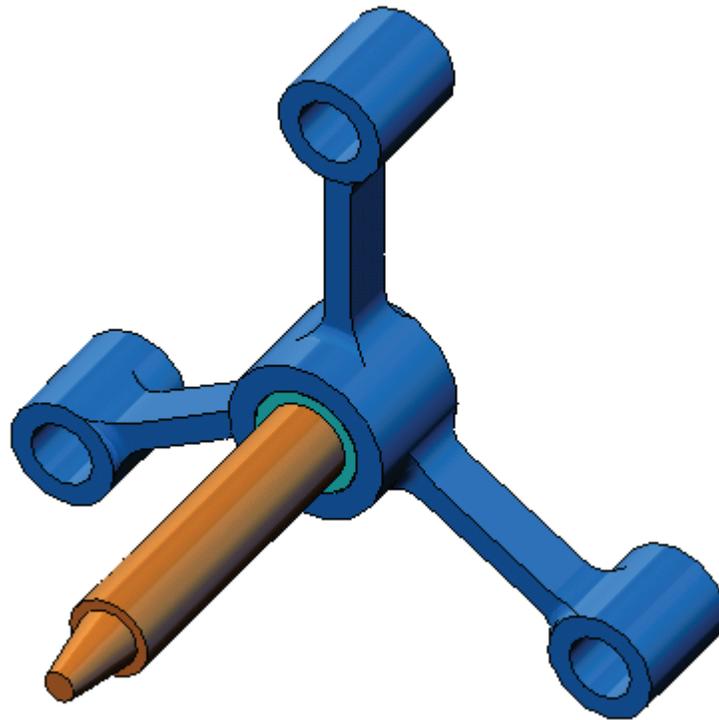




SolidWorks Simulation を用いた 応力解析の基礎 学生用ガイド



© 1995-2010, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, a Dassault Systèmes S.A. company, 300 Baker Avenue, Concord, Mass. 01742 USA. All Rights Reserved.

The information and the software discussed in this document are subject to change without notice and are not commitments by Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks).

No material may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose without the express written permission of DS SolidWorks.

The software discussed in this document is furnished under a license and may be used or copied only in accordance with the terms of this license. All warranties given by DS SolidWorks as to the software and documentation are set forth in the SolidWorks Corporation License and Subscription Service Agreement, and nothing stated in, or implied by, this document or its contents shall be considered or deemed a modification or amendment of such warranties.

Patent Notices for SolidWorks Standard, Premium, Educational, and Professional Products

U.S. Patents 5,815,154; 6,219,049; 6,219,055; 6,603,486; 6,611,725; 6,844,877; 6,898,560; 6,906,712; 7,079,990; 7,184,044; 7,477,262; 7,502,027; 7,558,705; 7,571,079; 7,590,497; 7,643,027; 7,672,822; 7,688,318; 7,694,238, and foreign patents, (e.g., EP 1,116,190 and JP 3,517,643). U.S. and foreign patents pending.

Trademarks and Other Notices for All SolidWorks Products

SolidWorks, 3D PartStream.NET, 3D ContentCentral, PDMWorks, eDrawings, and the eDrawings logo are registered trademarks and FeatureManager is a jointly owned registered trademark of DS SolidWorks.

SolidWorks Enterprise PDM, SolidWorks Simulation, SolidWorks Flow Simulation, and SolidWorks 2010 are product names of DS SolidWorks.

CircuitWorks, Feature Palette, FloXpress, PhotoWorks, TolAnalyst, and XchangeWorks are trademarks of DS SolidWorks.

FeatureWorks is a registered trademark of Geometric Ltd.

Other brand or product names are trademarks or registered trademarks of their respective holders.

COMMERCIAL COMPUTER SOFTWARE - PROPRIETARY

U.S. Government Restricted Rights. Use, duplication, or disclosure by the government is subject to restrictions as set forth in FAR 52.227-19 (Commercial Computer Software - Restricted Rights), DFARS 227.7202 (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation), and in the license agreement, as applicable.

Contractor/Manufacturer:

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA

Copyright Notices for SolidWorks Standard, Premium, Educational, and Professional Products

Portions of this software © 1990-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software III (GB) Ltd.

Portions of this software © 1998-2010 Geometric Ltd.

Portions of this software © 1986-2010 mental images GmbH & Co. KG.

Portions of this software © 1996-2010 Microsoft Corporation. All rights reserved.

Portions of this software © 2000-2010 Tech Soft 3D.

Portions of this software © 1998-2010 3Dconnexion.

This software is based in part on the work of the Independent JPEG Group. All Rights Reserved.

Portions of this software incorporate PhysX™ by NVIDIA 2006-2010.

Portions of this software are copyrighted by and are the property of UGS Corp. © 2010.

Portions of this software © 2001 - 2010 Luxology, Inc. All Rights Reserved, Patents Pending.

Portions of this software © 2007 - 2010 DriveWorks Ltd.

Copyright 1984-2010 Adobe Systems Inc. and its licensors. All rights reserved. Protected by U.S. Patents 5,929,866; 5,943,063; 6,289,364; 6,563,502; 6,639,593; 6,754,382; Patents Pending.

Adobe, the Adobe logo, Acrobat, the Adobe PDF logo, Distiller and Reader are registered trademarks or trademarks of Adobe Systems Inc. in the U.S. and other countries.

For more copyright information, in SolidWorks see **Help > About SolidWorks**.

Other portions of SolidWorks 2010 are licensed from DS SolidWorks licensors.

