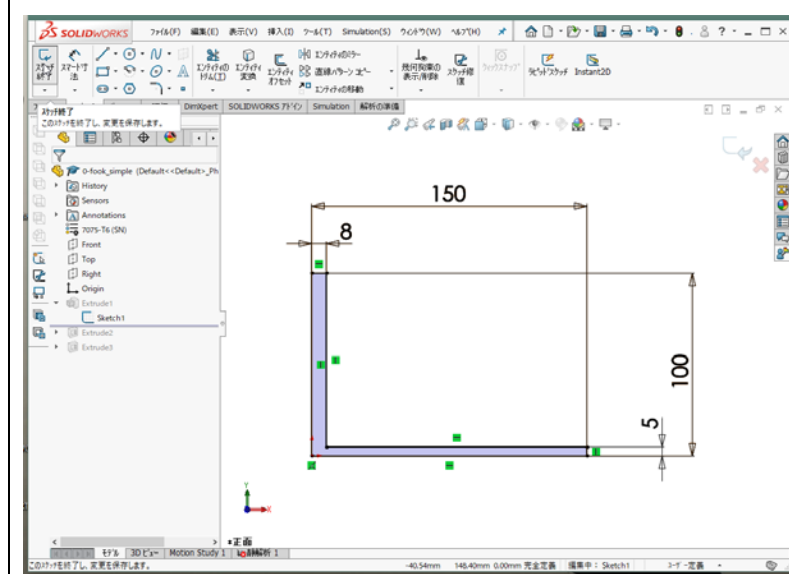
最後の点は、描き始めの点に戻ってダブルクリックです。輪郭が閉じていることが必要です。これで、線描が終了します。

次には、形だけの図に、「サイズ」で情報を追加します。線ツールの左の「スマート寸法」をクリックして選びます。



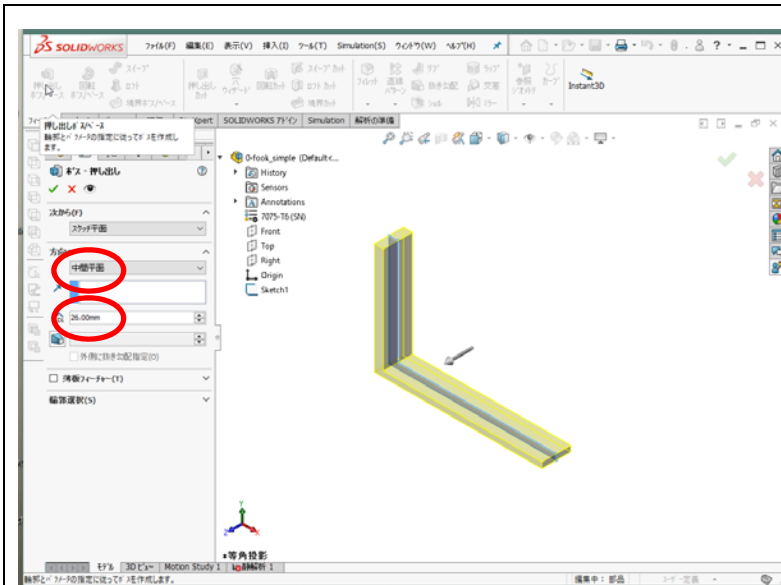
線や点をクリックして、関係する「サイズ」の指定をします。

まずL字形の上の辺でクリックし、次に底辺でクリックすると、矢印の範囲の大きさを指定するボックスが現れます。窓の中に、次の図で指定された数値を入力して、✓をクリックするか、Enter を押すと指定が完成します。



