

A large industrial robot arm is shown in a factory setting, performing a welding task. The robot is primarily white and blue, with a welding torch at the end. Bright orange sparks are flying from the point of contact between the torch and the metal workpiece. The background shows the complex structure of a factory with various pipes, beams, and other machinery.

Fusion 360 for Generative design



本日のアジェンダ

形式: ハンズオントレーニング

- ジェネレーティブデザインの基本設定
- SAE Japan で実際に使用したベルクランク
ジェネレーティブデザインを試みよう。
- 補足説明



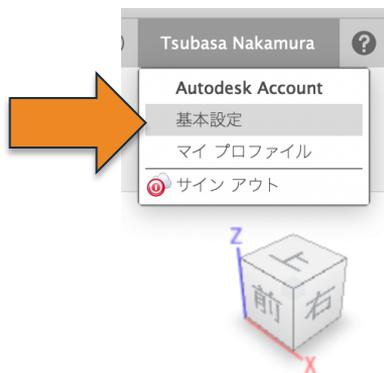
基本設定(メールアドレスの変更方法)

- 右上の名前をクリックして、基本設定を開く

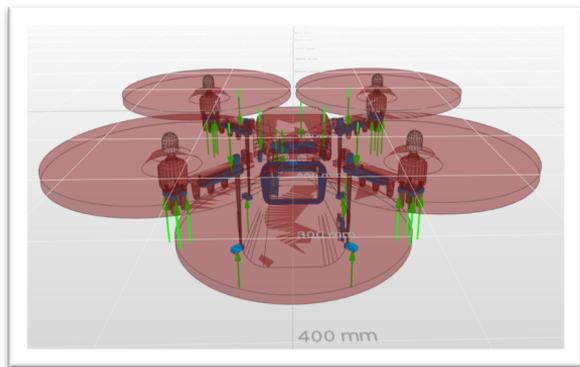


基本設定(プレビュー機能)

- プレビュー機能(開発中)は基本設定から選択できます。



ジェネレーティブデザインの流れ



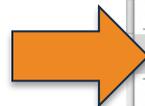
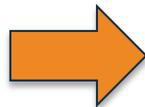
定義する

生成する

探求する

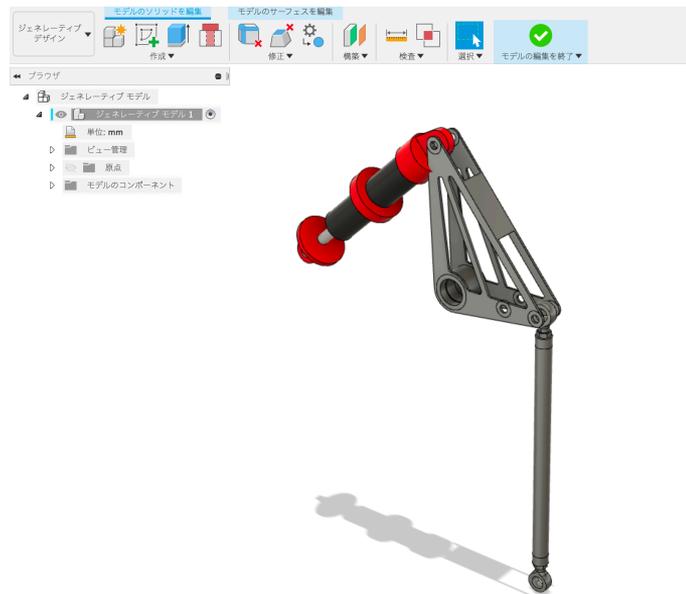
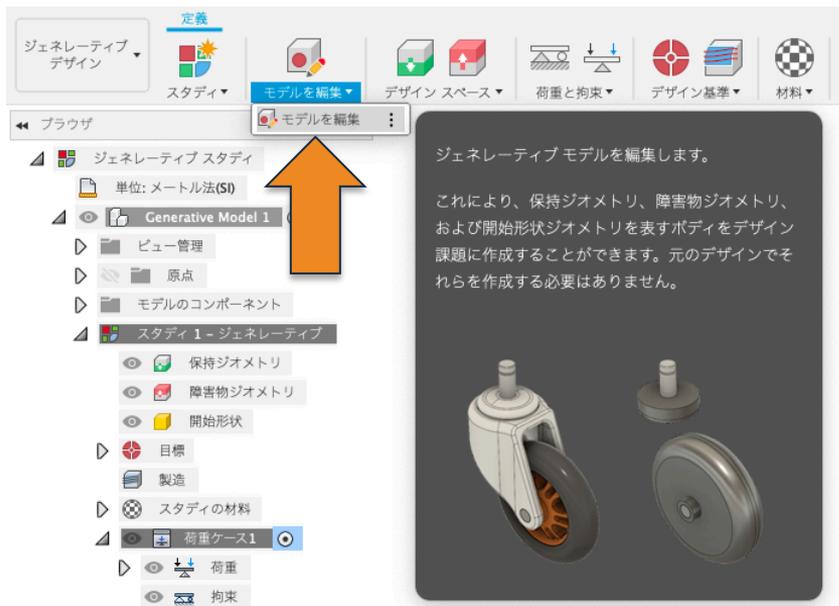
ジェネレーティブデザインに変更

- 作業スペースを「ジェネレーティブデザイン」を選択
「デザイン」→「ジェネレーティブデザイン」に変更されたことを確認



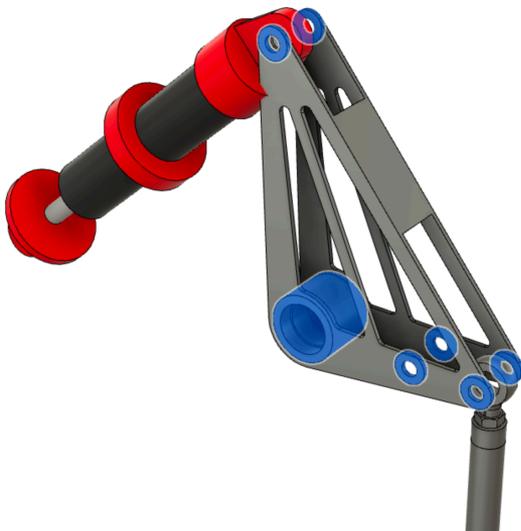
モデルを編集

- ジェネレーティブデザインを設定するときのみに使用するソリッドモデルを作るために「モデルを編集」に切り替えてモデルを作成します。



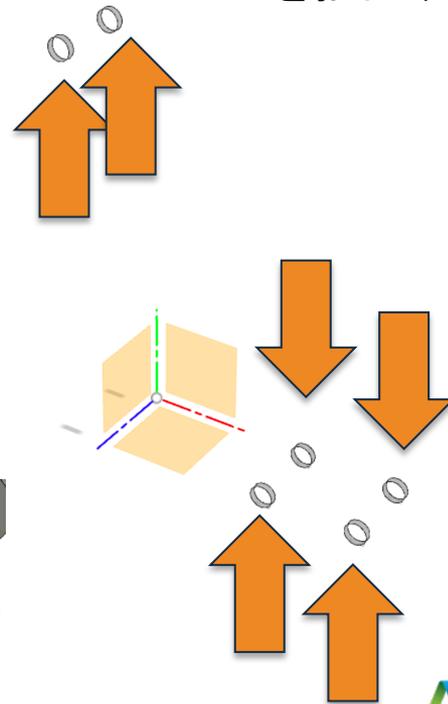
保持形状を作成する

- 保持形状7箇所をそれぞれモデリングする。



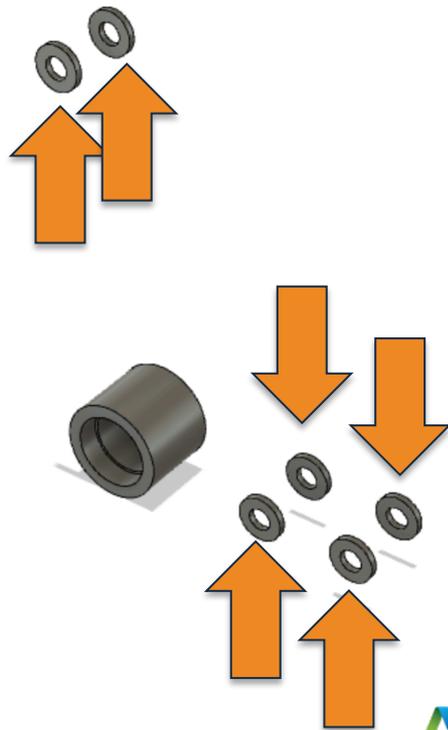
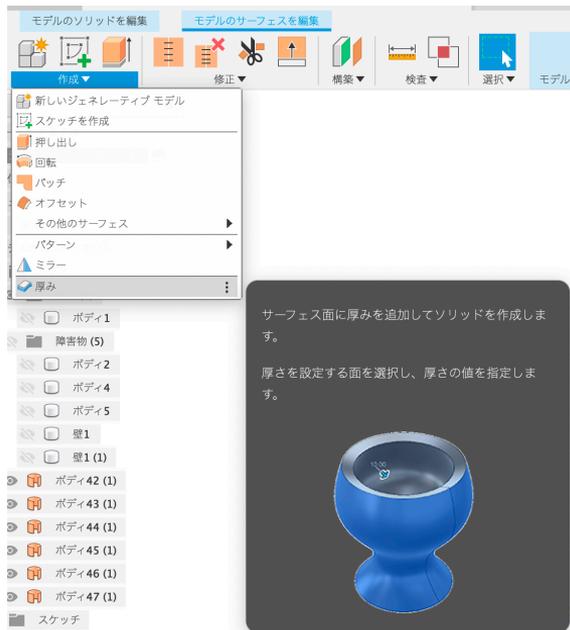
保持形状を作成する

- 矢印の箇所はベルクランクパーツのそれぞれの内側の面を参照にする。
- 「モデルのサーフェスを編集」>「オフセット」を使ってサーフェスを抽出する



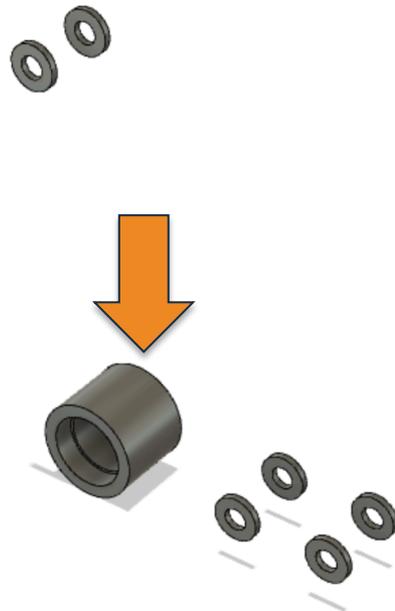
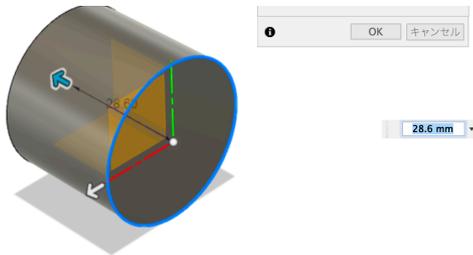
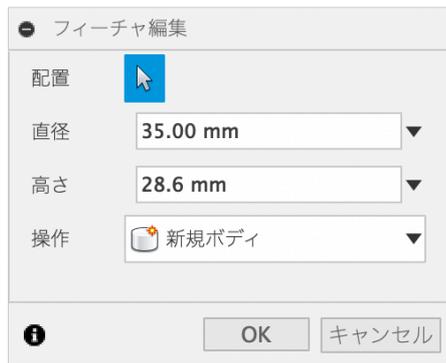
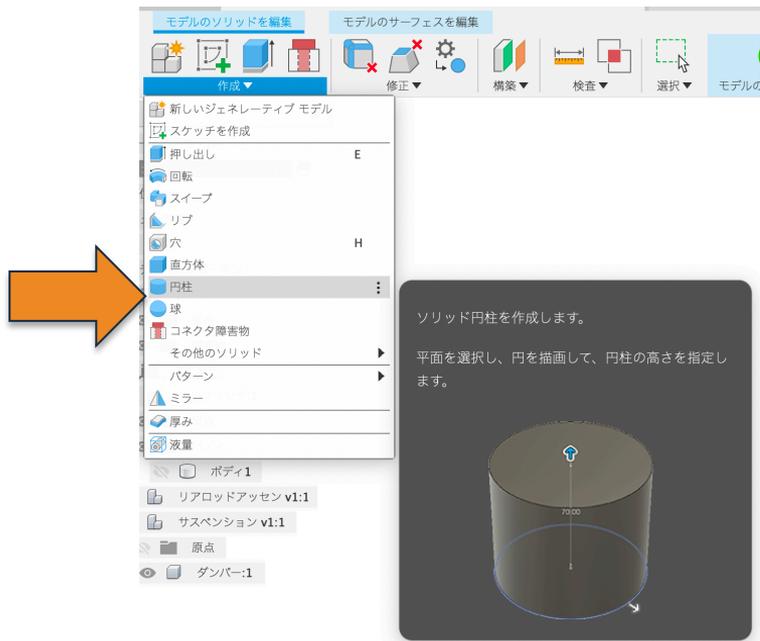
保持形状を作成する