Copyright Notices for SolidWorks Simulation

Portions of this software © 2008 Solversoft Corporation.

PCGLSS © 1992-2007 Computational Applications and System Integration, Inc. All rights reserved.

Portions of this product are distributed under license from DC Micro Development, Copyright © 1994-2005 DC Micro Development, Inc. All rights reserved.

このコースについて

SolidWorks Simulation を用いた応力解析の基礎ならびに付属資料は、教育機関において *SolidWorks Simulation* を習得する際のガイドとして作成されています。

オンラインチュートリアル

SolidWorks Simulation を用いた応力解析の基礎は、*SolidWorks Simulation* オンラインチュートリアルを補完する資料となっています。

チュートリアルへのアクセス

オンラインチュートリアルを開始するには、ヘルプ (Help)、**SolidWorks チュートリアル (SolidWorks Tutorials)**、**すべての SolidWorks チュートリアル (All SolidWorks Tutorials)** をクリックします。SolidWorks のウィンドウのサイズが調整され、その横に表示されるウィンドウにチュートリアルのリストが表示されます。リンクの上にポインタを置くと、チュートリアルの内容を示す図がウィンドウの下部に表示されます。希望のチュートリアルのリンクをクリックすると、チュートリアルが開始されます。

表記規則

チュートリアルを最適の状態に表示するには、画面の解像度を 1280x1024 に設定してください。

チュートリアルには以下のアイコンが表示されます。

 チュートリアルの次の画面に進みます。

 注意事項やヒントを表します。これはリンクではありません。情報はアイコンの右に表示されます。ここに表示される注意事項やヒントは、効率的な作業方法や役に立つ情報を提供します。



 レッスン内で使用されるほとんどのツールバー ボタンは、クリックすると対応する SolidWorks ボタンが表示されます。初めてボタンをクリックすると、ActiveX コントロールのメッセージが表示されます。An ActiveX control on this page might be unsafe to interact with other parts of the page. Do you want to allow this interaction? これは、標準的な警告です。オンライン チュートリアル の ActiveX コントロールはユーザーのシステムに悪影響を与えることはありません。いいえ (No) をクリックすると、そのトピックのスクリプトは無効になります。はい (Yes) をクリックすると、スクリプトが実行されてボタンが表示されます。

 **ファイルを開く**または**このオプションを設定**を意味します。クリックすると、ファイルを開く、あるいはオプションを設定する操作が自動的に行われます。

 **ビデオサンプル**は、このステップについてのビデオを表示します。

 **詳細**リンクは、そのトピックの詳細情報を表示します。チュートリアル の完了に必須ではありませんが、そのテーマに対するより詳しい説明を見ることができます。

 **解説**リンクは、手順に関する詳細情報を表示し、なぜそのような手順を使用するのかについて解説します。この情報も、チュートリアル の完了には必須ではありません。

チュートリアルの印刷

オンライン チュートリアルは以下の手順で印刷することができます。

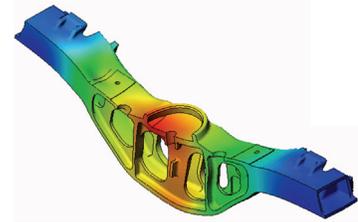
- 1 チュートリアルナビゲーションツールバーで**表示 (Show)**  をクリックします。これにより、オンライン チュートリアル の目次が表示されます。
- 2 レッスンを表す本の形をしたアイコンを右クリックし、ショートカット メニューから**印刷 (Print)** を選択します。
トピックの印刷 (Print Topics) ダイアログボックスが表示されます。
- 3 **選択された見出しおよびすべてのサブトピックを印刷 (Print the selected heading and all subtopics)** を選択して、**OK** をクリックします。
- 4 印刷したい各レッスンに対してこの手順を繰り返してください。

SolidWorks Simulation 製品群

このコースは、SolidWorks Motion Simulation を使用した剛体ダイナミックの紹介に重点を置いています。その完全な製品群は幅広い解析分野を対象としています。以下の段落に、提供されている SolidWorks Simulation パッケージとモジュールを完全に記します。

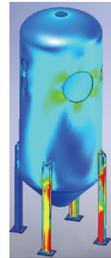
静解析スタディは、静荷重のかかる部品やアセンブリの線形応力解析に向けた手段となります。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

部品は通常の使用荷重で壊れないだろうか？
モデルは過剰設計されていないだろうか？
設計を変更して安全率を高められないだろうか？



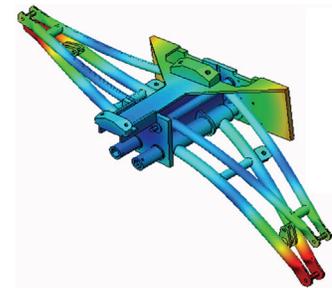
座屈解析スタディは、圧縮時に荷重のかかる薄い部品のパフォーマンスを解析します。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

容器の脚には十分な強度があるため降伏しません。しかし、安定性が失われたために崩壊しないほどの強度はあるだろうか？
設計を変更してアセンブリ内にある薄い構成部品の安定性を確実にできるだろうか？



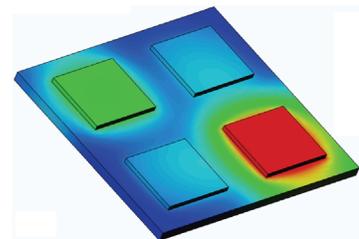
固有値解析スタディは、固有モードと固有値の解析に向けた手段となります。これは、静的または動的な方法で荷重のかかる設計または構成部品の多くにとって不可欠なものです。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