他の3か所も、左のように指定します。これでスケッチが完成です。

左上の「スケッチ終了」でスケッチを終了します。

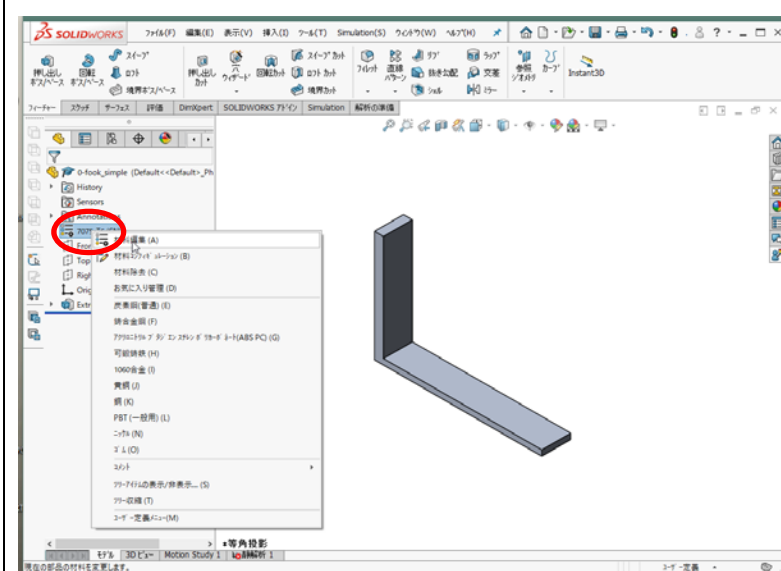


次に、この2次元のスケッチを立体にします。ツールバーの「フィーチャー」に、このためのツールが並んでいます。

左端の「押し出しボス/ベース」を使います。

スケッチに垂直な方向に断面を移動させた立体ができます。

左の図の2か所に「中間平面」, 「26mm」を指定して、✓をクリックすると立体化します。

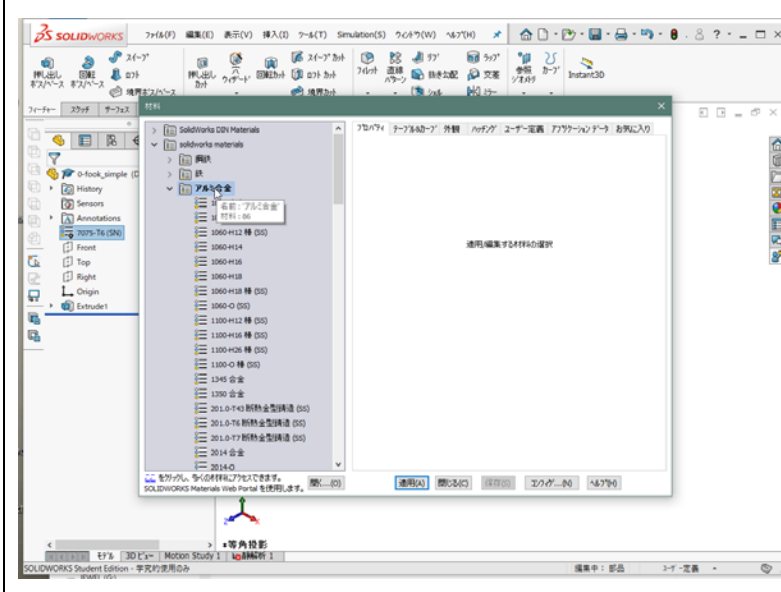


これで、立体になりました。

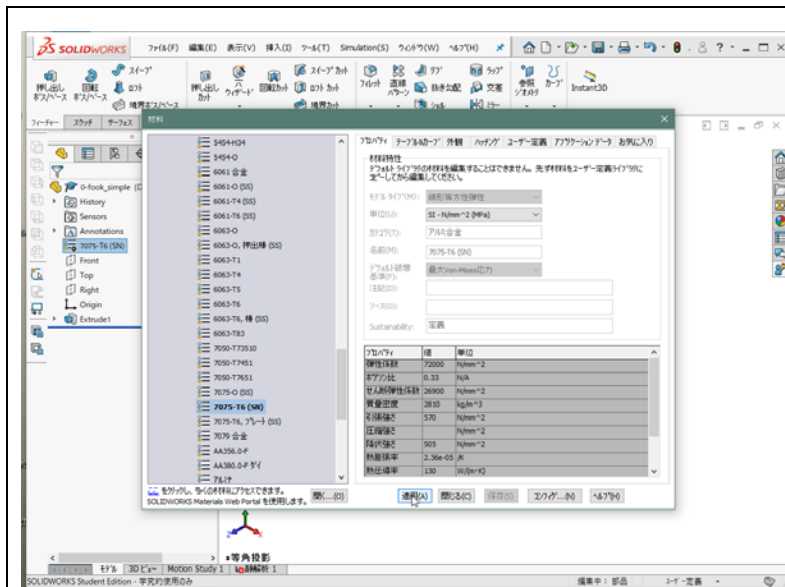
実際の製品は、金属やプラスチックや木材などでできています。

この製品の材料をアルミニウムに指定しましょう。

モデルの材料を右クリックして、「材料編集」からアルミニウムを選びます。



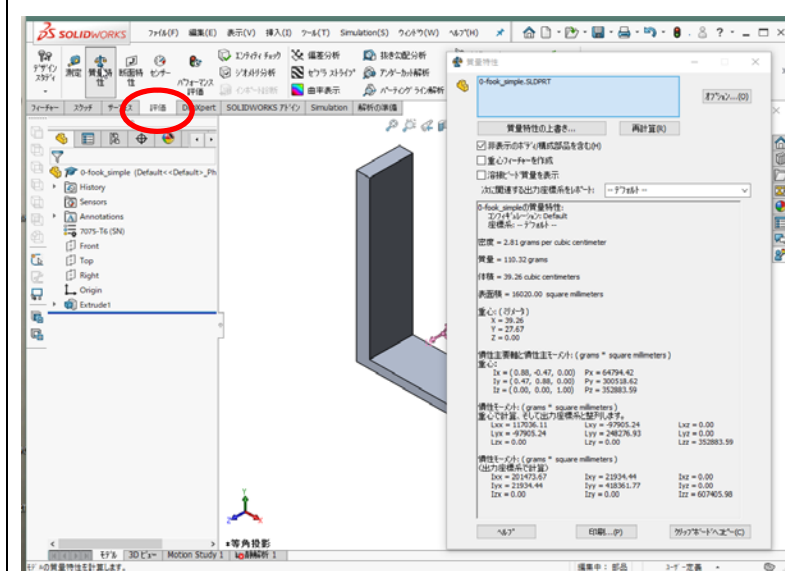
solidworks materials のアルミ合金をみると、アルミニウムにもたくさんの種類があることがわかります。



リストを下に移動して「7075-T6」を選びます。

この材料は「超々ジュラルミン」という、強度が高く、高級製品に使用されるアルミニウム材料のひとつです。

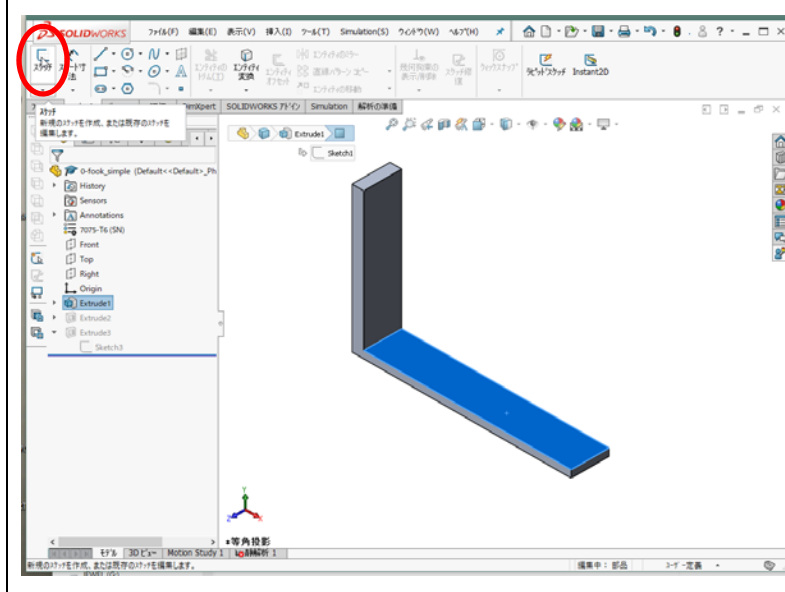
「選択」ボタンを押した後に、「閉じる」で指定完了です。



ツールバーの「評価」というタブはモデルのさまざまな特性を教えてください。

「質量特性」には質量や重心など、大切な製品の特性が示されます。

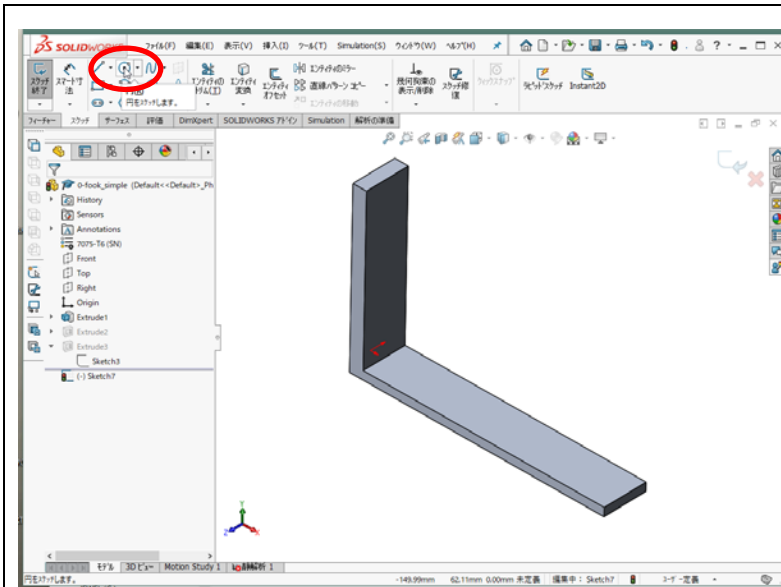
自分で計算をしなくても、製品がどのようにデザインされているのかがわかるので、計算でなく、デザインに集中することができます。



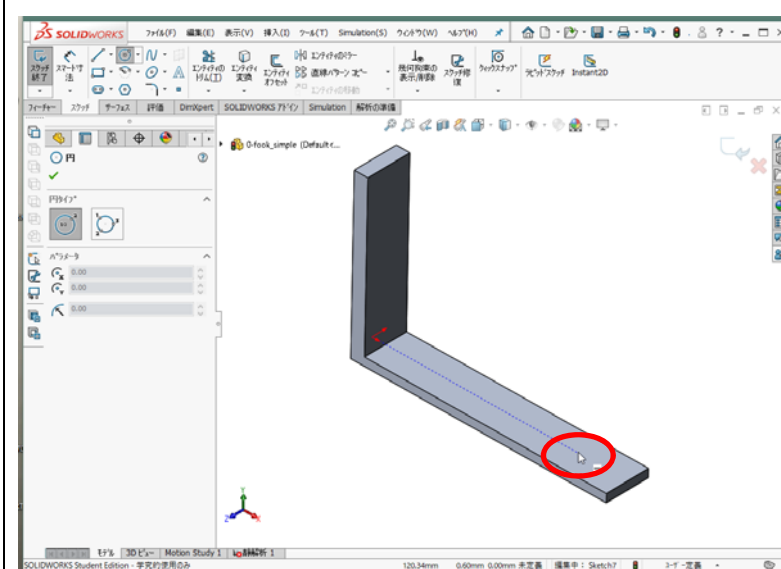
ここまでで、材料の粗取りができました。ここから、製品の完成に向けて細部形状を追加（削除）します。