- 「厚み」コマンドで-4mm厚みをつける。



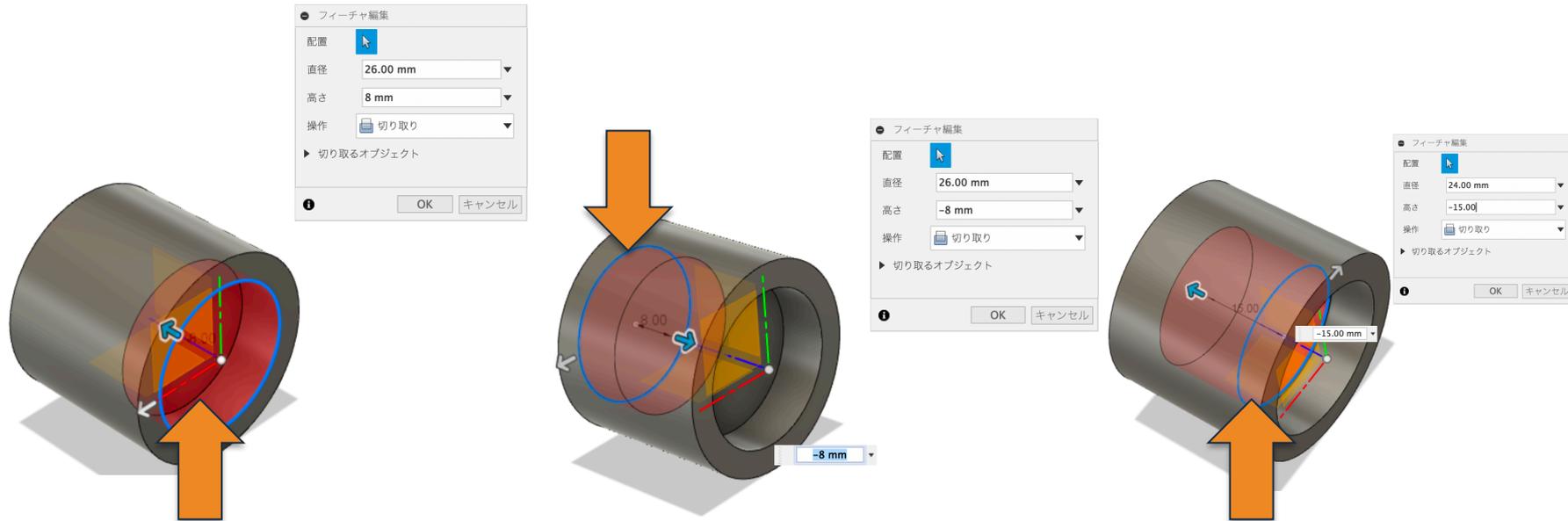
保持形状を作成する

- 「円柱」コマンドで次の円柱形状を作成する



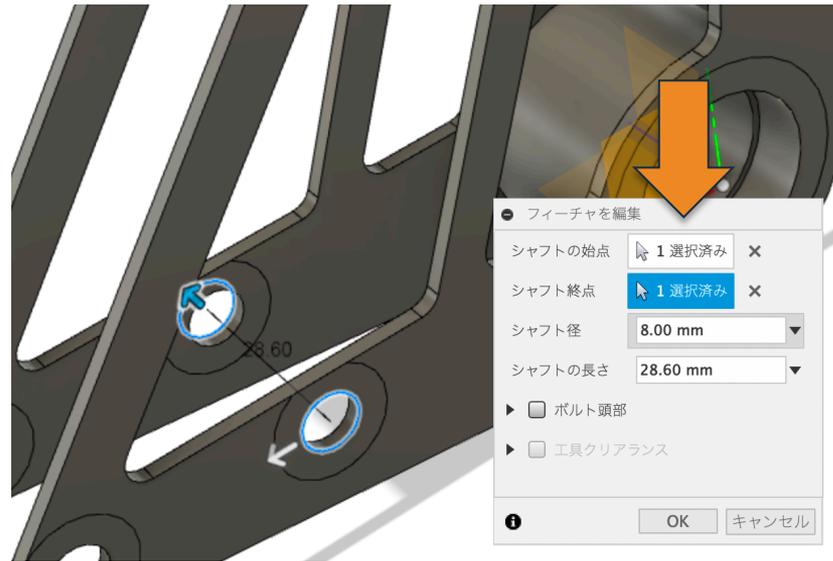
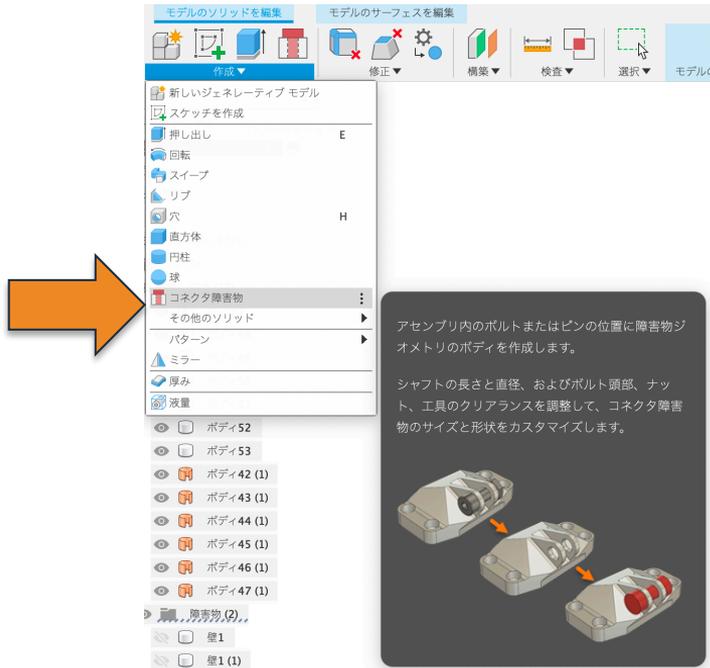
保持形状を作成する

- 次に同じ「円柱」コマンドで次の円柱形状を作成し「切り取り」を選択する。
- また反対側からも同じ「円柱」コマンドで「切り取り」を選択する
- 最後に「円柱」コマンドで「切り抜き」コマンドを作成する。



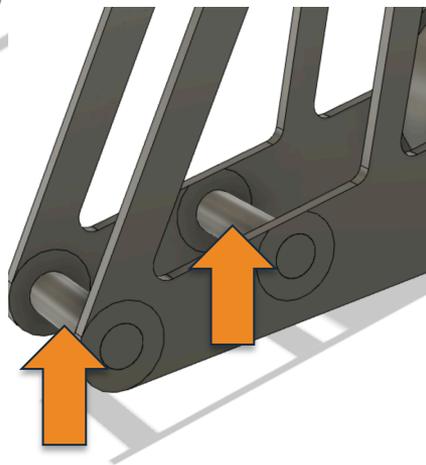
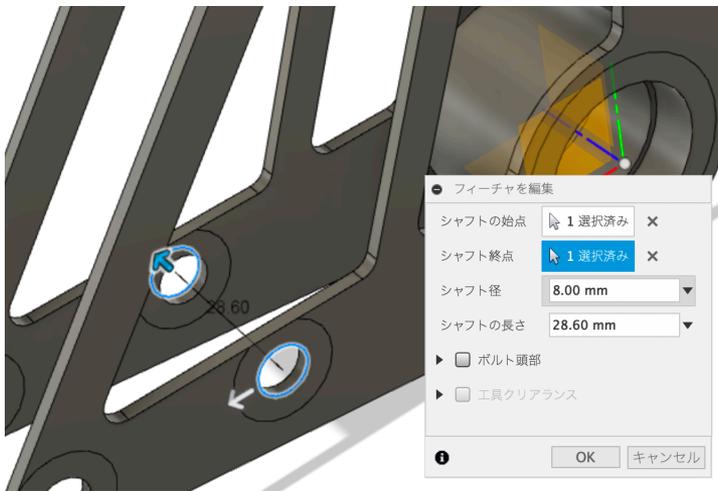
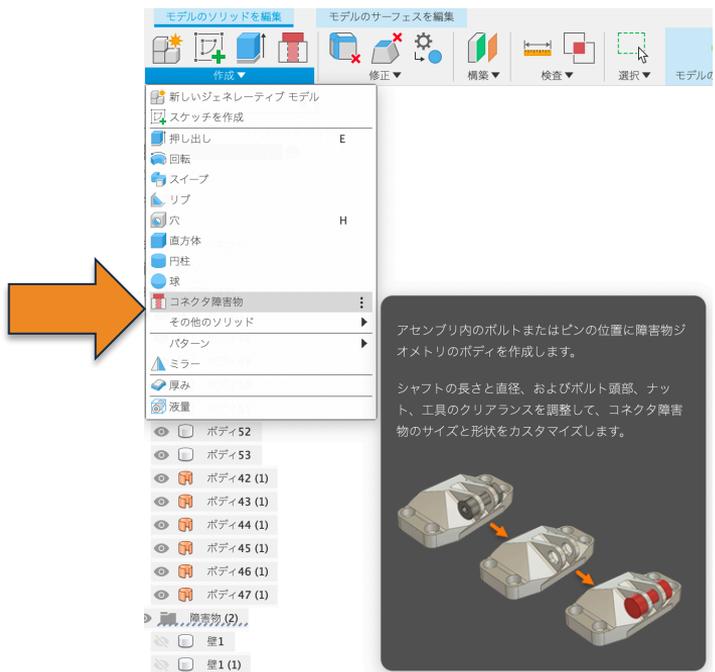
障害物形状を作成する