部品は通常の使用荷重で共振するだろうか？
構成部品の固有値特性は所定の用途に適しているだろうか？
設計を変更して固有値特性を改善できないだろうか？



熱解析スタディは、熱伝導、対流、輻射を使用する熱伝達の解析に向けた手段となります。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

温度の変化はモデルに影響するだろうか？
温度変動のある環境ではモデルはどのように動作するだろうか？



モデルが冷却または過熱するまでには、どのくらいの時間がかかるだろうか？
温度の変化はモデルが膨張する原因となるだろうか？
温度の変化による応力は製品が壊れる原因となるだろうか？（この問題を解決するには、静解析スタディと熱解析スタディを組み合わせで使用します）

落下試験スタディは、障害物に衝突する可動部品または可動アセンブリの応力を解析するために使用します。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

製品が輸送中に手荒く扱われた、または落とされた場合はどうなるだろうか？

硬い木製の床、カーペット、コンクリートに落とされた場合、製品はどのように挙動するだろうか？



最適化スタディは、初期の設計を最大応力、重さ、最適な固有値等の選択した基準のセットに基づいて改善（最適化）するために適用されます。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

設計意図を保ちながらモデルの形状を変更できるだろうか？

パフォーマンスの強度を損なうことなく、設計の軽量化、小型化、コスト削減を行えるだろうか？



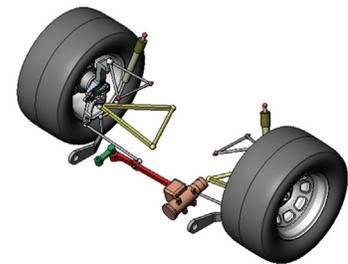
疲労解析スタディは、長期にわたり繰り返し荷重のかかる部品やアセンブリの耐性を解析します。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

製品の寿命を正確に予測できるだろうか？

現在の設計を変更することは、製品の寿命を延ばすのに役立つだろうか？

長期にわたり変動する力または温度荷重にさらされた場合、モデルは安全だろうか？

モデルの再設計は、変動する力または温度によって引き起こされる破損を最小化するのに役立つだろうか？



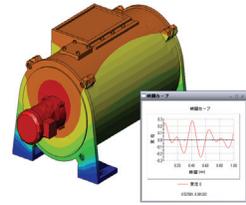
非線形解析スタディは、極端な荷重および/または大きな変形が生じる部品やアセンブリの応力を解析する手段となります。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

ゴム（例えば、Oリング）またはフォーム製の部品は、所定の荷重下で正しく動作するだろうか？

通常の使用条件下でモデルに過度な曲げが生じないだろうか？

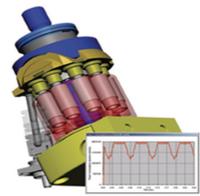


動解析スタディは、時間によって異なる荷重の強制されるオブジェクトを解析します。代表的な例は、車両に取り付けられた構成部品の衝撃荷重、振動力による荷重のかかるタービン、ランダムに荷重のかかる航空機の構成部品等になります。線形解析（小さな構造変形、基本的な材料モデル）および非線形解析（大きな構造変形、極端な荷重と高度な材料）の両方を利用できます。このスタディタイプを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。



車両が路面にある大きなくぼみに衝突した場合、衝撃荷重のかかる取り付け部品は安全に設計されているだろうか？このような場合、取り付け部品はどの程度変形するだろうか？

モーションシミュレーションは、メカニズムのキネマティックおよびダイナミックな挙動を解析できるようにします。その後、ジョイントと慣性力を **SolidWorks Simulation** スタディに転送し、応力解析を続けることも可能です。このモジュールを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。



設計に対するモーターまたはアクチュエータの正しいサイズは何だろうか？

リンケージ、ギア、ラッチメカニズムの設計は最適だろうか？
メカニズム構成部品の変位、速度、加速度はどのくらいだろうか？
メカニズムは効率の良いものだろうか？これを改善できるだろうか？