荷物をかけたり、壁に取り付けたりする穴を開けます。

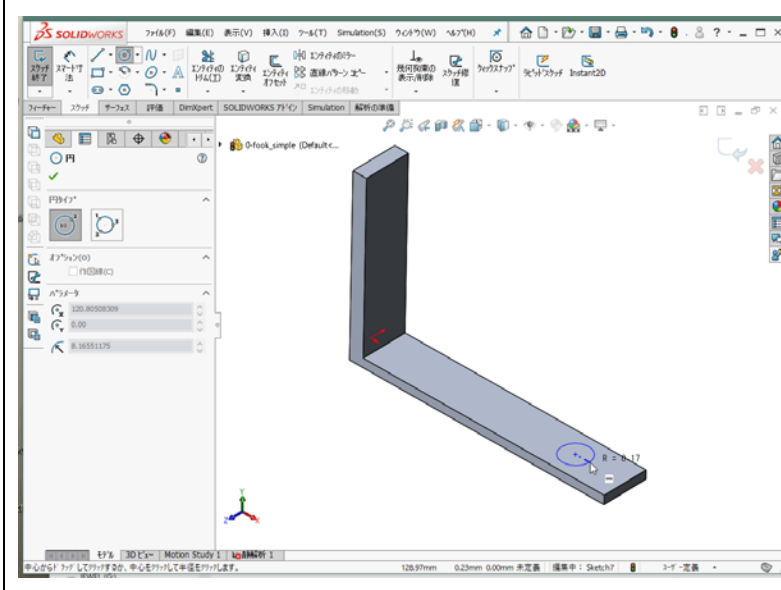
穴のスケッチを描くために、左の青い面をクリックします。そして、またスケッチをクリックします。これで、梁の上の面にスケッチが描けます。



穴の形状を描くので、今度は「円ツール」を選びます。

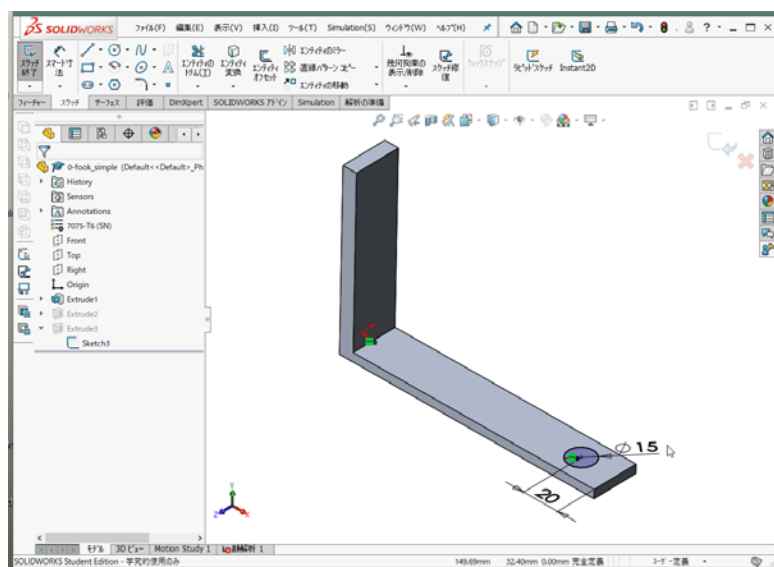


穴は板の幅の中央に空けます。マウスカursorを板の中央付近に置くと、最初のスケッチを描いたときの原点から線が示されます。コンピュータがデザインをする人の意図を推し量って、デザインを支援する機能のひとつです。



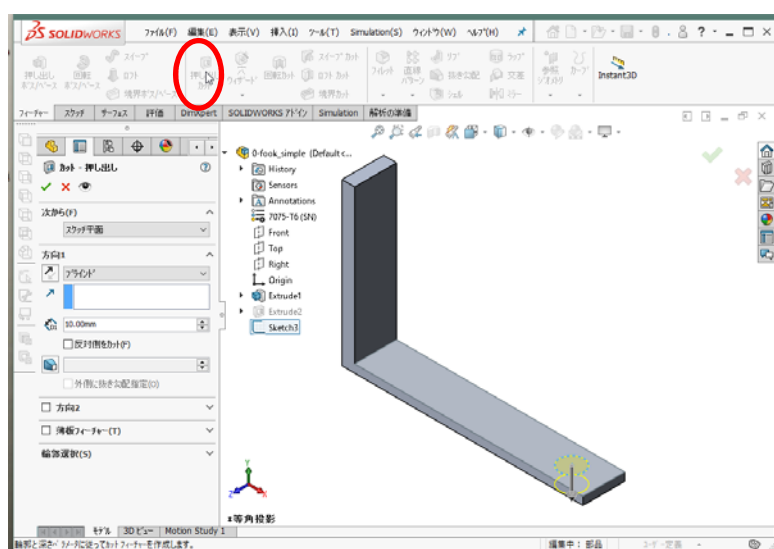
この線が表示されている場所で、クリックして円の位置を決め、次に少しずらしてクリックして、円の大きさを決めます。