- 「コネクタ障害物」コマンドで、「シャフトの始点」と「シャフトの終点」のエッジを選択するとシャフトが簡単に作成できる



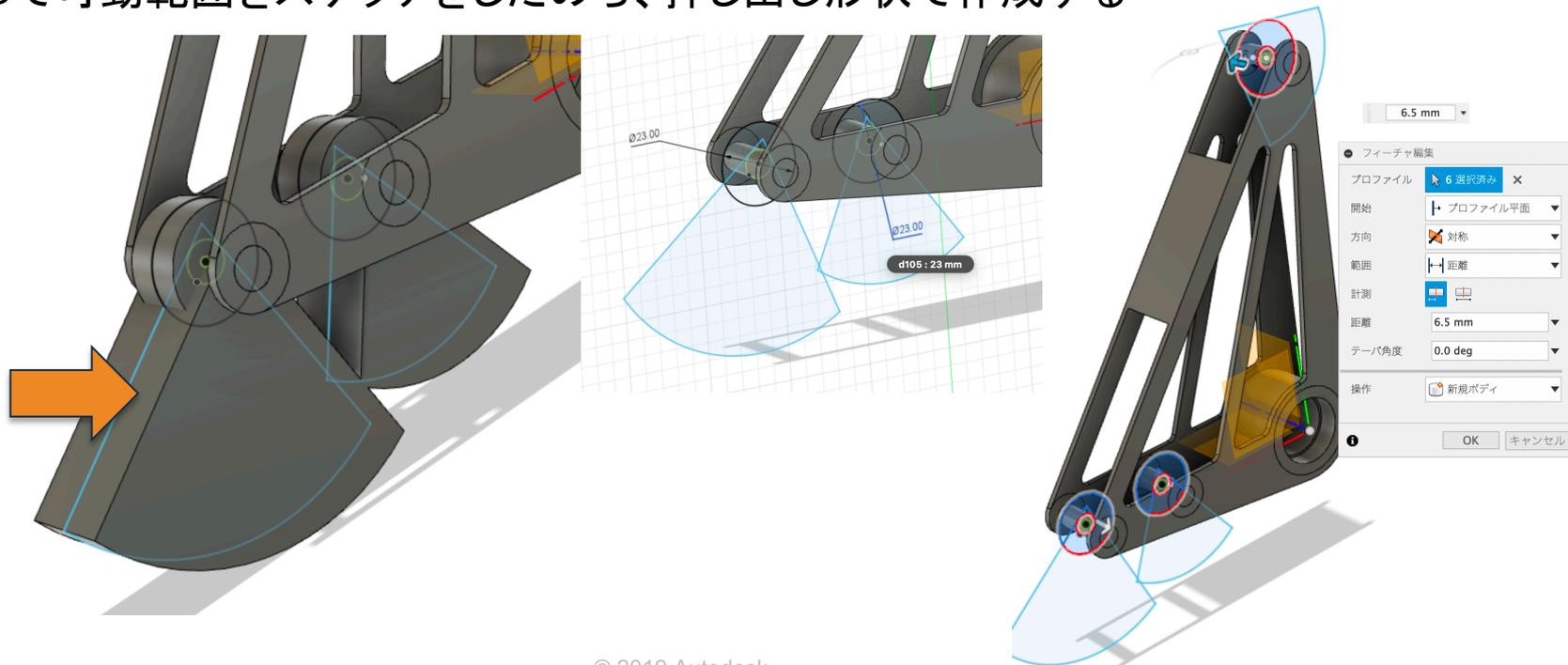
障害物形状を作成する

- 「コネクタ障害物」コマンドで、「シャフトの始点」と「シャフトの終点」のエッジを選択するとシャフトが簡単に作成できる。2箇所作成する



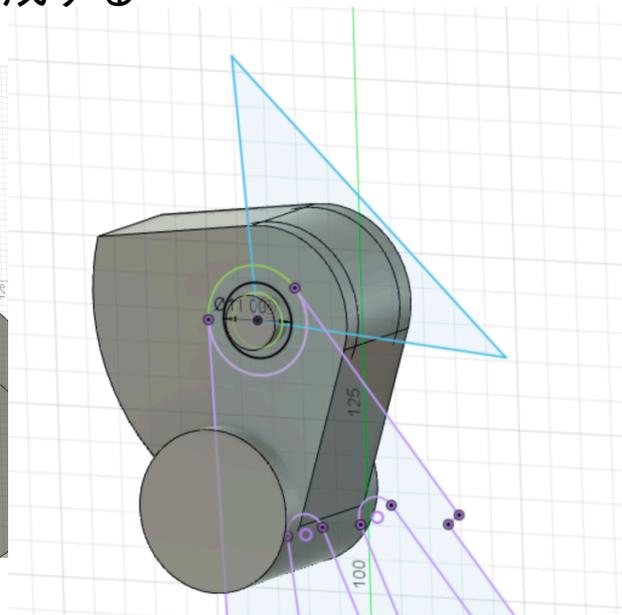
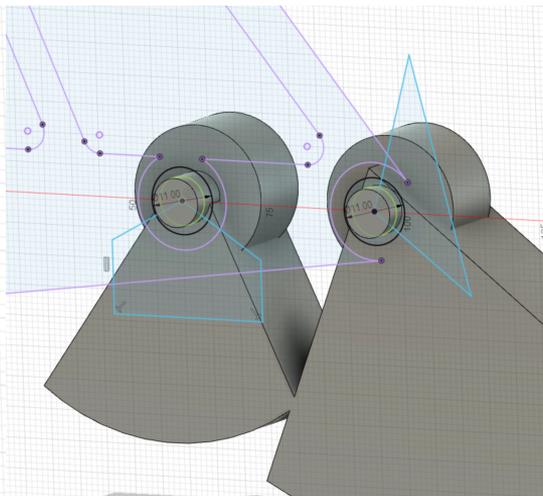
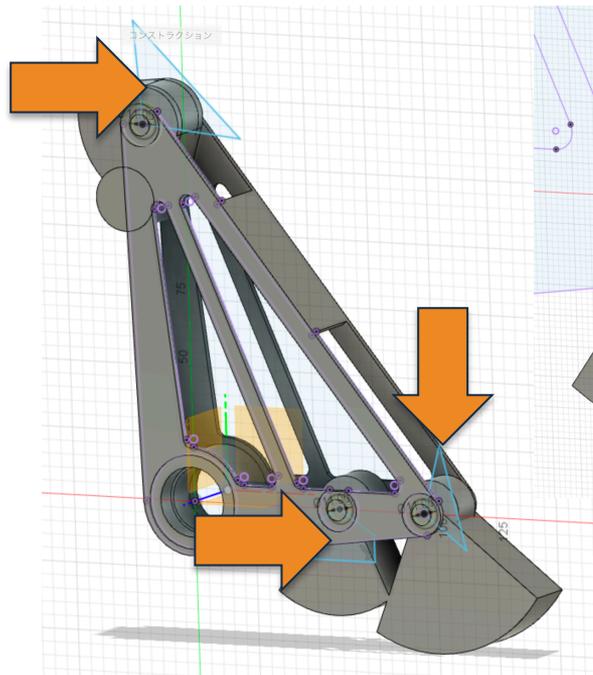
障害物形状を作成する

- 障害物になるパーツの可動範囲も考慮して形状を作成する。
- 2Dで可動範囲をスケッチをしたのち、押し出し形状で作成する



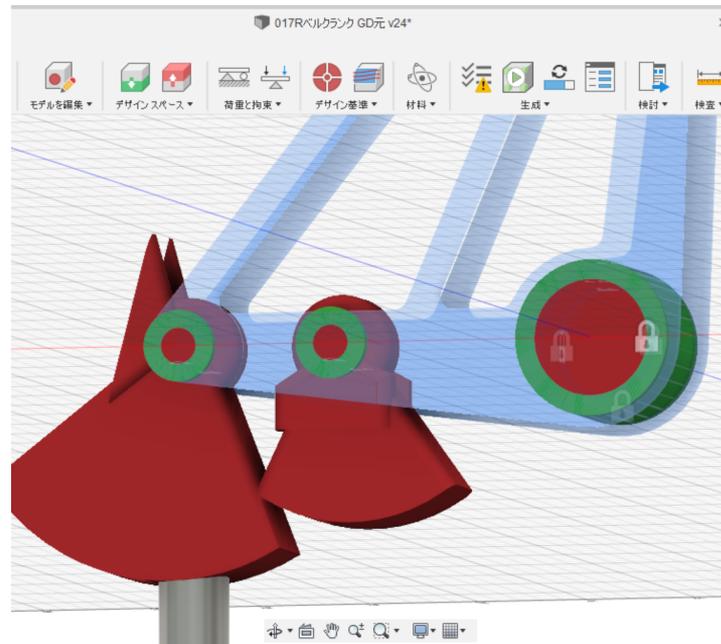
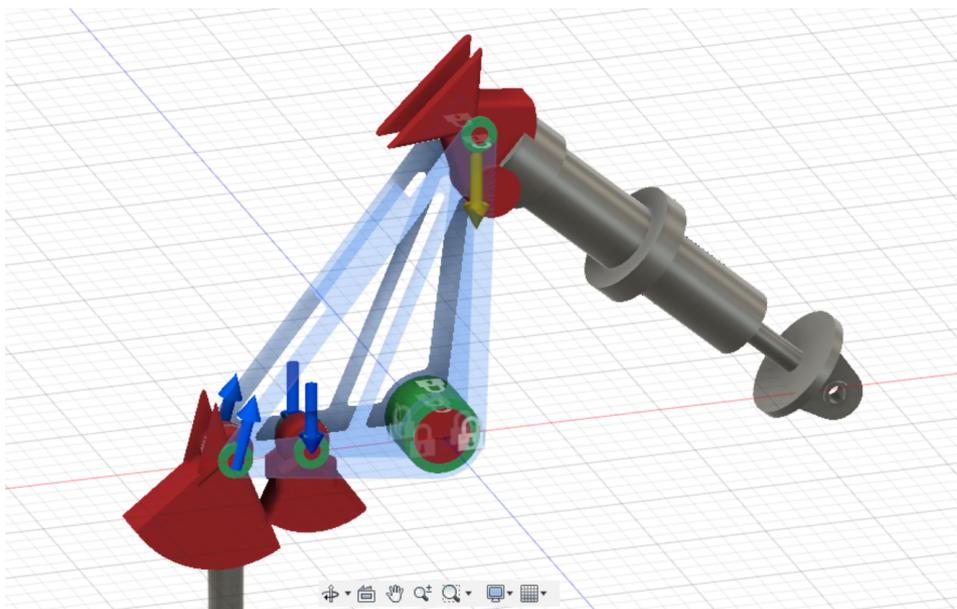
障害物形状を作成する

- 障害物になるパーツの可動範囲も考慮して形状を作成する。
- 2Dで可動範囲をスケッチをしたのち、押し出し形状で作成する



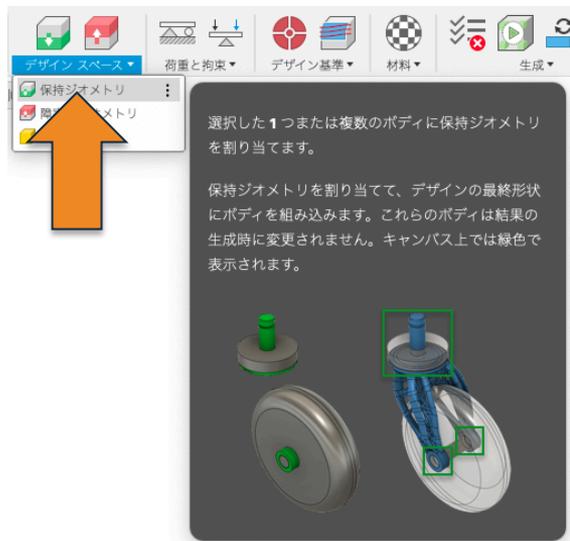
障害物形状を作成する

- 障害物になるパーツの可動範囲(赤い部分)も考慮して形状を作成する。
- 2Dで可動範囲をスケッチをしたのち、押し出し形状で作成する



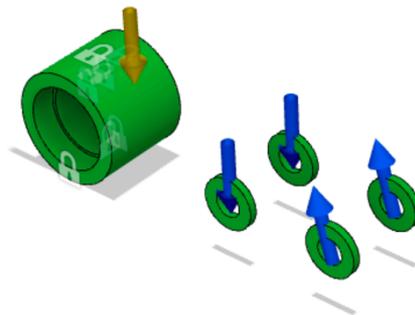
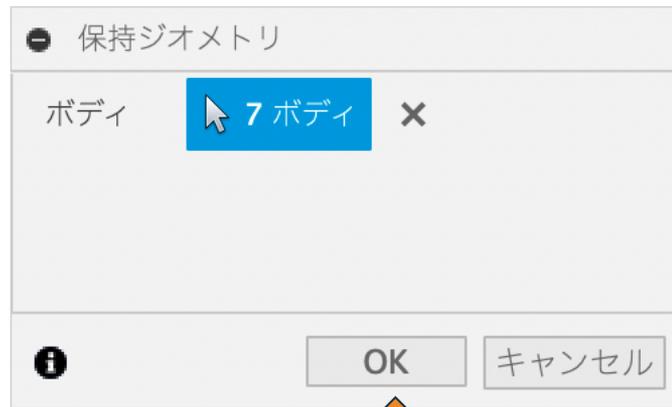
保持ジオメトリと障害物ジオメトリを選択する

