

## ビギナー向けレッスン



# 線形静的応力解析

- Fusion 360 機能紹介
- 解析の準備
- 材料の定義
- 拘束の定義
- 荷重の定義
- 接触の定義
- メッシュの定義
- 2つ目のスタディを定義
- 解析の実行
- 結果の確認
- 解析条件の変更
- 補足

# Fusion 360 機能紹介

Fusion 360 は3D CADによるモデリングもちろん、CAM、解析、PCB設計など、製品設計に必要な 様々なツールを1つのソフトウェアでご利用できます。

さらに、各機能に対して、より高度な機能を持った Fusion 360 Extension (拡張機能) と呼ばれるモ ジュールを追加できるようになっています。

今回のビギナーレッスンは、シミュレーション機能について学べるレッスンです。



Fusion 360 で使える様々な機能

業務をより効率的に、効果的に行えるさまざまな拡張機能製品 Fusion 360 Extension



※2022年4月現在の情報です。最新情報はオートデスクホームページでご覧ください。



### Fusion 360 機能紹介

Fusion 360 には、さまざまな種類のシミュレーション機能があります。 本レッスンでは、静的応力解析(線形静的応力解析)を行います。



線形静的応力解析は、最も一般的で、基本的な解析です。 大きな変形を起こさない部品などの応力や変位を確認するために使用します。 荷重がかかった時に壊れるか否かを大まかに確認したい場合に有効な解析です。



# 解析の準備

1

データパネルを開く

サンプルデータを保存する



4 [Connecting Rod Assembly] をダブルクリック

ファイルが読み取り専用の状態で開きます。 ファイル名の横のアイコンが読み取り専用と いうことを示すアイコンです。

	🔺 📏 Simul	ation Samples 》 1 - Hands-On Exercises	
		Connecting Rod Assembly 7/4/20	
4	<b>T Con</b> 7/4/20	necting Rod Assembly	
	-		
	Į	<b>Tuning Fork - A4</b> 2/20/18	
	Q	BrakeRotor 1/13/18	
	<u> </u>	<b>GripperArm</b> 11/25/17	
	6	Radiator 11/10/17	
		<b>SnapFit</b> 9/6/17	

5 [ホーム] をクリック

6

[Default Project] をダブルクリック

※ [Default Project] でなくても問題ありません。ファイルを保存したい場所を開いてください。



## 解析の準備

7 [ファイル]→[名前を付けて保存]をクリック	
8 [保存] をクリック	Connecting Rod Assembly v6
読み取り専用を示す鍵のマークが消えます。	
9 [データパネルを閉じる] をクリック	Connecting Rod Assembly vo

통 Autodesk Fusion 360		9				
team 🗸	Q	Q X		<u>`</u> ▼ 🗄 ←	· → ·	
データ	共有メンバー			新規デザイン 新しい電子部品:	Ctrl+N デザイン	₩-5
アップ	ロード 新規フォルダ	¢		新しい電子部品: 新規図面	ライブラリ ●	成
🖀 📏 Default Project		۲	44 5	新規図面テンプレ	~~ h	
				開く	Ctrl+O	ł
				ドキュメントを修復	[(11)	$\sim$
				アップロード		- 22
				保存	Ctrl+S	
				名前を付けて保存	7	bbe 1
				最新として保存		
				エクスポート		
			K	3D プリント		$\sim$
				イメージをキャプチ	Þ	
保存および更新	fしたファイル 示されます			共有	)	• 🔛
/J*⊂ ⊂1⊂1×	NC168.9		×.	Webで詳細を表	示	- 🔀
				表示	)	

名前を付けて保存	×
ファイル名: Connecting Rod Assembly	
保存先: Default Project	•
 Default Project は通常、データ アップロードやプロジェクト設定などのプロジェクト機能を試用するために使用されます。 Default Project にデザインを保存することはできますが、別のプロジェクトを使用または作成することを検討してください。	
	8 キャンセル 保存