正確に指定する必要はありません。正確な位置や大きさは、後で「スマート寸法」で指定します。

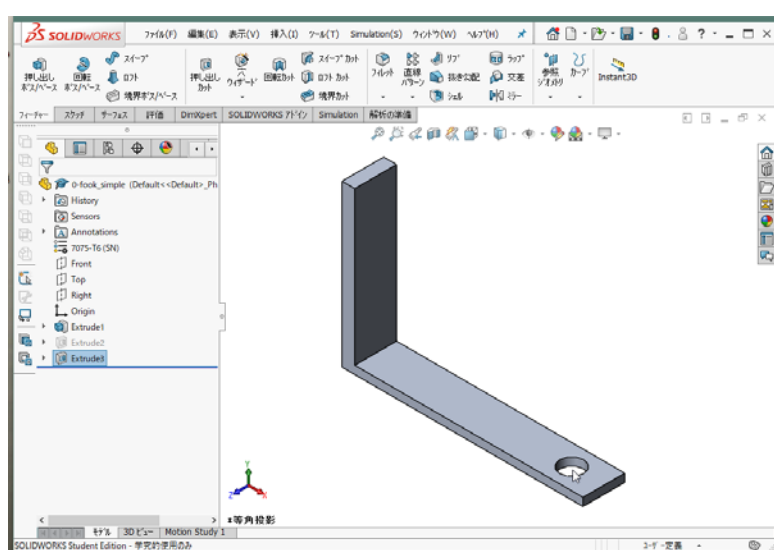


左の図のように指定します。
円の大きさは、円の外周をクリックすると指定できます。

指定ができれば、左上のボタンでスケッチを終了します。



今度は、左のカーソル位置の「押し出しカット」を使います。



円が押し出されて円柱ができるのではなく、円柱の形にくりぬいた形ができます。

このような作業を繰り返して、
だんだんと最終のデザインに近づけていきます。

CAD 上でデザイン (モデル) が完成すれば、3D プリンタや NC 機器を利用してすることができます。

シミュレーション体験

シミュレーションのように、デザインがよいかどうか調べることを「スタディ」と呼びます。

これから、モデルを壁に取り付けて、水平な梁に開いた穴に 100N の下向きの力をかける使い方を想定した強度解析の「スタディ」を行います。

1-hook_simple.SLDPRT を対象に、デモと説明をします。

デザインを修正した以下のモデルも準備しています。

2-hook_simple_with_fillet.SLDPRT

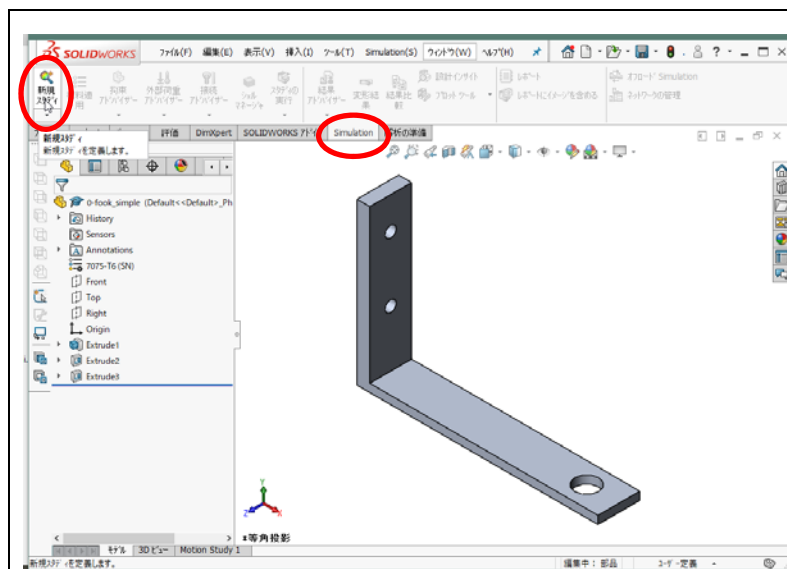
3-hook_simple_with_chamfer.SLDPRT

4-hook_simple_with_chamfer_and_hole.SLDPRT

5-hook_with_bridges.SLDPRT

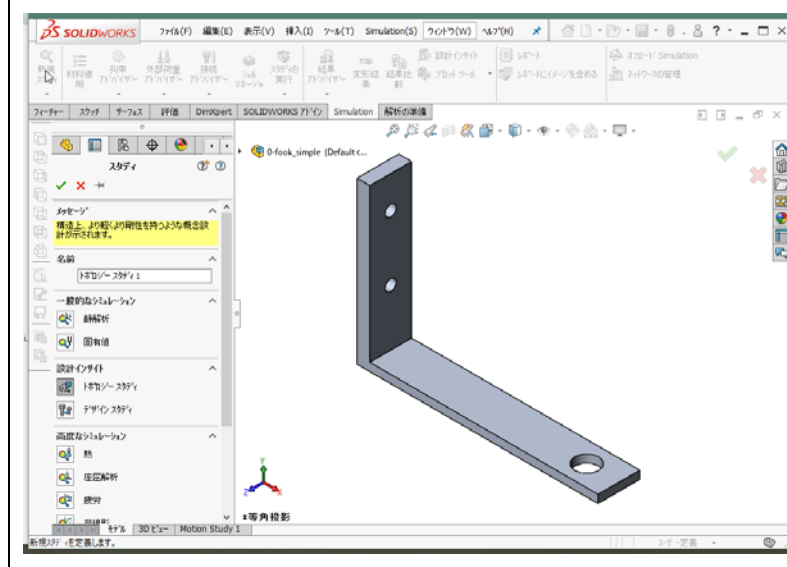
6-hook_frame.SLDPRT

デモの後でどれかを選んでシミュレーションをして、シンプルなモデルの結果と比べてみましょう。



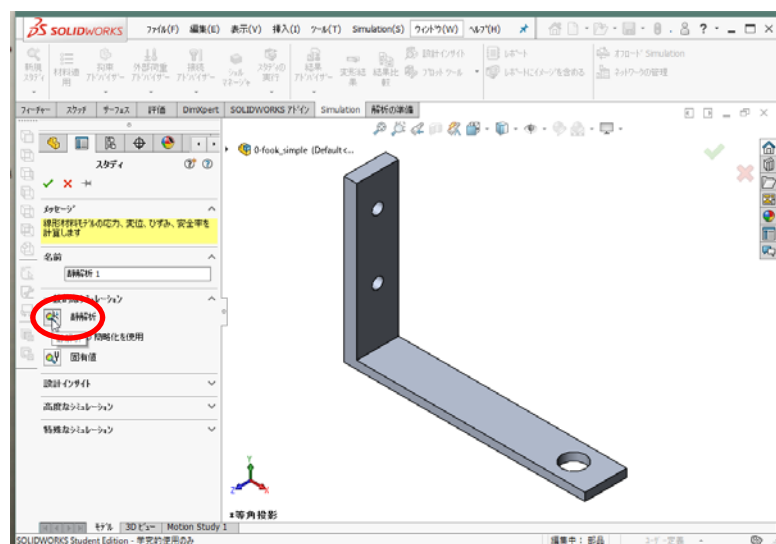
1-hook_simple.SLDPRT をダブルクリックで開きます。

「シミュレーション」の「新規スタディ」を押して、シミュレーションを始めます。

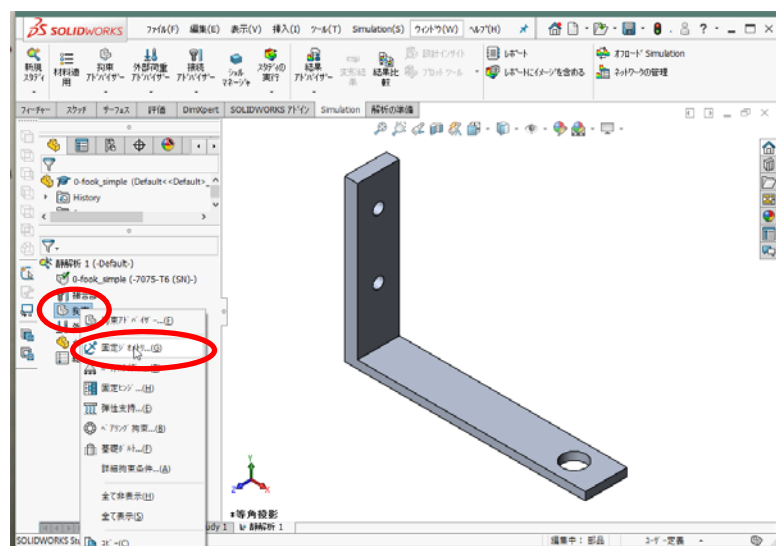


実験の種類やどのような条件を設定するのかの画面が現れます。

さまざまなシミュレーションがある、翻っていうと、デザインをするには、さまざまな視点からの検討が必要であることがわかります。



「一般的なシミュレーション」の「静解析」（一定の力がかかる）を選んで、次に進みます。

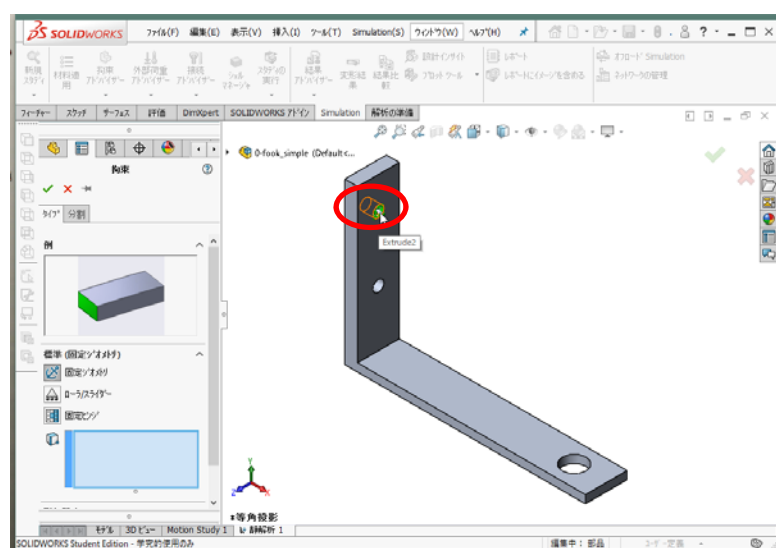


モデルの取付け方や荷重のかけ方を指定します。

まず、モデルの壁への取付けです。モデルの取り付け方を「拘束」といいます。

解析の種類と同様に、さまざまな拘束の方式があります。

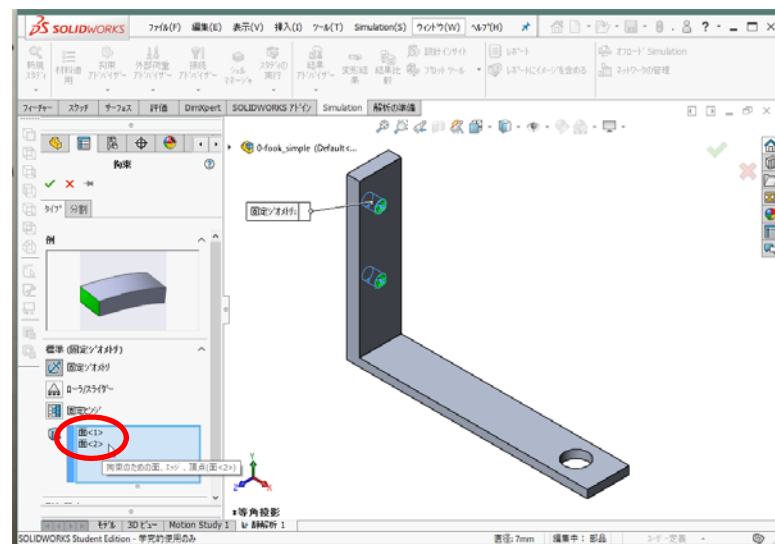
この「スタディ」では、びくとも動かない「固定ジオメトリ」を右クリックで選びます。