- 「保持ジオメトリ」を選択。



保持ジオメトリと障害物ジオメトリを選択する

- ジェネレーティブデザインは通常ツールバーを左から順番にクリックしていけば設定が終了しますが、デザインスペースについては、最初に「保持ジオメトリ」(緑)を設定する
- 右の図の7つのオブジェクトを選択して、OKを押す。



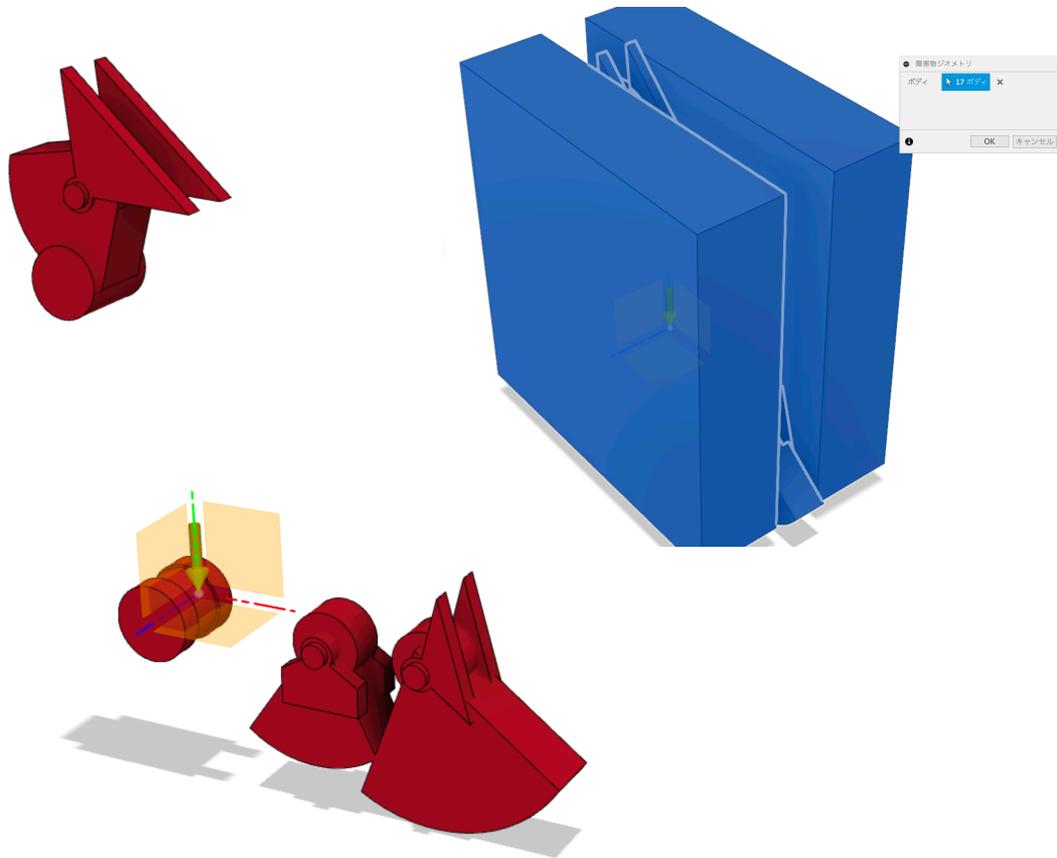
保持ジオメトリと障害物ジオメトリを選択する

- もし選択ミスなどがあった場合は、ブラウザ内の障害物ジオメトリにマウスカーソルを合わせると、一番右に編集用のボタンが表示されますので、クリックして編集してください。



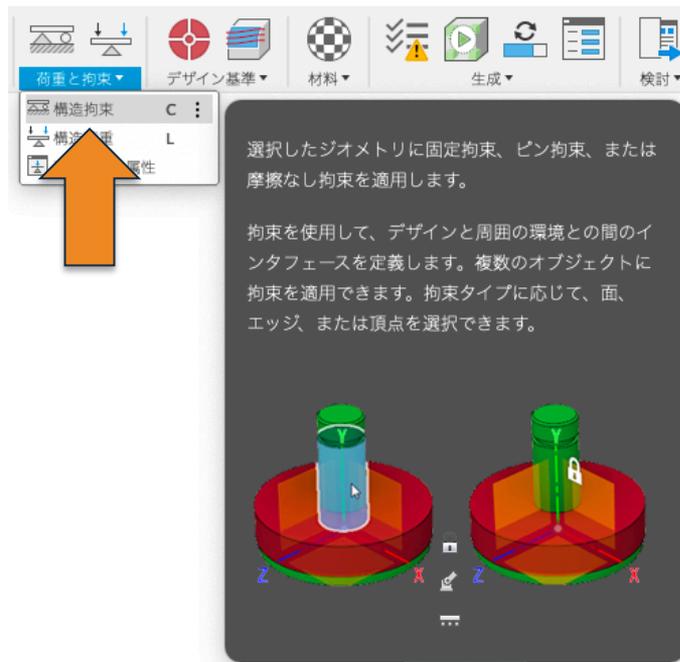
保持ジオメトリと障害物ジオメトリを選択する

- 次に障害物ジオメトリ(赤)を設定しましょう。
- 右図のオブジェクトを選択してOKを押します。
- また両方の外側に壁を設けて外側に形状が出ないようにしています。



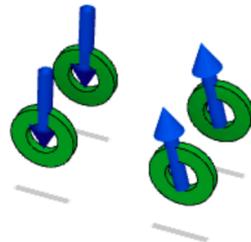
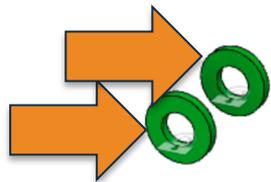
構造拘束の設定

- 続いて構造拘束を設定しましょう。「構造拘束」コマンドを選択します



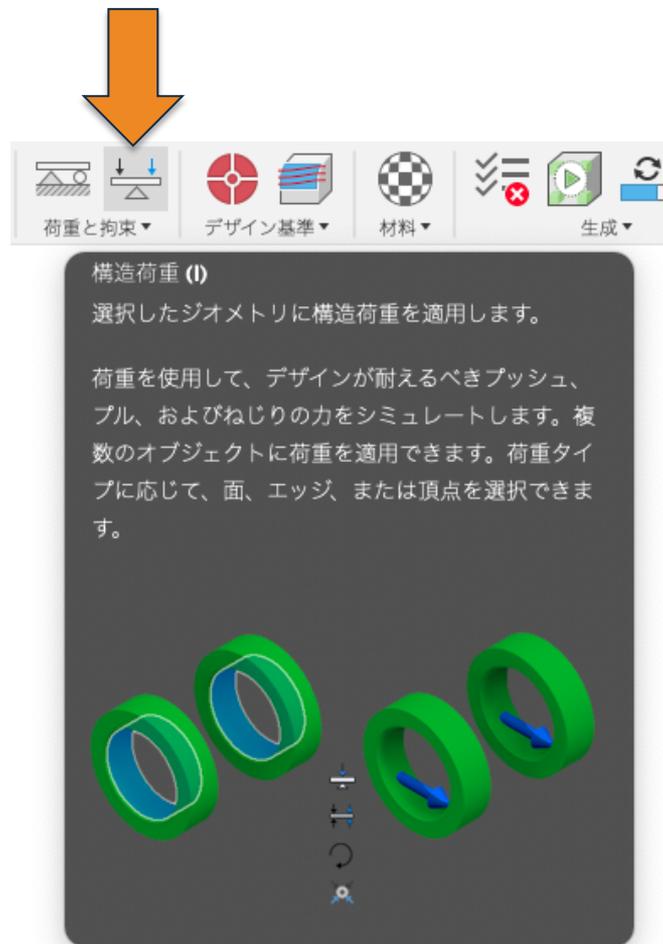
構造拘束の設定

- 右図の3面選択してOKをクリックしてください。
- この面は絶対に動かないという設定をします。



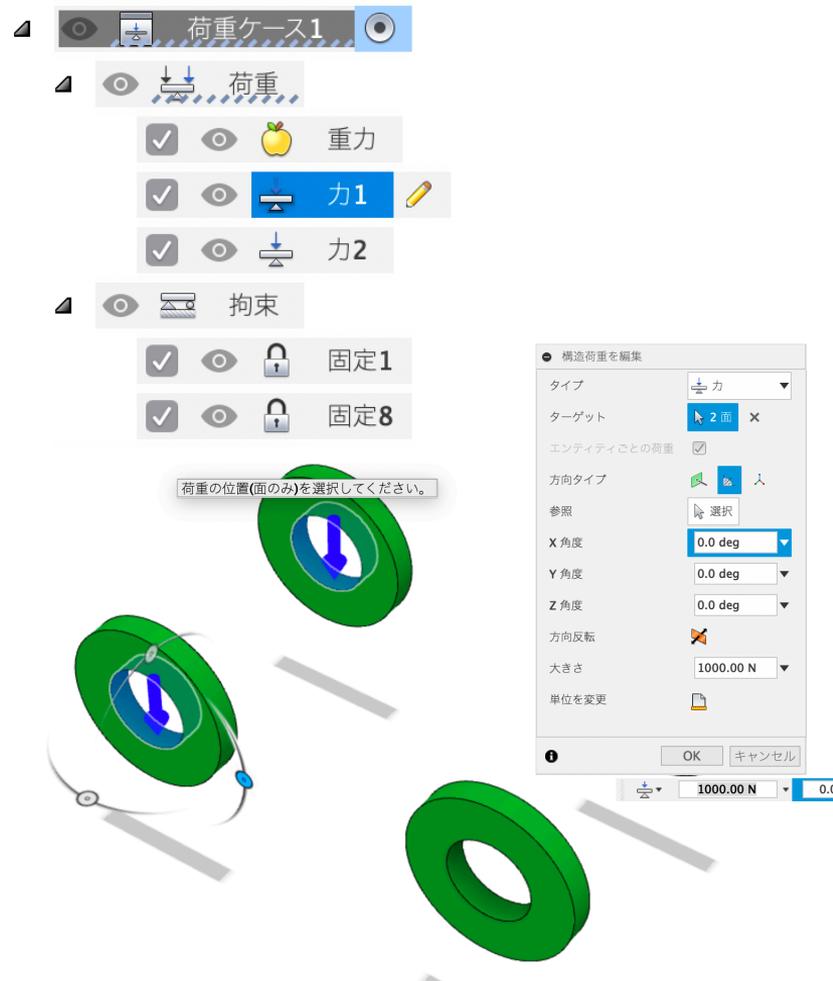
構造荷重の設定

- 続いて構造拘束を設定しましょう。「構造拘束」コマンドを選択します



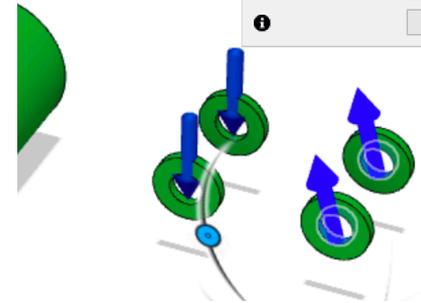
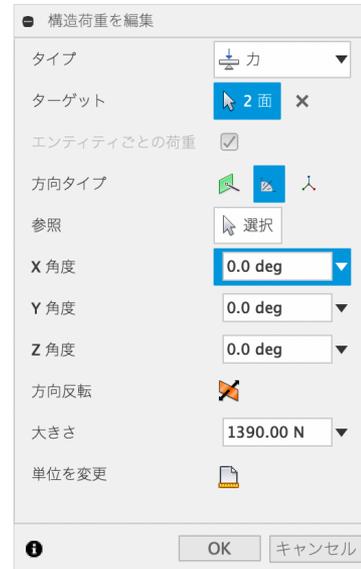
構造荷重の設定