3

## ワークスペースを変更する

- ワークスペースを [シミュレーション] に変更
- 2 [静的応力]を選択

[スタディを作成] をクリック

※「シミュレーション Extension の一部として 利用可能」というウィンドウが出てきた場合、 [閉じる(×ボタン)]をクリックして閉じ ます。





# 材料の定義

【スタディのマテリアル】をクリック	シミュレーション・     設定       ノタディ・     単純化・
[スタディのマテリアル] が表示されます。 「タ前〕列には、冬パーツに適田されている	スタディのマテリアル
材料の名前が表示されています。	(モナルとIFJL) マロ Steel - High-Strength Structural へ
今回扱うパーツは <b>3</b> つのパーツに分かれており それぞれに材料が割り当てられています。	Steel - High-Strength, Low-Alloy Steel - Stainless Steel - Standard Structural Titanium - High-Strength Alloy
解析に使う材料を変更するには、[スタディ のマテリアル]から、変更します。 黄色い三角のアイコンは静的応力解析では使 用できないマテリアルですので、選択しない ようにしてください。	Titanium - Pure (Low-Strength) UHMW、白 UHMW、黒 アクリル アクリル、クリア アセタール樹脂、白 アセタール樹脂、黒
※ 本レッスンでは、設定されているマテリア ルを変更せずに進めます。	▲ アッシュ ▲ アメリカスギ材 ▲ アルゴン アルミナ(AI2O3) アルミニウム アルミニウム 1100-H14 アルミニウム 1100-H18
2 [OK] をクリック	アルミニウム 1100-0 💙

示 すべての	材料	∨ 検索		
カテゴリ	名前	成分	スタディのマテリアル	安全率
タル	Aluminum 5052 H32	/Connecting Rod:1	(モデルと同じ)	降伏強度
タル	Steel AISI 1020 107 HR	/Large Pin:1	(モデルと同じ)	降伏強度
タル	Steel AISI 1020 107 HR	/Small Pin:1	(モデルと同じ)	降伏強度
ህፖル 5 イブ	U \$4705175U			2
יעדע פֿרל.	9U \$4(705-175U			<< 70/191 2 OK ۶

# 拘束の定義

解析を行うには、動かない面が必要です。この動かない面を[拘束]で定義します。 本レッスンでは、複数の拘束を定義します。

## 拘束を定義する(1)

1 [構造拘束] をクリック





3 細いピンの底面を選択

※選択したい面が隠れている場合、長押すると重なっている要素がウィンドウに表示されま す。このウィンドウから面を選択できます。パーツを回転させる必要はありません。

🚺 [ターゲット]に「2面」と表示されていることを確認する。

5 [OK] をクリック



#### 拘束の定義

2



1 [構造拘束] をクリック

 シミュレーション・
 設定
 1

 スタディ・
 単純化・
 マテリアル・











[軸]から [Ux], [Uy] の選択を外す

5 太いピンの [エッジ] を2箇所クリック

● [ターゲット] に「4エッジ」と表示されていることを確認する。

選択したエッジがZ軸方向に動かないように拘 束がかかります。

7 [OK] をクリック

Fusion 360 CAM ビギナー向けレッスン



[構造拘束] をクリック 1



**2** [軸] から [Ux], [Uz] の選択を外す





- 3 [モデルのコンポーネント] → [Connecting]Rod Assembly〕を展開する
- 4 [Large Pin] を非表示にする

## 拘束を定義する(3)

5 [Connecting Rod] パーツの中間の [エッジ] をクリック

選択したエッジがY軸方向に動かないように拘 束がかかります。



● 構造拘す	ર
<u> አ</u> ፈጋ	🔒 固定 🔹 🔻
ターゲット	אַ 1195 ×
軸	Ux Uy Uz
0	6 OK キャンセル





1 [構造拘束]をクリック



[軸]から [Ux], [Uz]の選択を外す





**3** [Large Pin] を表示する

) [Connecting Rod] を非表示にする

#### 拘束の定義

## 拘束を定義する(4)

5 [Large Pin] パーツの中間の [エッジ] を クリック

※エッジが分割されているので、全周となるように複数のエッジを選択してください。

選択したエッジがY軸方向に動かないように 拘束がかかります。







6 [Ок] をクリック

[Connecting Rod] を表示する

7

# 荷重の定義

力がかかる場所、力の向き、大きさを設定します。





- 2 太いピンの上面と底面を選択 [ターゲット]に「2面」と表示されます
- 3 [方向のタイプ]を[ベクトル(x、y、z)]に変更します。
- ④ [Fx] に「-12000 N」を入力 ※ 単位の「N」は入力しなくても、ニュートン(N)として認識されます。
- 5 [OK] をクリック

	<ul> <li>構造荷重</li> </ul>	X
	タイプ	<u></u> ★ カ ・
	ターゲット	▶ 2面 ×
	エンティティごとの荷重	<b>3</b>
	方向のタイプ	R 🛛 📫
	Fx	-12000N
面を選択	Fy	0.00 N
	Fz	0.00 N
	単位を変更	
	0	OK キャンセル
	$\sim$	$\sim$