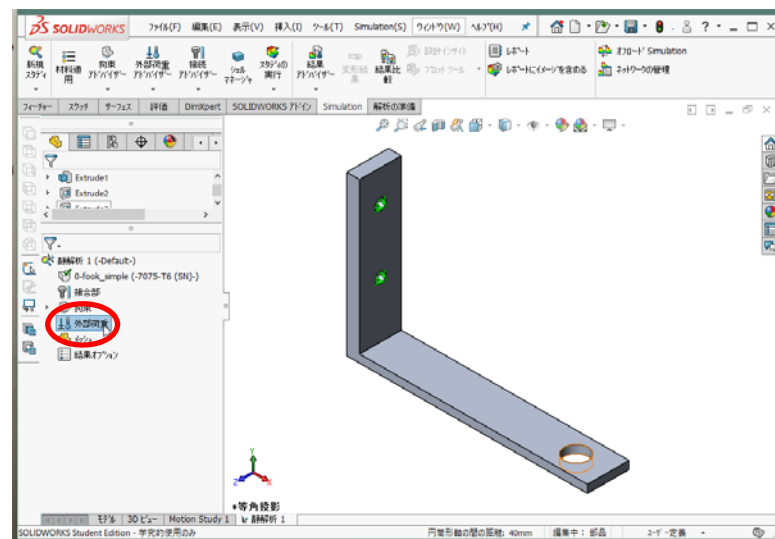
固定する対象に、縦に並んだふたつの穴の内面を選びます。

マウскарソルの位置によって、穴の内面や縁、穴が空いている板の面が選ばれます。

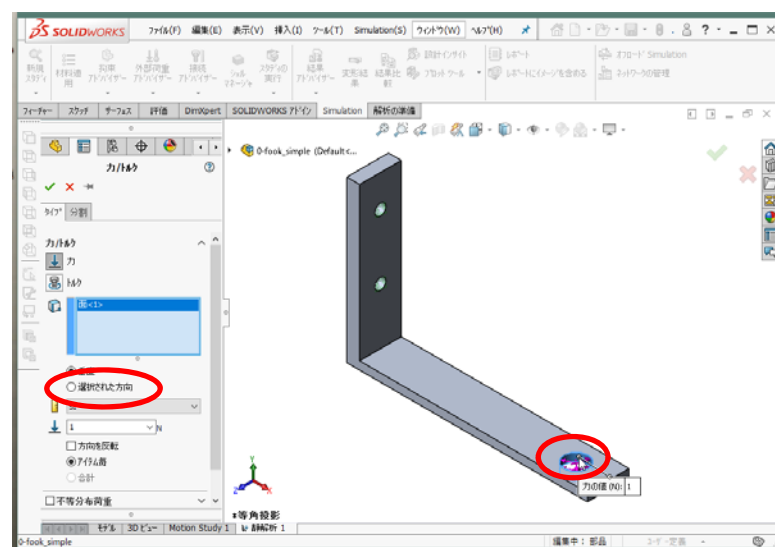
穴の内面が選ばれていることを、確認してください。



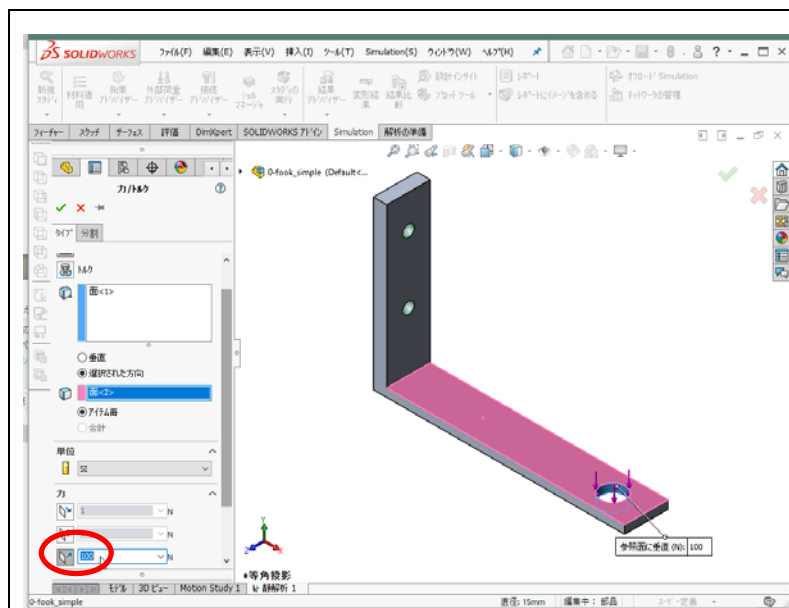
固定の対象にふたつの穴の内面が指定された状態です。これで、フックが穴で固定されて動けなくなりました。



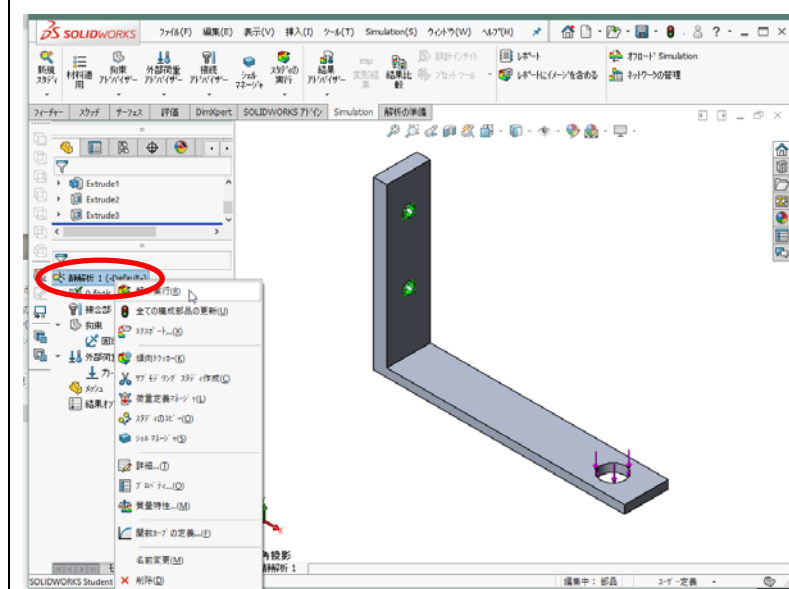
次に、水平な梁の上の穴に力をかけます。
「外部荷重」を右クリックで選んで、「力」を選びます。