- 「構造荷重」を設定します。物体にどの方向にどの程度がかかるかを設定します。
- これにより、拘束されている箇所と、荷重がかかる箇所の間を、ジェネレーティブデザインが壊れない形で生成してくれます。
- 例として、1000 Nと入力。



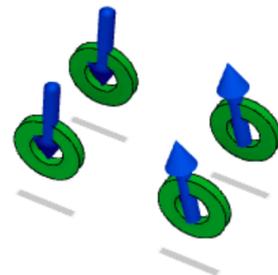
構造荷重の設定

- 「構造荷重」を設定します。物体にどの方向にどの程度がかかるかを設定します。
- これにより、拘束されている箇所と、荷重がかかる箇所の間を、ジェネレーティブデザインが壊れない形で生成してくれます。
- 例として、1390 Nと入力。



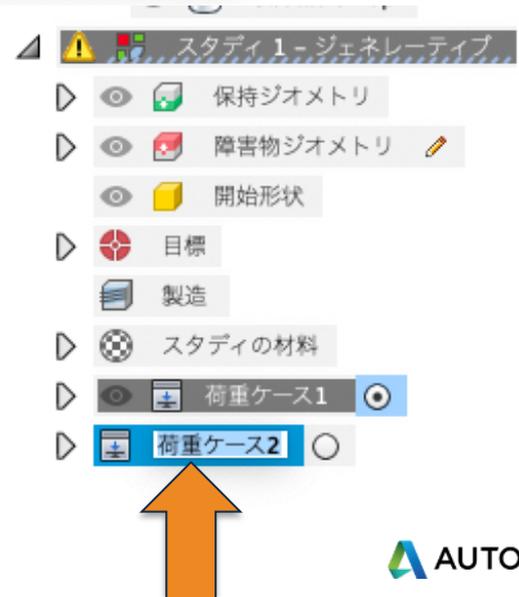
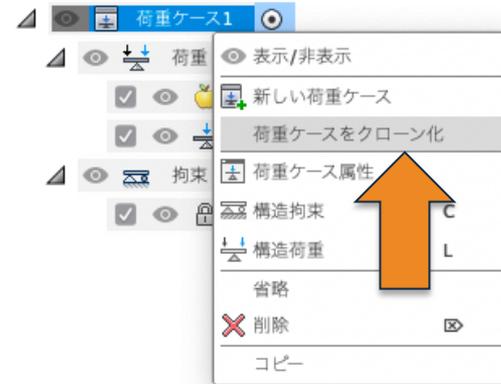
構造荷重/構造拘束の設定

- 図のように荷重と拘束をセットしていきます。
- 「荷重ケース1」が作成されます。
- これで1つ荷重ケースがセットされます。
- 荷重の大きさ・方向などを変換は編集を押して数字を変換
- また同時に複数の方向を選択



複数荷重ケースの作り方

- 「荷重ケース1」の上で右クリック
- 荷重ケースをクローン化することで同じ荷重がセットされる。
- 方向や数字、荷重の場所を変えて複数の荷重ケースを作成する。
- 荷重ケースをクリックして青くなった状態でもう一度クリックしてを押すと変更可能。



荷重ケースのパターン



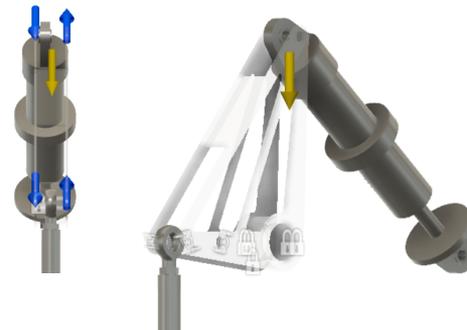
荷重ケース1
力1:1390
力2:1000



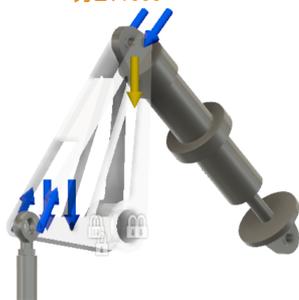
荷重ケース2
力1:1390



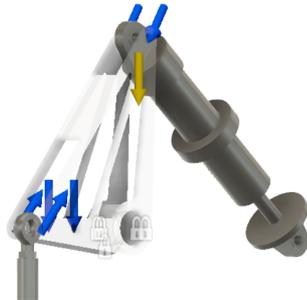
荷重ケース3
力1:300
力2:300



荷重ケース4
モーメント1:500N-mm
モーメント2:500N-mm



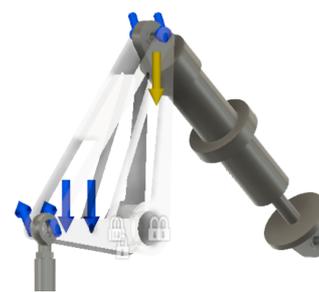
荷重ケース5
力1:1000N
力2:800N
力3:1000N



荷重ケース6
力1:1000N
力2:800N
力3:1000N



荷重ケース7
力1:1000N
力2:800N
力3:1000N

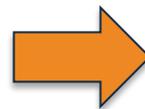
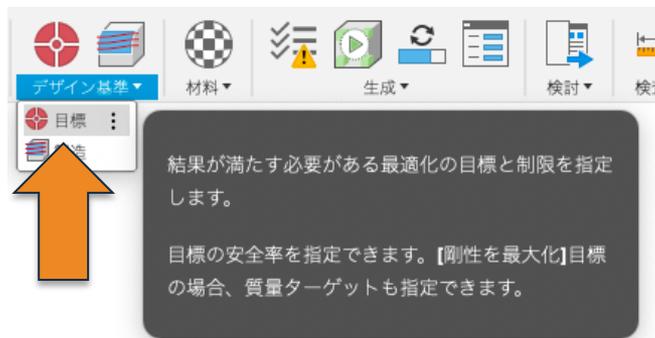


荷重ケース8
力1:1000N
力2:800N
力3:1000N

目標の設定

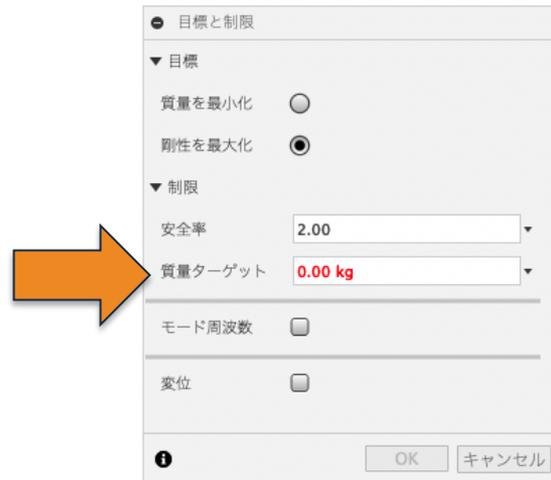
- 続いて「目標」をクリックしましょう。ここではいったい何を目標として計算を行うかを設定します。
- これから計算させるブラケットは壊れてしまっては困るわけですから、与えた450Nの何倍の力まで耐えられる様な設計にしたいかを、安全率で指定します。
- 安全率2.0は与えた荷重の2倍まで耐えられるという意味です。ここは2.00のままにしておきましょう。

OKをクリックします。



目標の設定

- 剛性を最大化にして、質量ターゲットを決めることもできます。
- 後ほどチャレンジしてみてください。



製造条件の設定

- 製造条件をあらかじめ指定しておくことで、計算結果が製造上無理の少ない形を提案することができます。

「制限なし」

製造条件を指定しないというオプション。つまりは形状の自由度が高く、一番理想に近い形が生まれる可能性が高い

「アディティブ」

3Dプリントを前提とした製造オプション。チェックは一つですが、実際にはX,Y,Zの3つの方向からプリントすることを想定した形が生成されます

「2軸切削」

2軸で切削加工することを前提とするオプションです。2軸加工は高さ方向のオプションが存在しないため、保持ジオメトリは同じ高さである必要があります。レーザーカッターでも加工可能。

「ダイカスト加工」

金型で上下に割ったキャストをすることを前提条件にするオプション。スライドなどは含まず、パーティングラインも今は生成されません。

「フライス加工」

切削加工を製造条件とするオプション。+とxで、異なる切削条件を追加することが可能です。2.5軸2軸を選択するためには、基本設定内のプレビューからチェックを入れる必要があります。(次ページで解説)