# 接触の定義

接触はアセンブリの解析の場合に使用します。 部品同士の接触の状態を設定します。

## 接触を定義する

1 [自動接触]をクリック

※本レッスンでは、設定されている値を変 更せずに進めます。

0.1 mm までは接触の許容範囲という設定になります。

2 [生成] をクリック



● 自動接触							
▼接触の検出許容差							
909R	0.10 mm						
	生成キャンセル						

### 接触の定義

接	触り	ィイ	プ	を変	変更	す	3									
1	<ol> <li>【接触】→ [接触を管理] をクリック</li> <li>すべての接触箇所の [接触タイプ] が [接着] になっています。 [接着] は、まったく動かない状態です。</li> </ol>					/////////////////////////////////////	→ 荷:	↓ ▲ ■ •	触 動接触 動接触 触を管理			表示				
2 • #	<ul> <li>2 「接着1」の [接触タイプ] を [分離] に変更</li> <li>● 接触マネージャ</li> </ul>															
													10 100 100			_
	接触セッ	<u>2</u>	接触	1917	貫	ለ91	7	ボディ			エンテ	171				_
	分離1 ☆ 美 っ		分離		• · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	<u>,</u>	•									_
	按右2 按第3	/	() () () () () () () () () () () () () (		· X14	η Έ	•									_
I,	接着4	0	接着		· 刘秋	ь Г	•									_
	接着5	1	接着		・対称	л. Г	+									
														K		
													0	ĸ	77	701

3 「接着2」をクリックし、選択

4 「接着5」を [Shift] キーを押しながら、クリック 「接着2」~「接着5」がすべて選択されている状態になります。

● 接触マネージャ	
○ ボディ別にリスト表示 ④ 接触セット別にリスト表示	□□□接触セットを作成
接触セット おクリック ボディ エンティティ	
> 分離1 🧷 分子 🔻 对称 🕞	
> 接着2 🥖 接着 🔻 対称 👻	
> 接着3	
> 接着4 🥒 接着 👻 対称 👻	
> 接着5 ∥ 接着 4 ++++	
[Shift] キー を押しながら クリック	
	OK キャンセル

#### 接触の定義

5 [接触タイプ]を[分離]に変更 「接着2」~「接着5」の接触タイプがすべて変更されます。

**6** [ОК] をクリック



# メッシュの定義

1 [管理] パネルに表示されている [設定]アイコンをクリック



- 2 [メッシュ] をクリック
- 3 [絶対サイズ] をクリック
- 4 [絶対サイズ]を「3 mm」に変更

メッシュの大きさの設定です。

5 [OK] をクリック

■ 設定	×
スタディタイプ 静的応力	~
-* 2	<u>دۆۈلا</u>
X991 アダプティブ X991 UJアインメント	▲ 平均要素サイズ E 3-スのサイズ ● 適対サイズ ● 3 mm ▶ 高度な設定 0K キャンセル

# 2つ目のスタディの定義

ここまでで設定したスタディと類似のスタディを作成します。 細いピンの上下を固定する代わりに、荷重がかかるように設定を変更したスタディを作成します。

## スタディを複製する

1 「スタディ1」を右クリック

2 [スタディをクローン化] をクリック

「スタディ2」が作成されます。これは、 「スタディ1」で行った設定がそのまま引き 継がれたコピーです。



#### 2つ目のスタディの定義

複製したスタディの条件を変更する

- 1 「スタディ2」の「荷重ケース1」→ [拘束] を展開
- 2 「固定1」を右クリック→ [削除]
- 3 [荷重] をクリック
- ④ 細いピンの上面と底面を選択 [ターゲット] に「2面」と表示されます
- 5 [方向のタイプ] を [ベクトル(x、y、z)] に 変更します。
- [Fx] に「12000 N」を入力
   ※ 単位の「N」は入力しなくても、ニュートン(N)として認識されます。

太いピンにかかる力と同じ大きさで、反対向 きの力を設定しました。 🔟 🚽 スタディ2-静的応力 ▷ 💿 🛞 スタディのマテリアル 🚹 💿 📑 荷重ケース1 💽 ▷ 💿 禁 荷重 右クリック 🖉 💿 🚌 ,拘束 , V 💿 🔒 固定1 Ì 💿 表示/非表示 🗸 💿 🔐 🔡 選択表示 V 💿 🗄 🔜 構造拘束を編集 V 💿 f 接触 抑制 📈 削除 Del 👆 איטעב Ø 結果 🗓 วือเวิรา 3Ľ-ウインドウ内を検索