複合モジュールは、ラミネート加工された複合材料から製造された構造をシミュレートします。

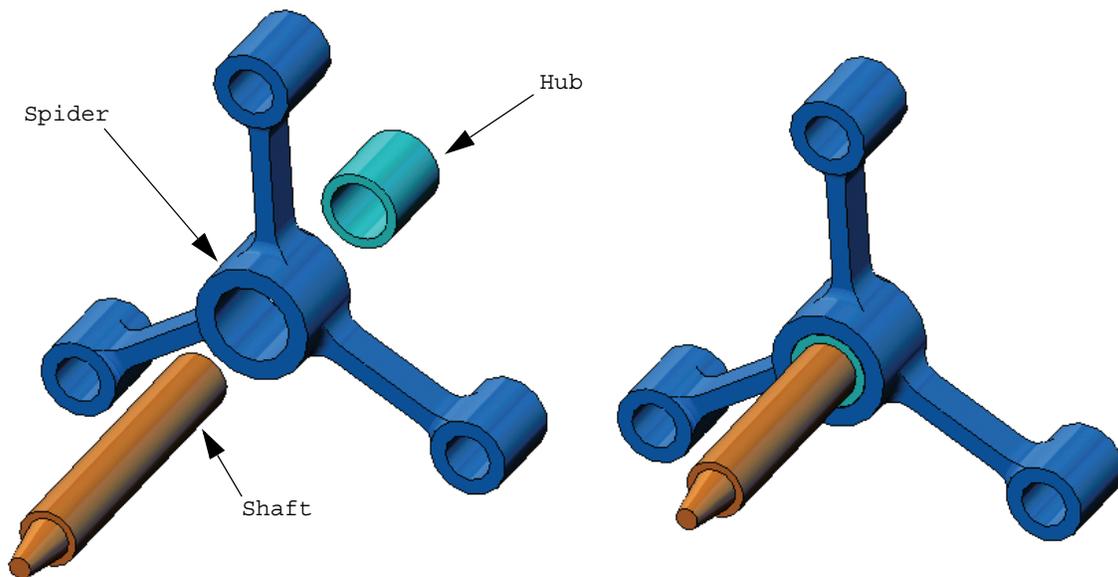
このモジュールを使用して解決できる代表的な問題は、以下のものです。

複合モデルは所定の荷重下で壊れるだろうか？
強度と安全性を損なうことなく、複合材料を使用して構造を軽量化できるだろうか？
層状複合体のラミネートは剥離するだろうか？



レッスン 1 : SolidWorks Simulation の基本的な機能

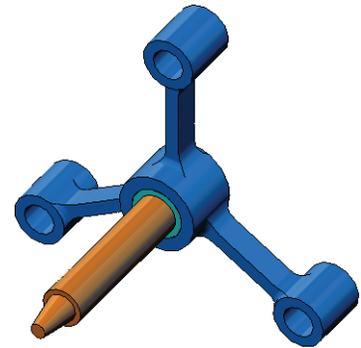
このレッスンを完了することにより、SolidWorks Simulation の基本的機能を理解し、以下のアセンブリの静解析を実行することができます。



Active Learning Exercise - 静解析を実行する

SolidWorks Simulation を使用して、右に表示された Spider.SLDASM アセンブリの静解析を実行します。

以下の手順に従ってください。



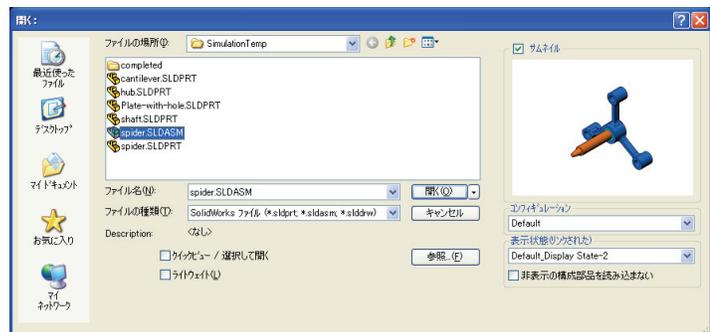
SimulationTemp ディレクトリを作成する

繰り返し使用するために一時ディレクトリへSolidWorks Simulation Education Examples を保存し、元のコピーを保存することをお勧めします。

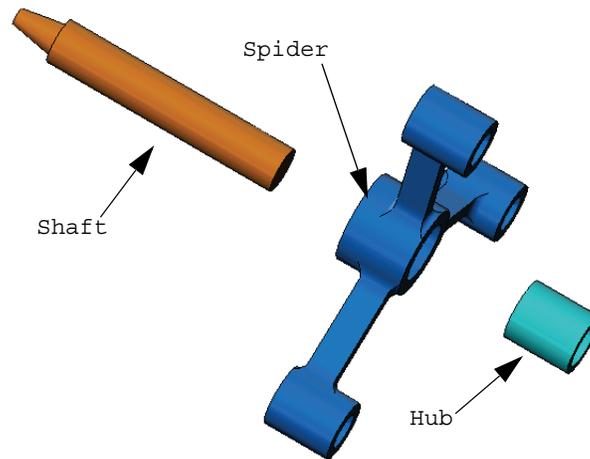
- 1 SolidWorks Simulationインストールディレクトリの Examples フォルダに SimulationTemp という名前の一時ディレクトリを作成します。
- 2 SolidWorks Simulation Education Examples ディレクトリを、SimulationTemp ディレクトリにコピーします。

Spider.SLDASM ドキュメントを開く

- 1 標準ツールバーの **開く (Open)**  をクリックします。**開く (Open)** ダイアログボックスが表示されます。
- 2 SolidWorks Simulation インストールディレクトリの、SimulationTemp フォルダに移動します。
- 3 Spider.SLDASM を選択します。
- 4 **開く (Open)** をクリックします。spider.SLDASM が開きます。

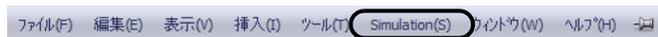


spider アセンブリには、3 つの構成部品があります : shaft、hub、spider。
 下の図はアセンブリ構成部品を分解図を用いて示したものです。



SolidWorks Simulation メニューを確認する

SolidWorks Simulation が適切にインストールされていると、SolidWorks Simulation メニューが SolidWorks のメニューバーに表示されます。表示されない場合は、以下のようにします :



SolidWorks Simulation メニュー

- 1 ツール (Tools)、アドイン (Add-Ins) をクリックします。
 アドイン (Add-Ins) ダイアログ ボックスが表示されます。
- 2 SolidWorks Simulation の横にあるチェックボックスをチェックします。
 SolidWorks Simulation が一覧に表示されない場合は、最初に SolidWorks Simulation をインストールする必要があります。