今後の開発プラン

鋳造や板金、さらにはフレーム(仮)というオプションを実装予定です。



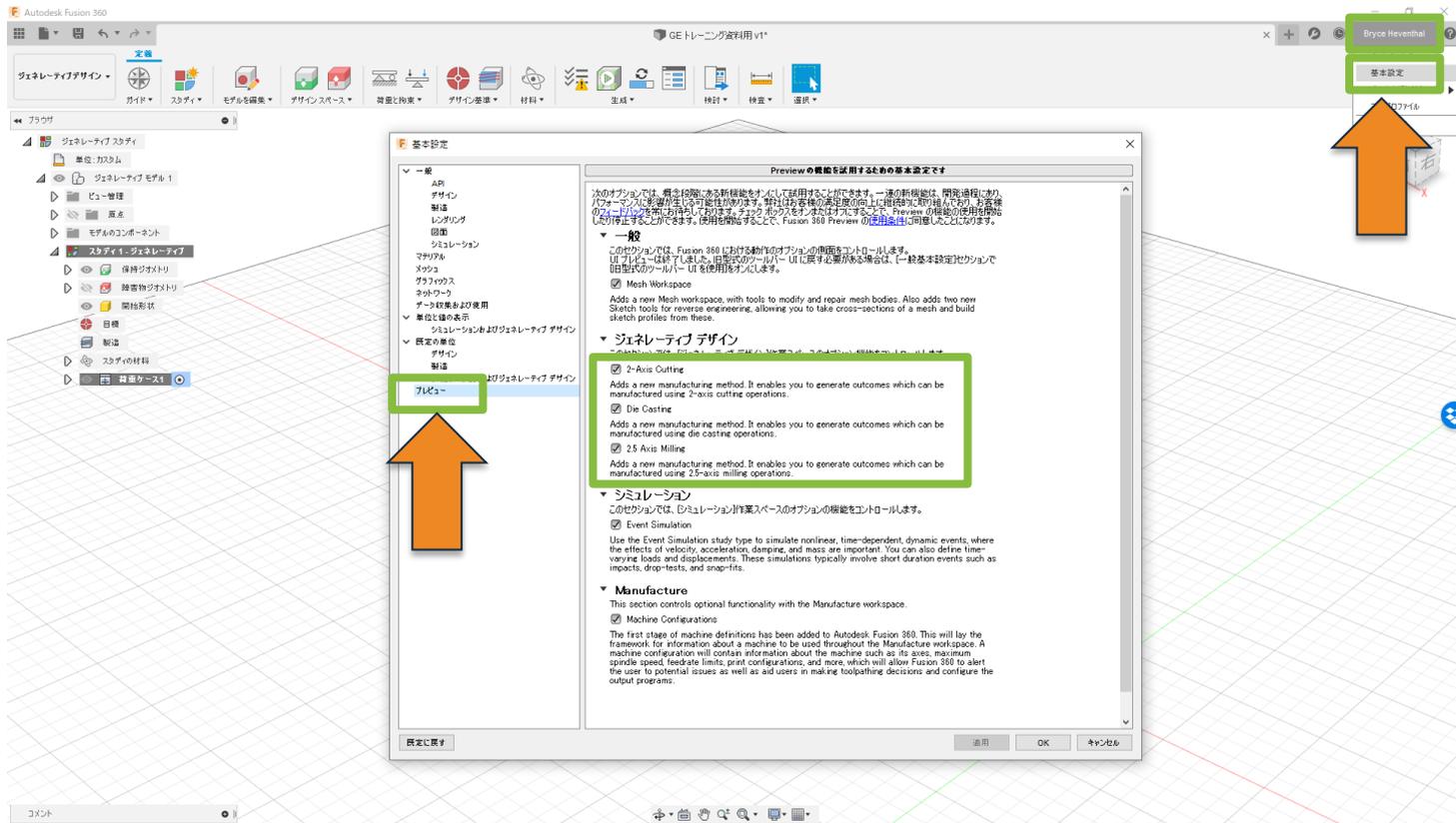
製造条件の設定

UI右上にあるユーザー名をクリックして、基本設定を開きます。

ウィンドウ左手、一番下の「プレビュー」をクリックして、該当するオプションにチェックを入れます。

2-Axis Cutting
Die Casting
2.5 Axis Milling

の3つです。
プレビュー機能のため、開発中の機能ということご理解ください。



マテリアルのカスタマイズ

使用が想定される「材料」を設定します。

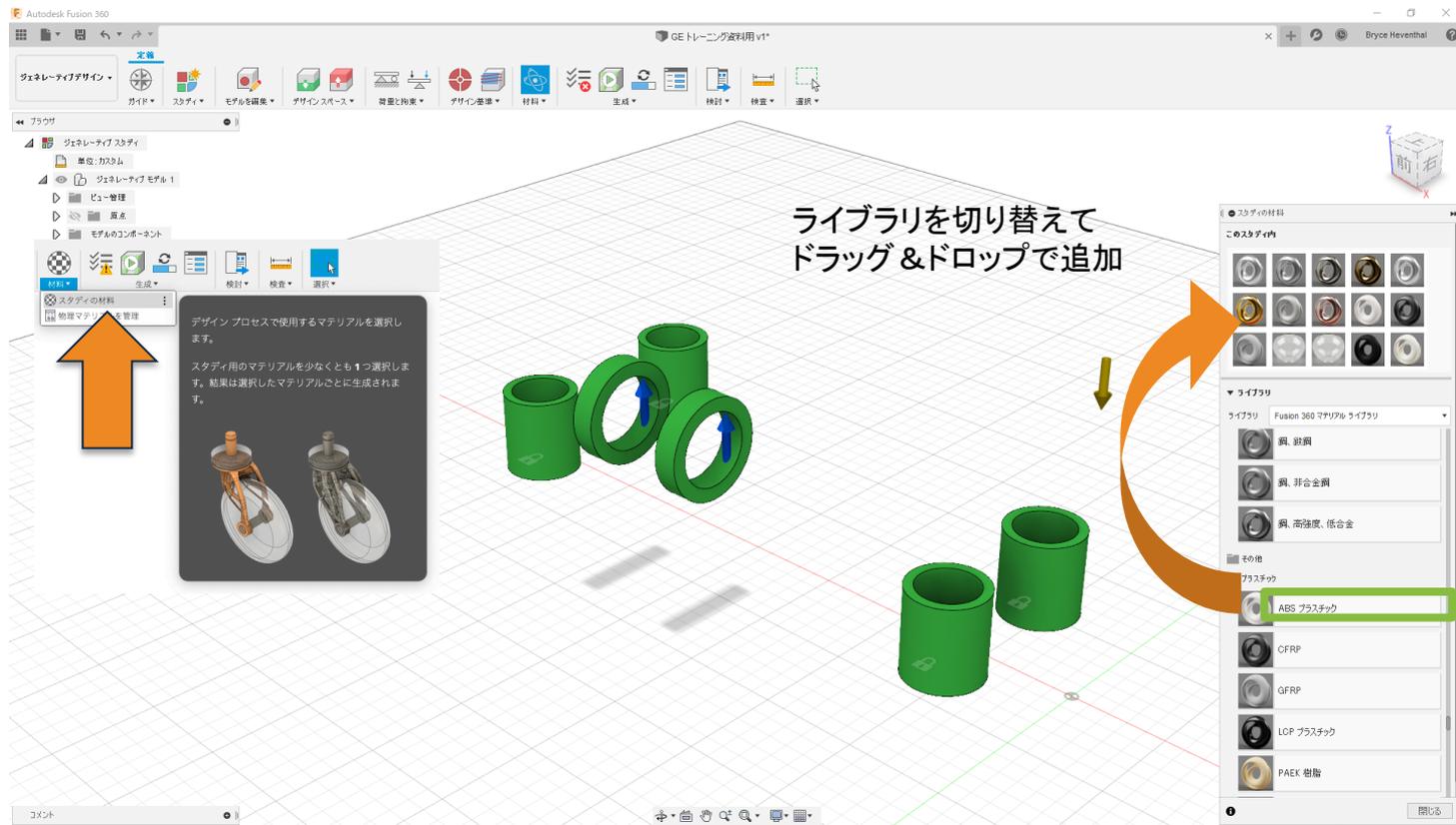
「材料」をクリックして、ライブラリを

「Fusion 360 マテリアルライブラリ」に切り替えてドラッグアンドドロップで、「このスタディ内」に追加します。一度に計算できる素材は7つまでです。

注意

Fusion 360で適用できる物理マテリアルが全て読み込まれてしまいますので、ガスや水など、本来構造体となりえないオプションも存在します。選択することは可能ですが、エラーとなりますので基本的にはメタルかプラスチックから選択してください。

マテリアルはカスタマイズすることも可能です(次ページで紹介)



マテリアルのカスタマイズ

必要に応じてマテリアル名を右クリックして「複製」した後で、「名前変更」をかけて差別化し、続いてマテリアル特性をカスタマイズして、UI右下から「適用」します。

The image shows a screenshot of the Autodesk Fusion 360 software interface. The main window displays a 3D model of green mechanical parts. On the left, the 'Properties' panel shows the 'Material' section with a dropdown menu open, highlighting '複製' (Copy) and '名前変更' (Rename). An orange arrow points to the 'Material' icon in the bottom-left toolbar. A text box explains that clicking the material icon opens the 'Material Browser' for management. On the right, the 'Material Browser' window is open, showing a list of materials. A context menu is open over the 'ABS スチック' material, with '名前変更' (Rename) and '複製' (Copy) highlighted. The '複製' option has a sub-menu with '追加先' (Add to) and 'お気に入り' (Favorite) options. The 'お気に入り' option is highlighted. The 'Material Properties' panel on the far right shows the properties for the selected material, including thermal conductivity, specific heat, and thermal expansion coefficient. The 'Apply' button in the bottom-right corner of the 'Material Browser' window is highlighted with a green box.

Material Browser (物理情報):

名前	カテゴリ
ABS スチック	プラスチック
CFRP	プラスチック
ガラス	プラスチック
セラミック	プラスチック
その他	プラスチック
PAEK	プラスチック
PBT	プラスチック
PC/A	プラスチック
フローリング	プラスチック
PET プラスチック	プラスチック
金属	プラスチック
液体	プラスチック
PMMA プラスチック	プラスチック
PPS プラスチック	プラスチック
PVC 配管	プラスチック
PVC、軟質	プラスチック
PVC、無可塑	プラスチック
Rilsan Invent Natural - PA 11	プラスチック
SAN プラスチック	プラスチック
UHMW、黒	プラスチック
UHMW、白	プラスチック
アクリル	プラスチック
アクリル、クリア	プラスチック
アセチル樹脂、黒	プラスチック
アセチル樹脂、白	プラスチック
エポキシ樹脂	プラスチック
ゴム	プラスチック
ゴム、シリコーン	プラスチック

Material Properties (物理情報):

項目	値
熱伝導率	1.050E+02 W/(m·K)
比熱	1.130 J/(g·°C)
熱膨張係数	9.930 µm/(m·°C)

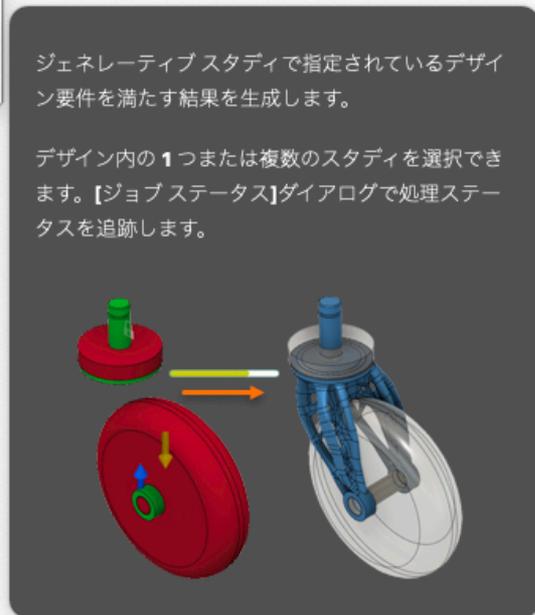
ジェネレーティブデザインを生成する

- 生成コマンドをクリック
- 送信中が完了の場合はFusion 360を閉じてOK



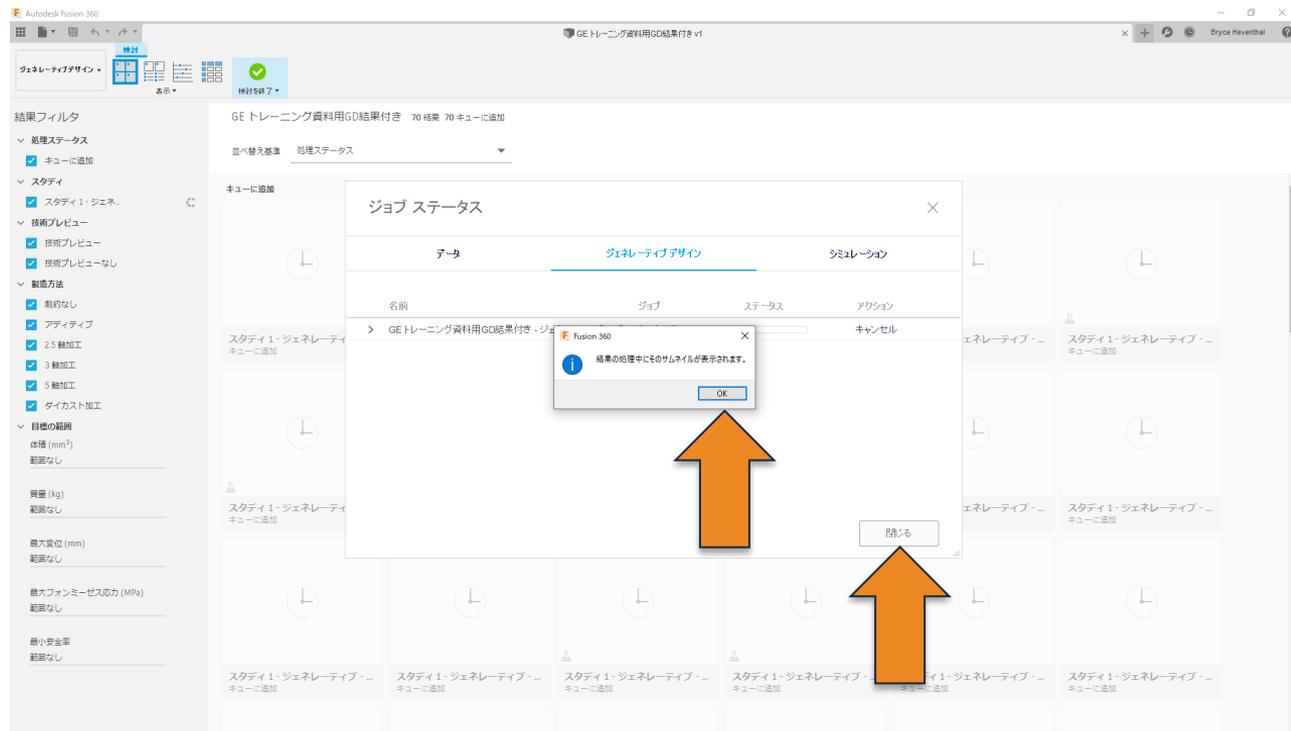
ジョブ ステータス

データ	ジェネレーティブデザイン	シミュレーション	プロジェクトを転送
名前	ジョブ	ステータス	アクション
▼ start Caster Wheel GD - Generative Model 1 - スタディ ...	クラウドで	<div style="width: 100%;"><div style="width: 100%;"></div></div>	
送信中		完了	
解析実行中...		<div style="width: 100%;"><div style="width: 100%;"></div></div>	