力がかかる場所に穴の内面を選び、力の方向を「選択された方向」とします。



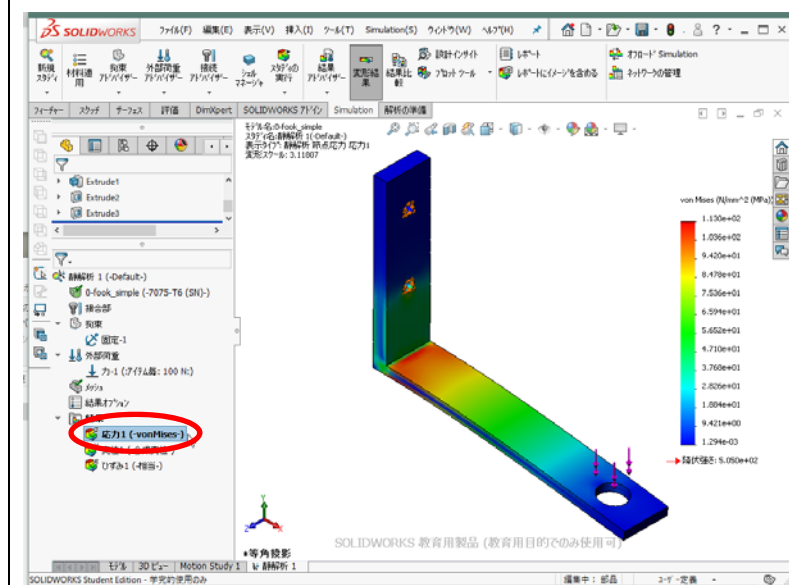
梁の上の面を選んで、これに垂直な力の欄（左の画面の○）に100Nを指定します。



「メッシュ」はコンピュータで方程式を解くときの大切な要素ですが、今日のところは設定をスキップします（標準の設定で使います）。

これで、コンピュータ内で行う「実験」の準備ができました。

「静解析」を右クリックして「解析実行」を選ぶと、実際に実験行なって得られる結果が、計算により求められます。

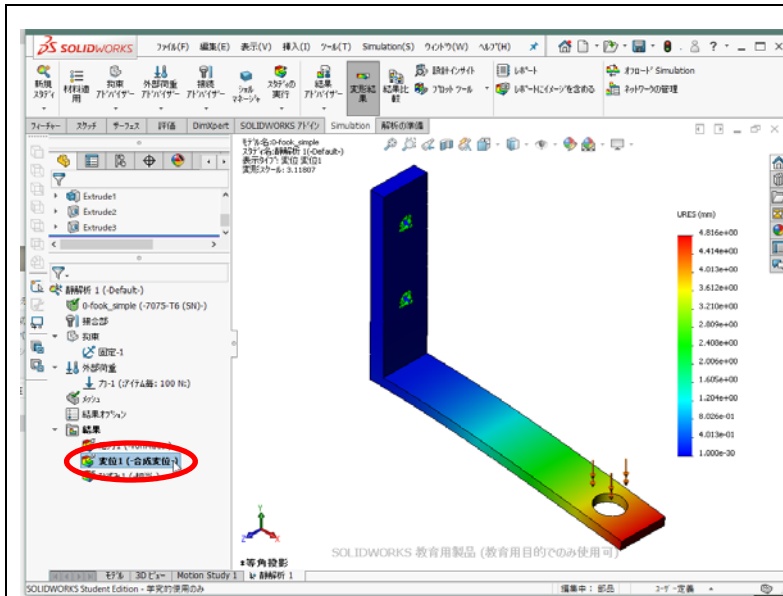


計算の結果、つまりデザイン案を試作して実際に使ったらどうなるか、を見てみましょう。

左は、「応力」の表示で、材料が壊れるまでにどれくらいの余裕があるかの指標です。

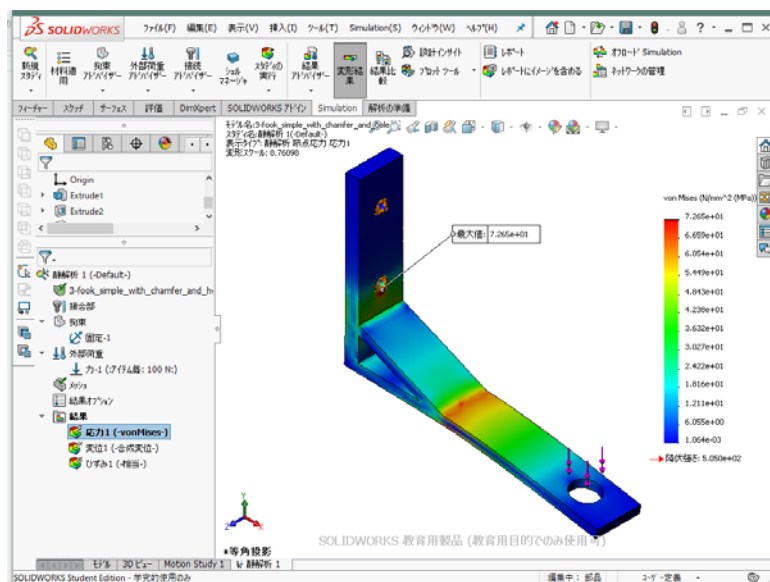
赤く表示されている梁の根本が一番壊れやすい状態になっています。

安心して使用できるためには、まずこの部分の形の修正が必要だと判断できますね。



これは、「変位」の表示です。
フックの先端が大きく下に撓んでいることが確認できます。

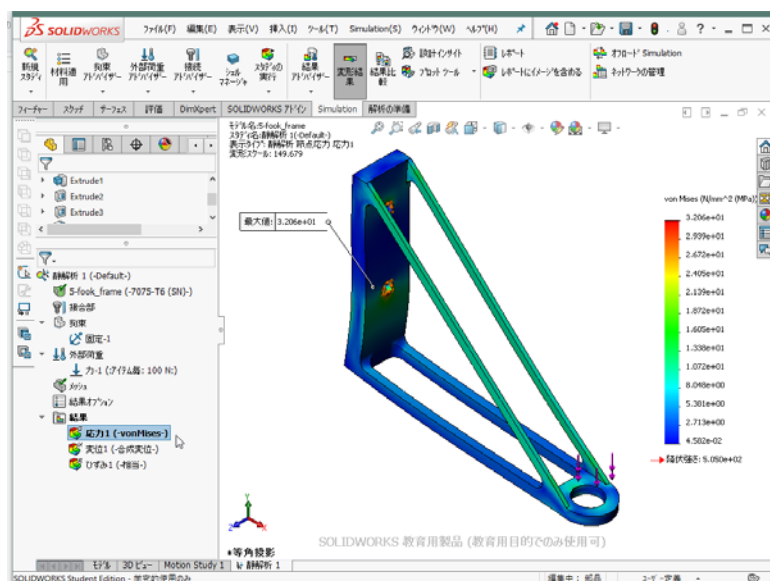
どれくらい撓むかを、試作品をつくらなくても予想することができます。



修正モデルのシミュレーション結果です。

色の違いと右端のカラーバーから、荷重に対して余裕ができていることがわかります。

ただし、最初のモデルの質量 106.1gr に対して本製品は 123.1gr と、少し重くなっていました。



さらにデザインを修正しました。

全体での効果的な荷重分担により、機能的に向上していることが確認できます。本製品は 82.4gr で、初期モデルに対して 20%以上の質量削減もできています。

トポロジー最適化体験

少し欲張って、最適化も経験してみましょう。
最適化は、

- 寸法最適化
- 形状最適化
- 位相最適化

の3つに大別されます。

これらの中で、位相最適化は、有機的な形が得られてデザインの起点にもなる方法として注目されています。

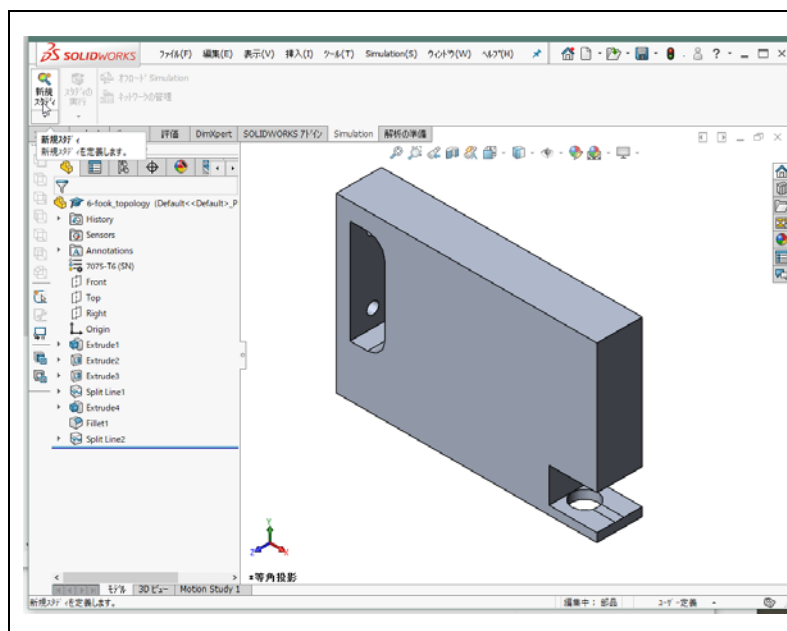
前のシミュレーションでは、全体の強さの無駄を省き均一化する過程で、だんだんと製品らしくなってきました。これをさらに進めたいのですが、応力のかかり方は場所ごとに異なって、形によっても変わりますから、人の手で描いたスケッチで最適化するのは、相当に難しそうです。

ここでコンピュータと二人三脚で、この最適化作業を行います。

この体験演習には、7-hook_topology.sldprt を使います。ファイルをダブルクリックして、SolidWorks にモデルを読み込みます。

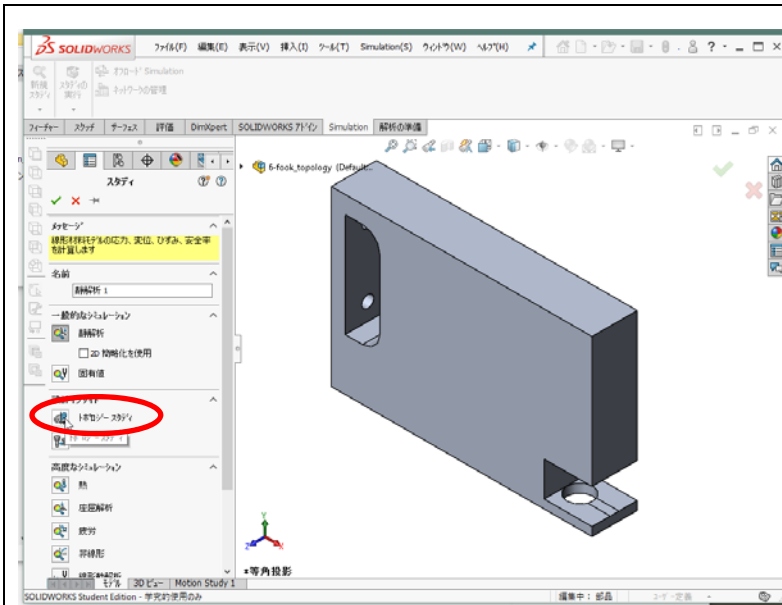
シミュレーションの結果をもとに、目的に対して効果が少ない部分を削除して最終形状を求めるので、わざと、大きなブロックから計算をはじめます。ただし、フックを壁に固定したり、荷重をかけたりといった穴は機能上から固定されますから、「あなたが」決めて、与えます。

このはじめの形（初期形状といいます）で、結果が変わります。よい初期形状をあなたが考え、それをコンピュータが処理した結果を利用して、斬新でしかも理にかなったデザインをするわけです。