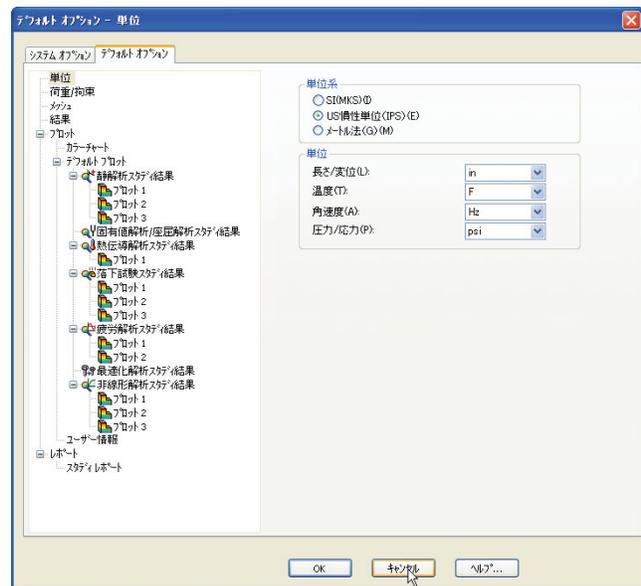
- 3 OK をクリックします。

Simulation メニューが、SolidWorks のメニューバーに表示されます。

解析単位系を設定する

このレッスンの開始前に、解析単位系を設定します。

- 1 SolidWorks メニューバーで **Simulation、オプション (Options)** をクリックします。
- 2 **デフォルト オプション (Default Options)** タブをクリックします。
- 3 **単位系 (Unit System)** で **US 慣性単位 (IPS) (English (IPS))** を選択します。
- 4 **長さ / 変位 (Length/Displacement)** フィールドで **in** を選択し、**圧力 / 応力 (Pressure/Stress)** フィールドで **psi** を選択します。
- 5 **OK** をクリックします。



ステップ 1 : スタディを作成する

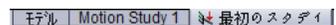
解析の実行の第 1 ステップは、スタディを作成することです。

- 1 **Simulation、スタディ (Study)** を画面上部にある SolidWorks メイン メニューでクリックします。
スタディ (Study) PropertyManager が表示されます。
- 2 **名前 (Name)** に My First Study を入力します。
- 3 **タイプ (Type)** リストで **静解析 (Static)** を選択します。
- 4 **OK** をクリックします。

SolidWorks Simulation は、FeatureManager デザイン ツリーの 下に Simulation スタディ ツリーを作成します。



また、ウィンドウの下部にはタブが作成され、複数のスタディとモデル間を移動できるようになります。



ステップ 2 : 材料を指定する

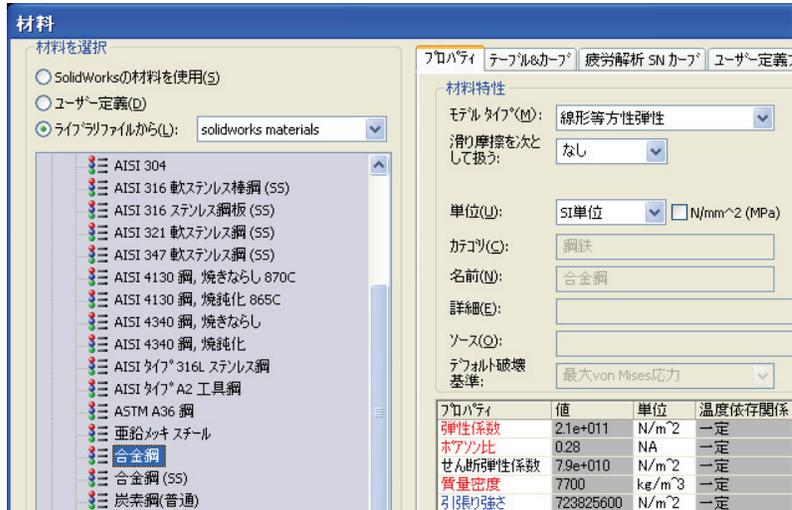
アセンブリ構成部品は、すべて合金鋼 (Alloy Steel) で作成されます。

合金鋼を全構成部品に割り当てる

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで Parts フォルダを右クリックし、**全てに材料特性を設定 (Apply Material to All)** をクリックします。

材料 (Material) ダイアログボックスが表示されます。

- 2 **材料を選択 (Select material source)** の下で、以下を実行します：
 - a) **ライブラリファイル (From library files)** を選択します。
 - b) 材料ライブラリとして `solidworks materials` を選択します。
 - c) **Steel** 材料カテゴリの隣のプラス記号をクリックし、**Alloy Steel** を選択します。



注記 : Alloy Steel の機械的および物理的のプロパティが、右の表に表示されます。

- 3 **OK** をクリックします。

Alloy Steel がすべてのアセンブリの構成部品に指定され、チェックマークが各構成部品のアイコンに表れます。指定された材料名が、構成部品名の隣に表示されることに注意してください。



ステップ3 : 拘束を適用する

ここでは、3つの穴を固定します。

- 1 矢印キーを使い、図のようにアセンブリを回転させます。



- 2 Simulation スタディ ツリーで、Fixtures フォルダーを右クリックし、**固定ジオメトリ (Fixed Geometry)** をクリックします。

固定 (Fixture) PropertyManager が表示されます。

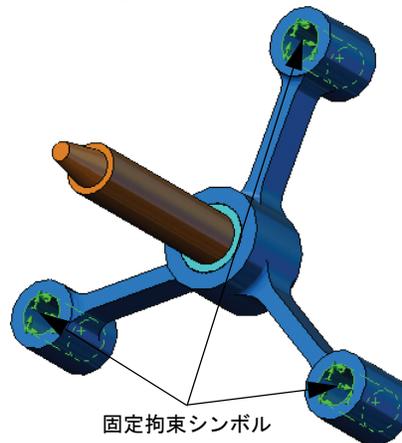
- 3 **タイプ (Type)** で**固定ジオメトリ (Fixed Geometry)** が設定されていることを確認します。