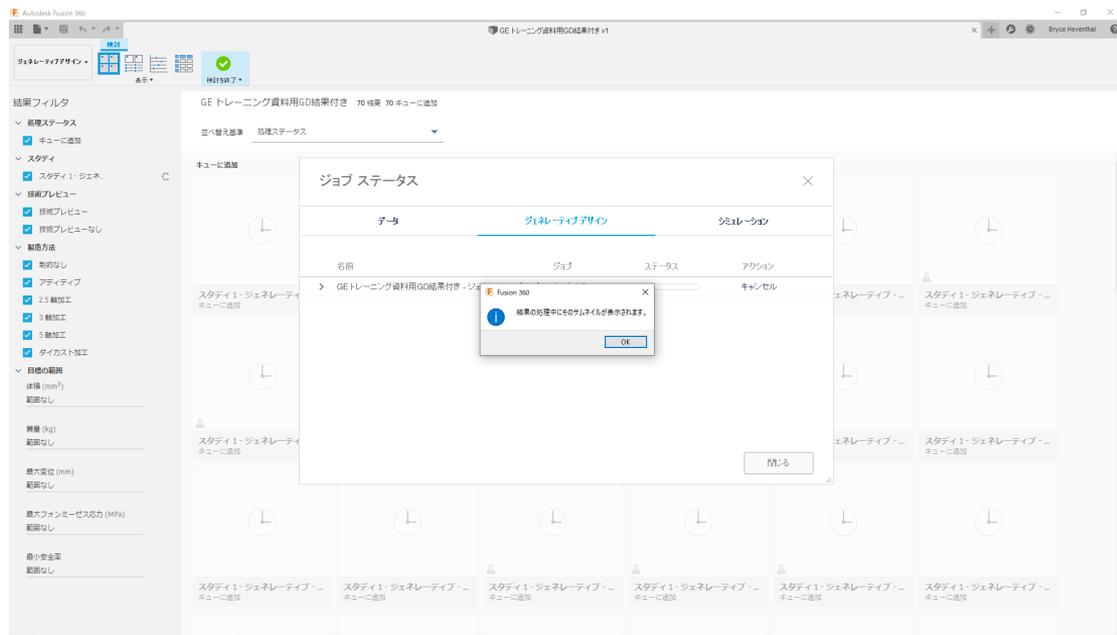
ジェネレーティブデザインを生成する

計算が始まると「結果の処理中にそのサムネイルが表示されます」というノートが表示されますのでOKをクリックして、ジョブステータスも閉じてください



ジェネレーティブデザインを生成する

- 計算は複数回の繰り返し計算を経て最終的な形状が算出されます。
- このトレーニングに使用されている構成であれば10分ほどで最初の計算が終了し、そのあとは段階的に繰り返し計算された結果が表示されます。
- 計算の状況は各サムネイルの下に表示されます。



生成後の確認

ジェネレーティブ
デザイン

表示

検査

検査を終了

結果フィルタ

- 処理ステータス
 - 収束 (4)
- スタディ
 - スタディ 1
- 視覚的な類似性
 - グループ解除 (4)
- 製造方法
 - 3 軸加工
- マテリアル
 - アルミニウム 2017
- 目標の範囲
 - 体積 (mm³)
9.032e+4 9.073e+4
 - 質量 (kg)
0.252 0.253
 - 最大フォンミーゼス応力 (MPa)
132.4 132.8
 - 最小安全率
3.01 3.02
 - 最大変位グローバル (mm)
0.42 0.46

並べ替え基準 処理ステータス

収束

			
スタディ 1 - Outcome 1 収束	スタディ 1 - Outcome 2 収束	スタディ 1 - Outcome 3 収束	スタディ 1 - Outcome 4 収束

検査

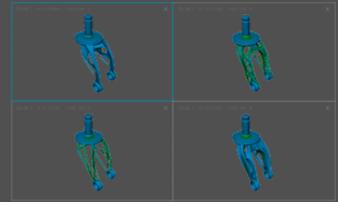
検査

選択

ジェネレーティブ結果を検討

最適な結果の識別に役立つツールを使用して、各デザイン代替案(結果)を検討します。

さまざまなビューを使用して結果を視覚的に検討し、それらのプロパティを調べます。フィルタを適用して複数の結果を比較します。結果を 3D ビューで詳細に検討し、1つの結果を選択します。



計算開始から、計算が終了するまで

計算結果のステータス欄には下記の4種類が表示されます。

- ・「**収束**」は結果が目的を達成した際に表示されます
(最低10回以上のイテレーションを満たす必要あり)
- ・「**完了**」は一度でもイテレーション(繰り返し計算)が行われた状態かつ、予期せぬ理由で計算が終了した場合に表示されます
- ・「**処理中**」は計算を実行中に表示されます
- ・「**失敗**」は一度も計算が実行されなかった場合です
- ・「**キューに追加**」は情報をクラウドにアップロードした後の計算開始待ち状態

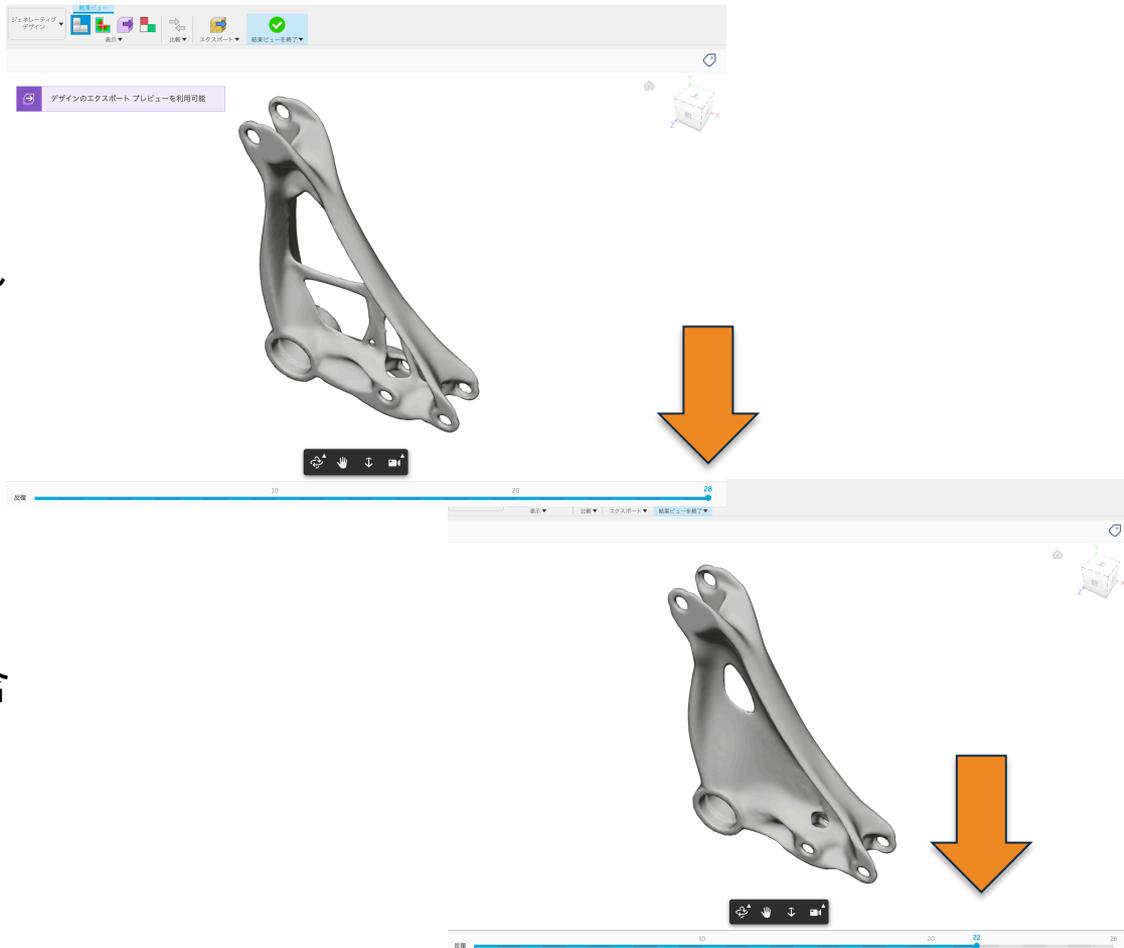


結果の表示

画面の下部には、反復回数が表示されています。

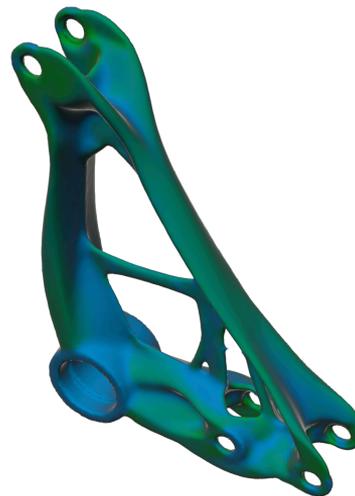
一番右側にある、小さな球をマウスの左ボタンでドラッグすることで、各計算ごとの結果を表示することができます。