7 [OK] をクリック



### 2つ目のスタディの定義



9 [剛体モードを解除] にチェック

両方向に引っ張られる状態の再現が可能になります。

#### 10 [OK] をクリック

€ 設定		×
スタディタイプ 静的応力		$\sim$
一般	<b>→</b> #	
メッシュ アダプティブ メッシュ リファインメント	<ul> <li>3 名前 スタディ2-静的応力</li> <li>1000000000000000000000000000000000000</li></ul>	
	10 ОК *»:/	216

## 解析の実行

ここまでで設定したスタディと類似のスタディを作成します。 細いピンの上下を固定する代わりに、荷重がかかるように設定を変更したスタディを作成します。

1 [解析] をクリック



2 [クラウドで]がチェックされていることを確認 クラウドを利用すると、複数スタディを同時に実行できます。 静的応力解析は、0クラウドクレジットで解析できます。他のタイプの解析だと、クラウドクレジットが消費されます。

- 3 [ステータス]を確認 [警告]と表示されていますが、このまま実行できます。 [エラー]の場合は実行できません。解析するうえで条件に不備があるので、確認が必要です。
- 【4】「スタディ1」、「スタディ2」両方にチェック
- 5 [スタディを解析] をクリック ジョブステータスが表示されます。

解析		×		
解析 · FAQ 20 クラウドで 〇 ローカル				
アクティブなドキュメントのスタディ		オブションを表示 ~		
4 7 2851	ステータス	クラウド クレジット		
Simulation Model 1 - スタディ 1 - 静的応力 Static Stress	● 警告・修復	0		
✓ Simulation Model 1 - スタディ 2 - 静的応力 Static Stress	● 警告・修復	0		
クラウド クレジットを使用してシミュレーション スタディを解析する 詳細はこちら				
アクティブなアカウント契約( )は、クラウドクレジットが低いレベルで実行されています。           現在の残高:0         クラウドクレジットを管理				
	ドキュメントは修正されまし	た・解 5 「する前に新しいパージョンが作成されます。 2 スタディを解析 閉じる		



クラウド上で解析処理を行っているので、ジョブステータスを閉じても問題ありません。 解析処理中でも、他の作業を進めることができます。

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	解析 ス	テータス アクション
С	新しいジョブの準備中		
>	Connecting Rod Assembly - Simu	llation Model 1 - スタディ クラウドで	
			5 閉じる

6 [ジョブステータス] をクリック

さきほどのジョブステータス画面が表示さ れ、解析処理の進捗が確認できます。 完了までしばらくお待ち下さい。



**2**つのスタディを解析しましたが、解析が終わると、アクティブ状態になっているスタディの結果 が表示されます。



### 結果の比較

1 [比較] をクリック

比較用のウィンドウが起動します。



2 左右どちらのエリアにも「スタディ2」の結果が表示されるので、左側のエリアを「スタディ 1」の結果を表示するように変更します。

どちらかのエリア内のパーツの向きや表示の大きさを変えると、もう一方のエリアも同じように動きます。

3 [結果タイプを同期]を選択

結果の表示方法も同期されます。 現在の表示は [安全率] が表示されています。



### 安全率の確認

1 カラーバーを確認すると、それぞれのスタディの最小安全率が表示されています。

「スタディ1」 1.29 「スタディ2」 0.919 であることが確認できます。

安全率は1を下回る値だと、ほぼ壊れてしまうと考えてよいとされています。また、通常、2 より大きい数値であれば、壊れないと解釈できます。このことを考慮すると、「スタディ1」 は若干不安が残る結果であると判断できます。





Fusion 360 CAM ビギナー向けレッスン

4

### 応力の確認

結果タイプに [応力] を選択

どこに応力がかかっているかが確認できます。

2 [モデルのコンポーネント] → [Connecting Rod Assembly] と展開します

3 [Connecting Rod]を非表示にします

細いピンに注目して見ると、「スタディ2」ではより大きな応力が発生していることが分かり ます。

#### [Connecting Rod] を表示します



Simulation Model 1 - スタディ 1 ... \*

### 変位の確認



💠 • 🗂 🖑 Qt Q • 🗐 • 📗 • 1- Х97+2- #ЮБЛ

合計 (mm)