- 4 下の図のようにグラフィックス領域で3つの穴の面をクリックします。

面 <1>、面 <2>、および面 <3> が、**固定する面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Fixture)** ボックスに表示されます。

- 5  をクリックします。

固定 (Fixed) 拘束が適用され、そのシンボルが選択された面に表れます。



また、Fixture-1 アイテムが Simulation スタディ ツリーの Fixtures フォルダーに表示されます。拘束の名前はいつでも変更が可能です。

ステップ 4 : 荷重を適用する

ここでは、図のように面に垂直な方向に 500 lb の荷重を適用します。

- 1 グラフィックス領域上部に表示されている**一部拡大 (Zoom to Area)** アイコン  をクリックし、シャフト部品の先端部分を拡大します。

- 2 SolidWorks Simulation Manager ツリーで External Loads フォルダーを右クリックし、**集中荷重 (Force)** を選択します。

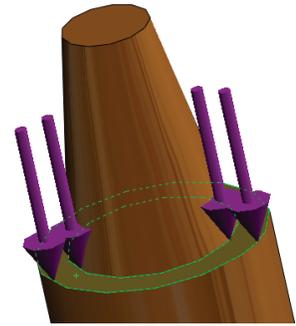
Force/Torque (Force/Torque) PropertyManager が表示されます。

- 3 グラフィックス領域で、図に示す面をクリックします。

面 <1> が、**垂直荷重のための面とシェル エッジ (Faces and Shell Edges for Normal Force)** のリストボックスに表示されます。

- 4 **垂直 (Normal)** が方向として選択されていることを確認します。
- 5 **単位 (Units)** に **English (IPS)** が設定されていることを確認します。
- 6 **荷重値 (Force Value)**  ボックスに **500** を入力します。
- 7  をクリックします。

SolidWorks Simulation は選択面に集中荷重を適用し、集中荷重 -1 アイテムが External Loads フォルダーに表示されます。



拘束および荷重のシンボルを非表示にするには

SolidWorks Simulation Manager ツリーで、Fixtures または External Loads フォルダーを右クリックし、**全て非表示 (Hide All)** をクリックします。

ステップ 5 : アセンブリをメッシュする

メッシュを行うと、モデルは要素と呼ばれる小片へ細分されます。SolidWorks Simulation はモデルの幾何寸法に基づいてデフォルトの要素サイズ(この例では 0.179707 in)を提示します。この値は必要に応じて変更できます。

- 1 Simulation スタディ ツリーでメッシュ (Mesh) アイコンを右クリックし、**メッシュ作成 (Create Mesh)** を選択します。

メッシュ (Mesh) PropertyManager が表示されます。

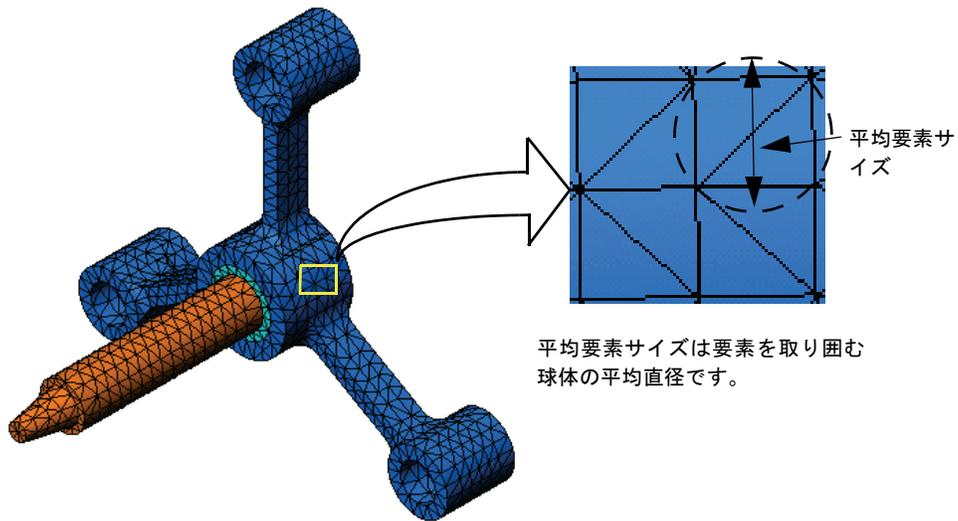
- 2 チェックボックスを選択し、**メッシュパラメータ (Mesh Parameters)** を展開します。

Standard mesh (Standard mesh) が選択されており、**自動徐変 (Automatic transition)** がチェックされていないことを確認します。