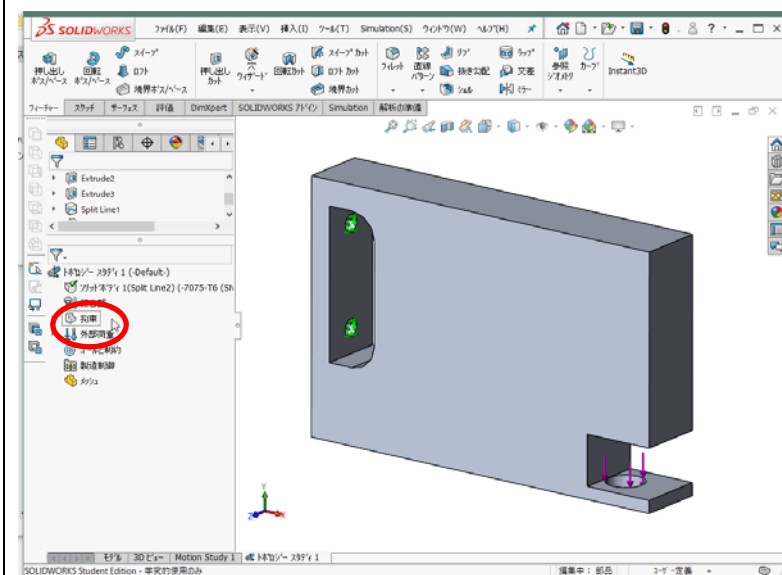


7-hook_topology.SLDPRT をダブルクリックで開きます。

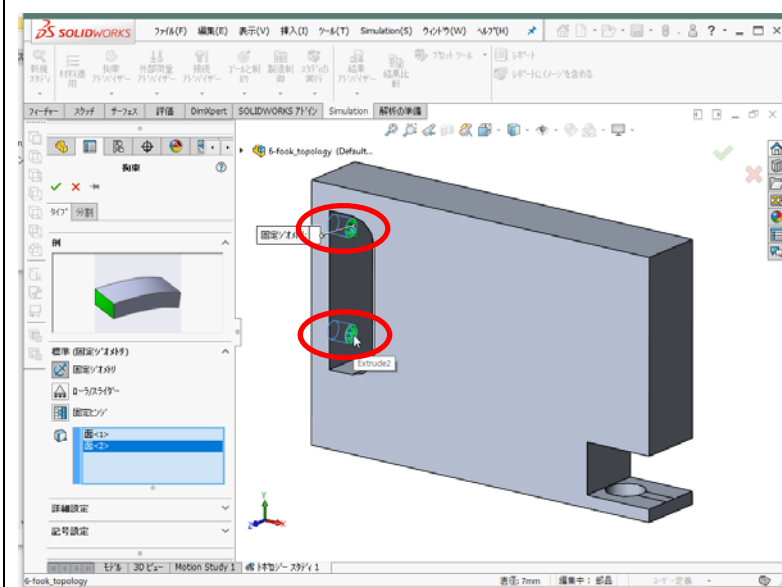
「シミュレーション」タブから「新しいスタディ」を選びます。



次に「設計インサイト」から「トポロジースタディ」を選びます。

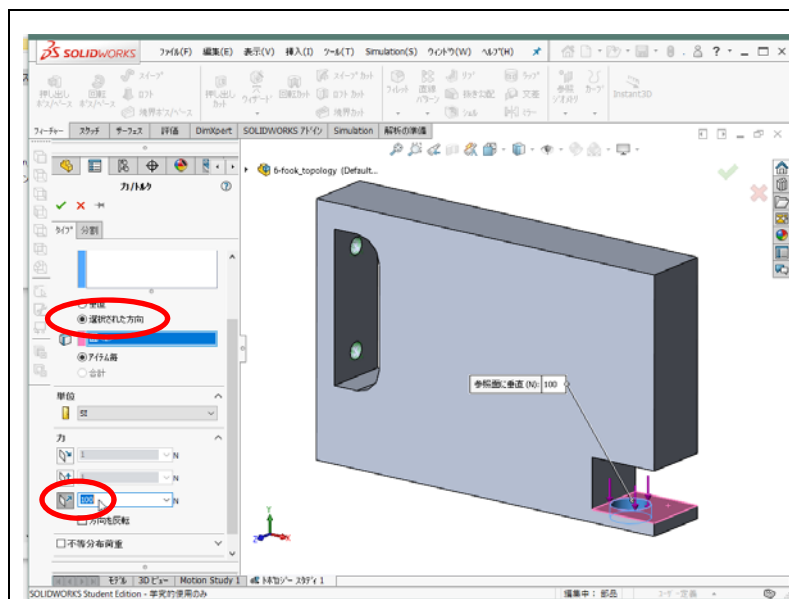


「拘束」と「外部荷重」を設定します。これらは、前の「静解析」と同じです。

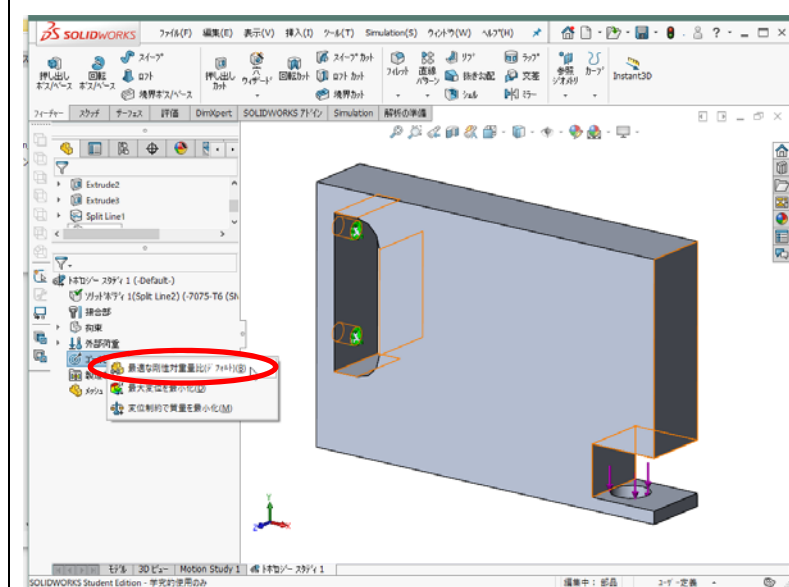


壁に留めるふたつの穴を固定します。

「固定ジオメトリ」でふたつの穴の内面を固定します。



荷重をかける穴を指定して力の方向を指定します。
力の大きさは100Nです。

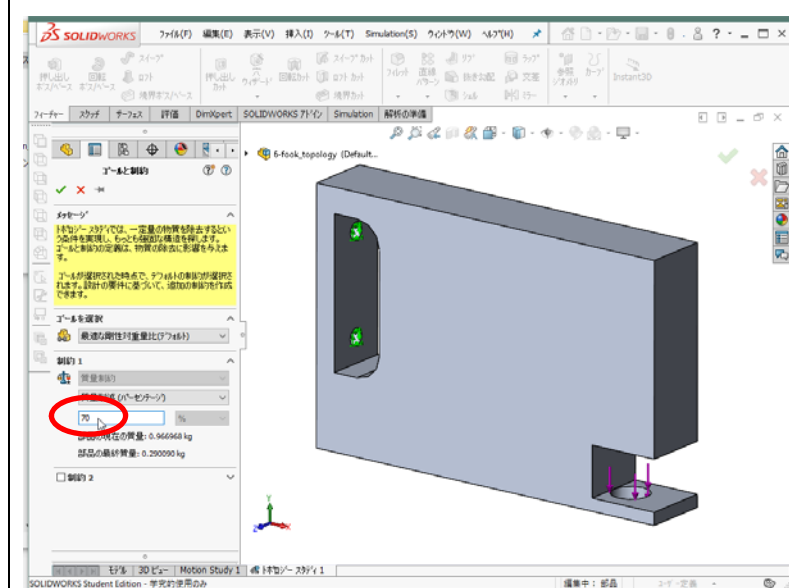


「ゴールと制約」の設定が必要です。

これは材料をどれだけ残すか、どんな状態をよい結果の目標にするか、などです。