また結果に満足した場合は、この形状をソリッドデータ(フォーム編集機能を含む)、またはメッシュデータとして書き出すことができます。



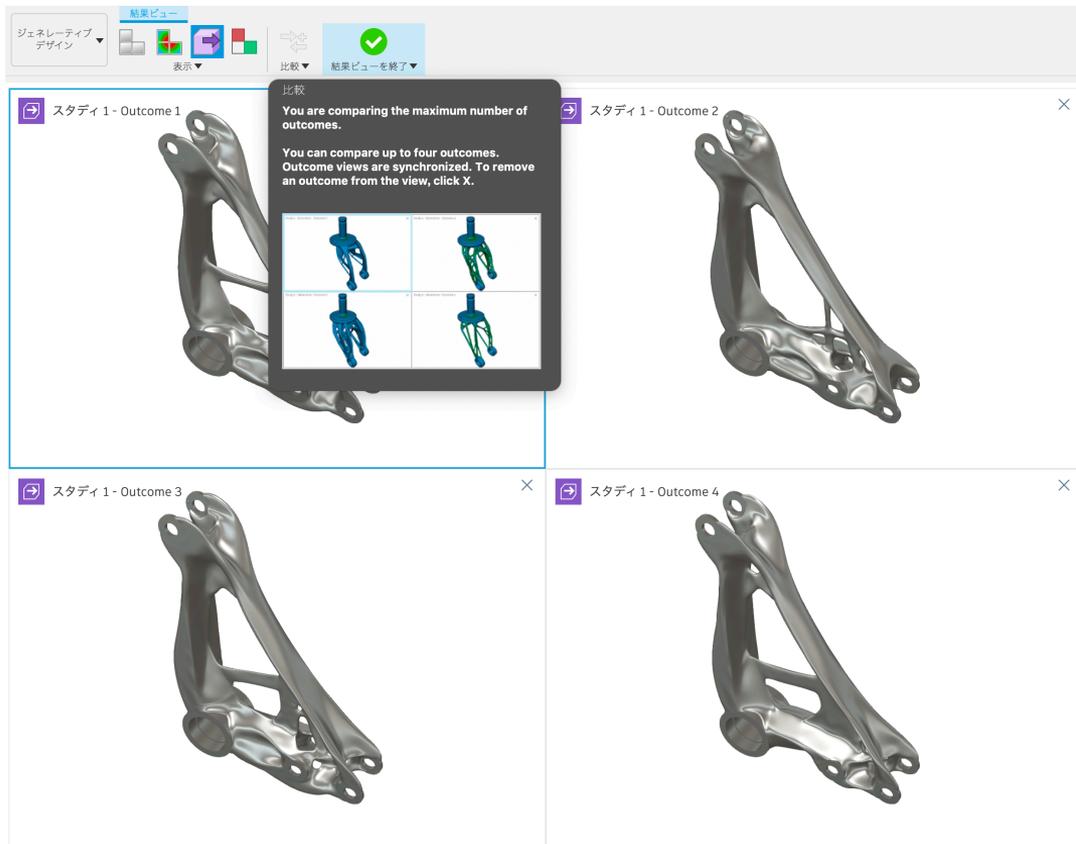
結果の表示

- サムネイルの一つをクリックすると、そのデータの詳細を確認することができます
- 中でも「応力ビュー」は全体にかかる応力の分布をみることができますので、必ずチェックしておきたいところです。
- 右の画像では全体が青く一見丈夫そうですが、求める目標は安全率が2.0で計算上は「丈夫すぎる」＝「まだ削る余地がある」となります
- 右側のプロパティの安全率も併せて確認することが大事です。



結果の表示

- 計算途中、または計算結果は他の検討案と比較することができます。
- 比較をクリックして、最大4つまで結果を同時に表示することができます。



計算結果のフィルタリング

最適な結果を求めて、得られた各条件ごとの計算結果から、最良の一つを選んでいきます。

フィルタの種類

- 散布図ビューをズームして絞り込む
- 左手のフィルタで、製造方法や、目標の質量などで絞り込む
- マテリアルを比較する
- 散布図の軸に表示するプロパティを変更する



計算結果を書き出す

最適な一つが見つかった後は、結果をデータに書き出します。

「新しいデザインを作成する」をクリックすることで、実行します。

Autodesk Fusion 360

GE トレーニング資料用 v2

この結果から新しいデザインを作成する

この結果を処理して新しいデザインとして個別のタブで開きます。この処理には数分かかる場合があります。準備が完了したら、左上隅にある緑色のステータス ボタンをクリックしてデザインを開きます。

クラウド クレジット	必要	100	
クレジットを購入 • FAQ	アカウント	使用可能	残り
	110002127266	2797	2697

新しいデザインを作成する

キャンセル

プロパティ

ステータス 収束

マテリアル ABS プラスチック

方向 -

製造方法 制約なし

体積 (mm³) 3.804e+5

質量 (kg) 0.403

最大変位 (mm) 0.38

最大フォンミーゼス応力 (MPa) 10

安全率の制限 2

最小安全率 2

9

計算結果を書き出す

計算結果をFusion 360上でソリッドデータとして扱うために、クラウド上でデータを変換します。

データは三角メッシュから、四角形メッシュに変換された後、オートデスクが所有する、T-Splineテクノロジーにより、ポリゴン化されたあと、ソリッドデータへとすべて自動で変換されます。

Autodesk Fusion 360

GEトレーニング資料用 v2

結果ビュー

表示

比較

エクスポート

結果ビューを終了

新しいデザインを準備する

エクスポートプレビューを表示しています

ジョブ ステータス

データ	ジェネレーティブデザイン	シミュレーション	
名前	ジョブ	ステータス	アクション
> GEトレーニング資料用 - ジェネレーティブ モデル 1 - スタデ...	デザインをエクスポート	<input type="progress"/>	
> GEトレーニング資料用 - ジェネレーティブ モデル 1 - スタデ...	クラウドで	<input type="progress"/>	

閉じる

9

プロパティ

ステータス

マテリアル

方向

製造方法

体積 (mm³)

質量 (kg)

最大変位 (mm)

最大フォンミーゼス応力 (MPa)

安全率の制限

最小安全率

収束

ABS プラスチック

-

解納なし

3.804e+5

0.403

0.38

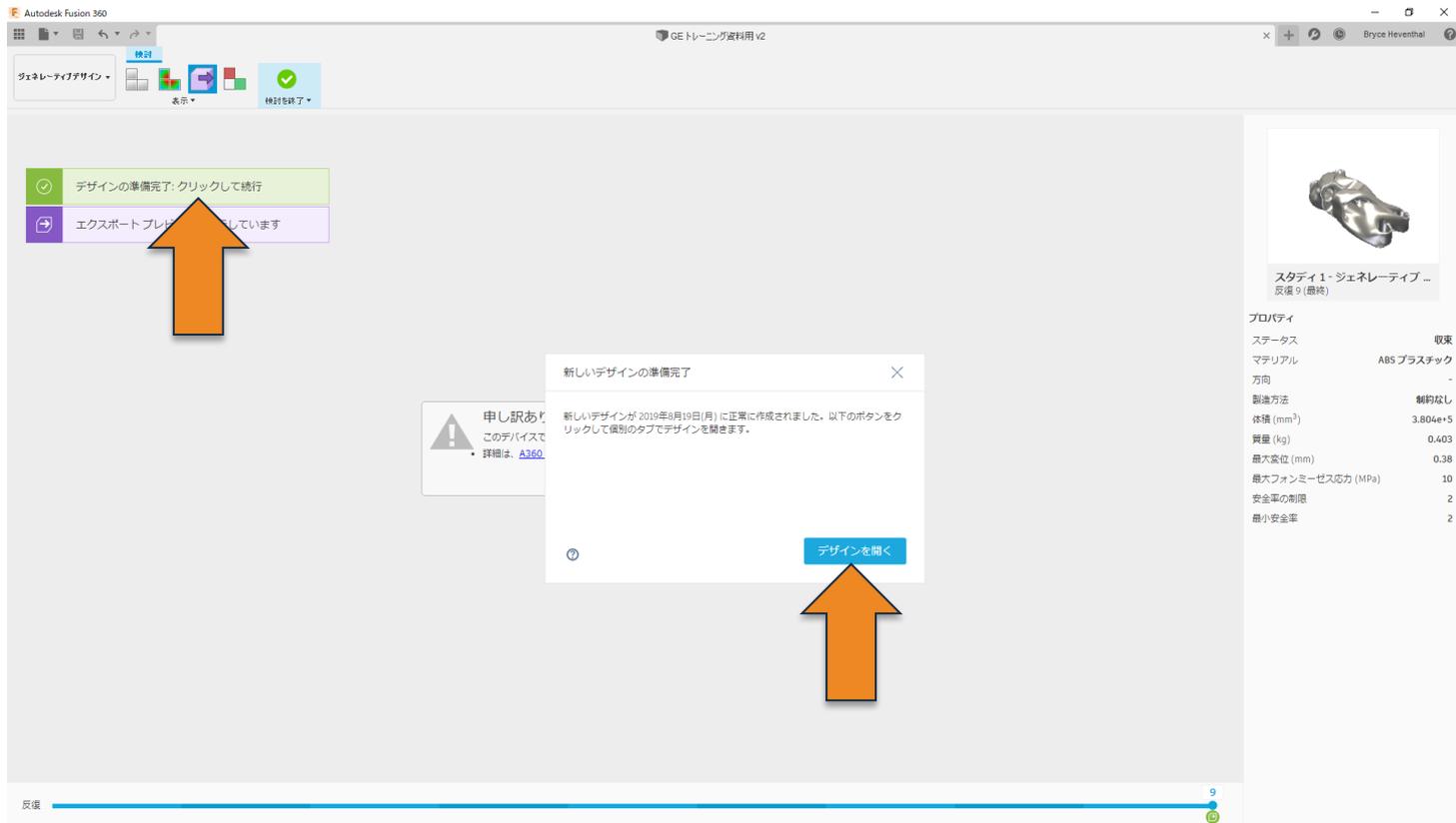
10

2

2

計算結果を書き出す

変換が終わると、画面の左上に緑色のバーが表示されますので、クリックして画面中央のウィンドウから「デザインを開く」をクリックします。



計算結果を書き出す

ジェネレーティブデザインから書き出されたデータは、ソリッドデータとして表示されます。

単にメッシュからソリッドデータに変換されるだけでなく、自動的に保持ジオメトリと障害物ジオメトリを利用したブーリアン編集を行い、的確に必要な部分と、避けて通らなければならない部分の精度を正確に担保することができます。

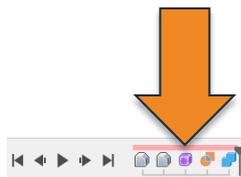
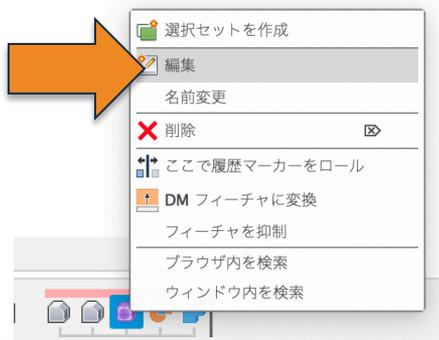


フォームを使って編集

もし結果計上をマニュアルで形状変形させたい場合は、Fusion 360の「フォーム」機能が便利です。

履歴バーの紫色のアイコンを右クリックして、ポリモデリングの要領で形状編集することが可能です。

有機的な形状の一部をスケールアップして太くしたすることができます。



注意点

- もし計算が失敗と出た場合は、スタディの設定で解像度を粗くして調整してください。もっと細かく計算したい場合は「細かい」に動かしてみてください。
- ジェネレーティブデザインの計算をした後、ファイルを保存しないと計算したすべての結果が保存されない場合がございますので、別名保存ではなく、上書き保存でファイルを保存してください。
- プレビュー機能におきましては、現在まだ開発進行中の機能であり、その精度を確約するものではありません。結果計上に不備があった場合でもクラウドクレジットの払い戻しは適用されません。(利用開始のチェックと同時に規約に同意いただいております)
- 計算を開始する形状はオートで生成されますが、時に開始の形状が状況により不十分な場合も存在します。その際は開始の形状をもとに、計算を始める形状を自身で指定する必要があります。
- ジェネレーティブデザインの計算は、一度すべてが処理中ステータスに入りさえすればデータを閉じたとしても、バックグラウンドで計算は進行します。





AUTODESK[®]

Make anything[™]

Autodesk, オートデスクのロゴ、および Revit は、米国およびその他の国々における Autodesk, Inc. およびその子会社または関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、製品名、または商標は、それぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、通知を行うことなくいつでも該当製品およびサービスの提供、機能および価格を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。

© 2019 Autodesk. All rights reserved.

Autodesk, the Autodesk logo, and Revit are registered trademarks or trademarks of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.

© 2019 Autodesk. All rights reserved.