プログラムが推奨するデフォルトの**平均要素サイズ (Global Size)**  と**許容誤差 (Tolerance)**  のままにします。



3 **OK** をクリックし、メッシュの作成を開始します。



ステップ 6 : 解析を実行する

Simulation スタディ ツリーで My First Study アイコンを右クリックし、**解析実行 (Run)** をクリックして解析を開始します。

解析が終了すると SolidWorks Simulation は結果フォルダーにデフォルトの結果プロットを自動生成します。

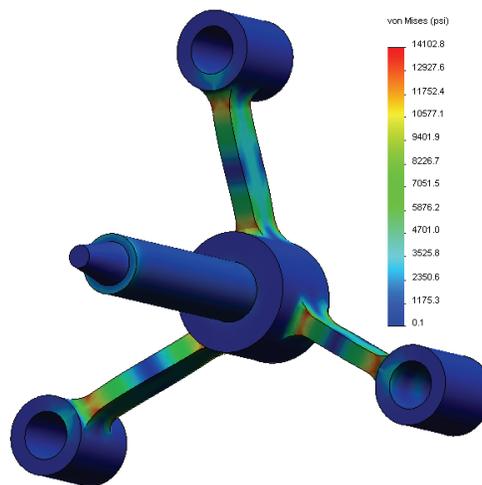
ステップ 7 : 結果を表示する

von Mises 応力

- 1 結果フォルダーの横にあるプラス記号  をクリックします。
すべてのデフォルトプロットに対するアイコンが表示されます。

注記 : デフォルトのプロットが表示されない場合には、結果フォルダーを右クリックし、**応力図プロット定義 (Define Stress plot)** を選択します。PropertyManager のオプションを設定し、 をクリックします。

- 2 応力 1 (-vonMises-) をダブルクリックし、プロットを表示します。



注記 : プロット内に最小値と最大値のアノテーション表示を行うには、凡例部分をダブルクリックし**最小値の表示 (Show min annotation)** および**最大値の表示 (Show max annotation)** のチェックボックスをチェックします。続いて  をクリックします。

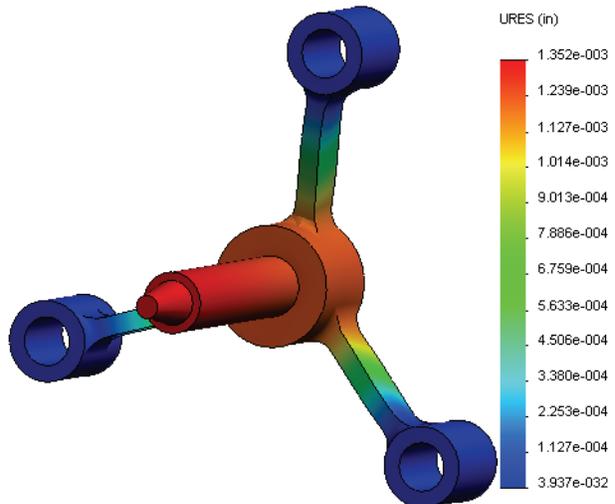
プロットのアニメーションを表示する

- 1 応力1 (-vonMises-) を右クリックし**アニメーション (Animate)** を選択します。
アニメーション (Animation) PropertyManagerが表示され、アニメーションが自動で開始されます。
- 2 **停止 (Stop)** ボタン  をクリックしてアニメーションを停止します。
ディスクに AVI ファイルを保存するにはアニメーションを停止する必要があります。
- 3 **AVI ファイルとして保存 (Save as AVI File)** をチェックし、参照 (Browse)  をクリックします。保存先フォルダーを選択して、AVIファイルを保存します。
- 4  をクリックし、アニメーションを**再生 (Play)** します。
アニメーションは、グラフィックス領域で再生されます。
- 5  をクリックし、アニメーションを**停止 (Stop)** します。
- 6  をクリックし、**アニメーション (Animation) PropertyManager** を閉じます。



合成変位を表示する

- 1 変位1 (-合成変位-) アイコンをダブルクリックし、合成変位プロットを表示します。



設計は安全なものですか？

解析結果評価 (Design Check) ウィザードは、この疑問に答えることができます。このウィザードを使用すると、モデルのすべての点で、安全率を見積もることができます。手順では、降伏破壊判定基準を選択する必要があります。

- 1 結果 (Results) フォルダーを右クリックし**安全率プロット定義(Define Factor of Safety Plot)** を選択します。

安全率(Factor of Safety)ウィザードのステップ1 (全3ステップ) (Step 1 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。

- 2 **判定基準 (Criterion)** に**最大 von-Mises 応力 (Max von Mises stress)** を選択します。

注記 : 様々な不良判定基準が利用できます。von-Mises の判定基準は、延性材料の降伏破壊を確認するために一般的に使用されるものです。

- 3 **次へ (Next)** をクリックします。



解析結果評価 (Design Check) ウィザードのステップ2 (全3ステップ) (Step 2 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。

- 4 **単位 (Units)** に **psi** を設定します。
- 5 **応力限界設定 (Set stress limit to)** に**降伏応力 (Yield strength)** を選択します。

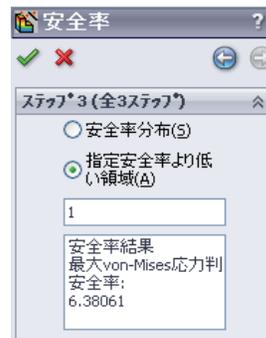
注記 : 材料が降伏すると、より早い速度で可塑的変形が継続します。極端な例では、荷重が増加しなくても変形を続ける可能性があります。

- 6 **次へ (Next)** をクリックします。

解析結果評価 (Design Check) ウィザードのステップ3 (全3ステップ) (Step 3 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。

- 7 **指定安全率より低い領域 (Areas below factor of safety)** を選択し **1** を入力します。
- 8 **完了 (Finish)** をクリックしプロットを生成します。