詳細に設定をすることで高度な要求を課すことができます。

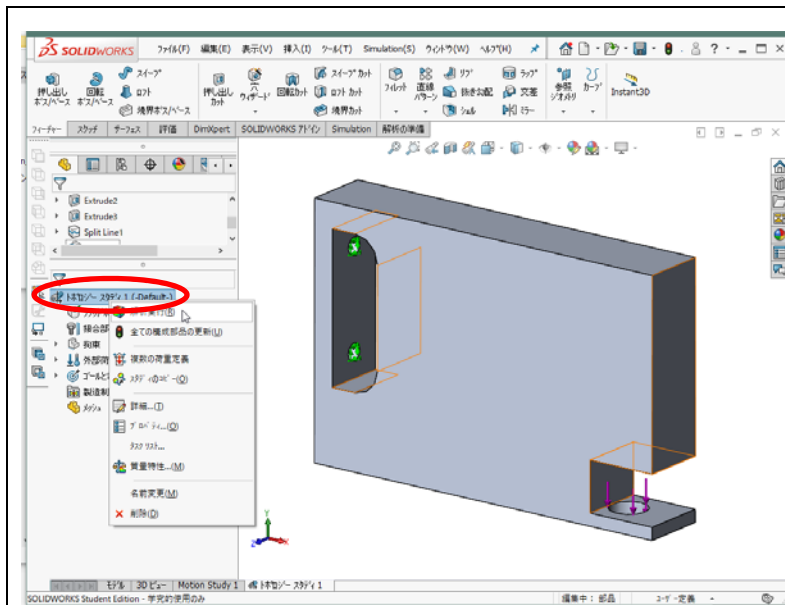
今日のところはデフォルトで体験しましょう。



今日のところは、はじめの体積から「10%」になるまで材料を除くように設定します。

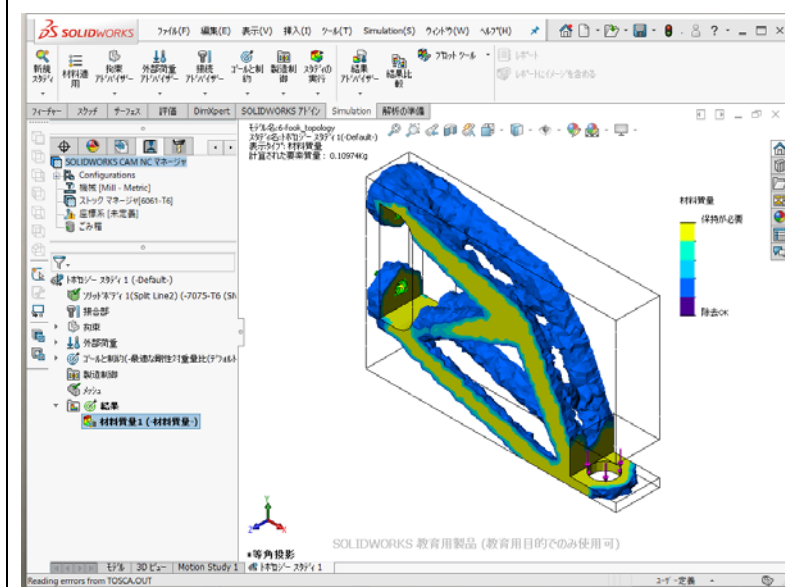
つまり、90%の体積を削り落とした形を求めます。

初期モデルの設定、拘束、荷重、ゴールと制約の設定により、さまざまな形が掘り出されます。



「トポロジースタディ」を右クリックして、「解析実行」で、究極の形の候補が提案されます。

前の「シミュレーション」よりも少し時間がかかります。



トラスでのデザインと似ていますが、さらに有機的で面白い形が得られました。

「より高度なデザインのスタート地点」です。

凸凹の表面まま製品にすることはできません。また、加工や使い勝手の検討も必要です。デザイナーの知識やアイデアをもとに CAD モデリングを行って、製品らしい形に修正をします。