0.09 0.06

0.03

0.0001 最小

0 1377 #\* 0.12

### 変位の確認



# 解析条件の変更

結果を確認して、設計に不都合がある場合は、パーツの設計変更や使用条件(解析条件)の変更 を行います。今回は、解析条件を変更して、再解析してみます。

### 解析条件の変更(1)

- 「スタディ1」の[荷重ケース]→[荷重]を 展開する
- 2 「力1」の[編集]をクリック

※「力1」にマウスカーソルを合わせると、ア イコンが表示されます。



**3** [Fx]を「-9000 N」に変更



条件を変更すると、未更新のマーク(!マー ク)が表示されます。





### 解析条件の変更(2)

**1** 「スタディ**2**」をアクティブ化

※「スタディ2」にマウスカーソルを合わせる と、ラジオボックスが表示されるのでチェッ クします。

⊿ 🕑 🚽 スタディ2 静的応力 🧿

- 2 [荷重ケース] → [荷重] を展開する
- 3 「力1」の [編集] をクリック

※「力1」にマウスカーソルを合わせると、 アイコンが表示されます。





**4** [Fx]を「-9000 N」に変更

**5** [OK] をクリック

**6** 「力**2**」の [編集] をクリック

※「力2」にマウスカーソルを合わせると、ア イコンが表示されます。





7 [Fx]を「9000 N」に変更

8 [OK] をクリック

## 解析を行う

1 [解析] をクリック



2 [クラウドで] がチェックされていることを確認

- 3「スタディ1」、「スタディ2」両方にチェック
- 4 [スタディを解析] をクリック

ジョブステータスが表示されます。

解析		×
解析 · FAQ 20 クラウドで 0 ローカ	וופ	
アクティブなドキュメントのスタディ	2	ガションを表示 🗸 🗸
3 Z 2951	ステータス	クラウド クレジット
Simulation Model 1 - スタディ 1 - 静的応力 Static Stress	● 警告・修復	0
✓ Simulation Model 1 - スタディ 2 - 静的応力 Static Stress	● 警告・修復	0
クラウド クレジットを使用してシミュレーション スタディを解析する 詳細はこち		
アクティブなアカウント契約 ( ) は、クラウドクレ       現在の残高: 0 クラウド クレジットを管理	レジットが低いレベルで実行されています。	
	ドキュメントは修正されました。解れ	「する前に新しいパージョンが作成されます。 2.スタディを解析  別じる

5

解析の結果が出たら、[比較]をクリック



修正後の条件であれば、「スタディ1」「スタディ2」ともに、安全率が1を上回ることが分かり ました。







## ローカル解析とクラウド解析

本レッスンの解析の実行時に、 [ローカル] または [クラウド] で解析するという内容がありま した。各解析の機能ごとに、ローカルで解析できるもの、クラウドで解析ができるものがありま す。クラウドを使った解析では、以下の表に示すクラウドクレジットまたはFlexトークンが消費さ れます。

解析の種類	ローカル	クラウドクレジット または Flexトークンの消費量
線形静的応力解析	$\bigcirc$	0
モード周波数解析	$\bigcirc$	3
熱解析	0	3
熱応力解析	$\bigcirc$	3
構造座屈解析	×	6
非線形静的応力解析	×	6
イベントシミュレーション	×	6
シェイプ最適化	×	3
射出成形シミュレーション	×	6
電子部品の冷却(テクニカル プレビュー)	×	*

※ テクニカル プレビューの解析は、まだ正式機能ではないためクラウド解析であってもクレジットは消費されません。

ローカル解析よりもクラウド解析の方が多くのメリットがあり、オススメです。

クラウド解析では、同時に複数の計算を実行でき、異なる条件の解析結果を比較検討することが 可能となります。

ローカル解析では、パソコンのCPUを使用して解析の計算を実行するので、計算中はパソコンで他の仕事をすることが困難なぐらいにCPUを占有してしまいます。一方、クラウド解析では、クラウド上で計算するのでパソコンのCPUに負荷がかからず、計算完了までの時間に他の仕事を進められるので、時間を効率的に使用することができます。

### シミュレーションの拡張機能

Fusion 360 Extension の中には、Simulation Extension プランがあります。

この拡張機能をご利用いただくと、解析実行のたびにクラウドクレジットまたはFlex トークンを 消費されることがなく、契約の期間内であればどの解析も何度でも行える『使い放題』のプラン トなっております。

解析をご利用される方はぜひご検討ください。



※2022年4月現在の情報です。最新情報はオートデスクホームページでご覧ください。





### Fusion 360 ビギナー向けレッスン 線形静的応力解析はこれで終わりです。 お疲れ様でした。