モデルを回転させ、赤で表示される安全でない領域を探します。プロットに赤い箇所が見当たらない場合には、すべての箇所が安全であると解釈することが可能です。

設計はどのくらい安全ですか？

- 1 結果フォルダーを右クリックし、**結果評価プロット定義 (Define Design Check Plot)** を選択します。

解析結果評価 (Design Check) ウィザードのステップ1 (全3ステップ) (Step 3 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。

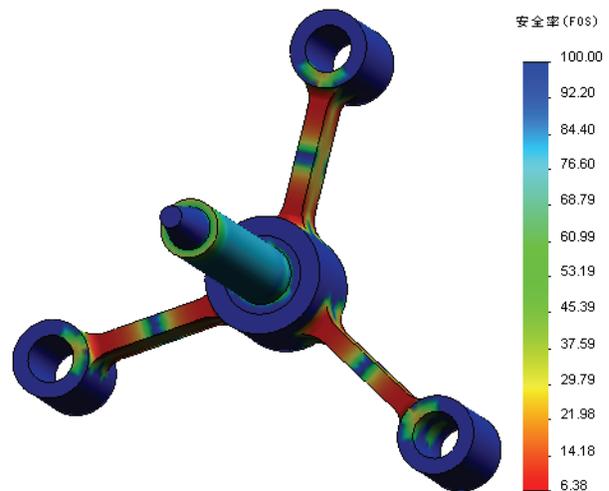
- 2 **判定基準 (Criterion)** で**最大 von-Mises 応力 (Max von Mises stress)** を選択します。

- 3 **次へ (Next)** をクリックします。

解析結果評価 (Design Check) ウィザードのステップ2 (全3ステップ) (Step 3 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。

- 4 **次へ (Next)** をクリックします。

解析結果評価 (Design Check) ウィザードのステップ3 (全3ステップ) (Step 3 of 3) に対する PropertyManager が表示されます。



5 安全率分布 (Factor of safety distribution) を選択します。

6  をクリックします。

作成されたプロットは、安全率の分布を表示します。最小安全率は、およそ 6.4 です。

注記：ある場所での 1.0 の安全率というのは、材料がちょうど降伏しはじめていることを意味します。例えば、2.0 の安全率というのは、設計はその場所では安全であり、荷重を 2 倍にすると、材料が降伏しはじめるという意味になります。

作成されたプロットをすべて保存する

1 My First Study アイコンを右クリックし、**全プロットを JPEG ファイルに保存 (Save all plots as JPEG files)** を選択します。

フォルダーの参照 (Browse for Folder) ウィンドウが表示されます。

2 すべての結果プロットを保存したいディレクトリを参照します。

3 **OK** をクリックします。

スタディレポートを作成する

レポート ユーティリティでは、各スタディ用に迅速にまた系統的に作業のドキュメントを作成できます。そのプログラムでは、スタディと関連するすべての局面について、構造化したインターネット用のレポート (**HTML ファイル**)、およびワードドキュメントの作成ができます。

1 **Simulation**、**レポート (Report)** を画面上部にある SolidWorks メインメニューでクリックします。

レポート オプション (Report Options) ダイアログボックスが表示されます。

レポートフォーマット設定 (Report format settings) セクションでは、レポートスタイルの定義と生成されるレポートに含めるセクションの選択を行うことが可能です。各セクションは**含めるアイテム (Included sections)** フィールドから**使用可能アイテム (Available)** フィールドに移動させることにより、レポートから除外することが可能です。



- それぞれのレポート セクションはカスタマイズが可能です。たとえば、**含めるアイテム (Included sections)** で**表紙 (Cover Page)** を選択すれば、**名前 (Name)**、**ロゴ (Logo)**、**作成者 (Author)**、および**会社名 (Company)** を指定することが可能です。

ロゴファイルに使用可能なフォーマットは **JPEG Files (*.jpg)**、**GIF Files (*.gif)**、または **Bitmap Files (*.bmp)** となります。

- 含めるアイテム (Included sections)** で**結論 (Conclusion)** を選択し、スタディの結論を**コメント (Comments)** ボックスに入力します。
- 作成時にレポートを表示 (Show report on Publish)** チェックボックスを選択し、**Word** オプションを選択します。
- 作成 (Publish)** をクリックします。

レポートが Word ドキュメントとして表示されます。

さらに、プログラムは、SolidWorks Simulation Manager ツリーの Report フォルダーにアイコン  を作成します。

レポートのセクションを編集するには、レポートアイコンを右クリックし**定義編集 (Edit Definition)** をクリックします。セクションを変更し **OK** をクリックすることで、既存のレポートを置き換えます。

ステップ 8 : 作業内容を保存し、SolidWorks を終了する

- 標準ツールバーの  をクリックするか、または**ファイル (File)**、**保存 (Save)** をクリックします。
- メインメニューから**ファイル (File)**、**終了 (Exit)** をクリックする

5 分間テスト

- 1 SolidWorks Simulation セッションを開始するにはどうしますか？

- 2 SolidWorks Simulation のメニューが、SolidWorks のメニューに表示されない場合は、どうしたらいいですか？

- 3 SolidWorks Simulation は、どのタイプのドキュメントを解析することができますか？ _____

- 4 解析とは何ですか？ _____

- 5 解析はなぜ重要ですか？ _____

- 6 解析スタディとは何ですか？ _____

- 7 SolidWorks Simulation では、どのようなタイプの解析を実行することができますか？ _____

- 8 静解析は何を計算するのですか？ _____

- 9 応力とは何ですか？ _____

- 10 解析を実行する際の主要なステップは何ですか？ _____

- 11 部分材料を変更するにはどうしたらいいですか。 _____

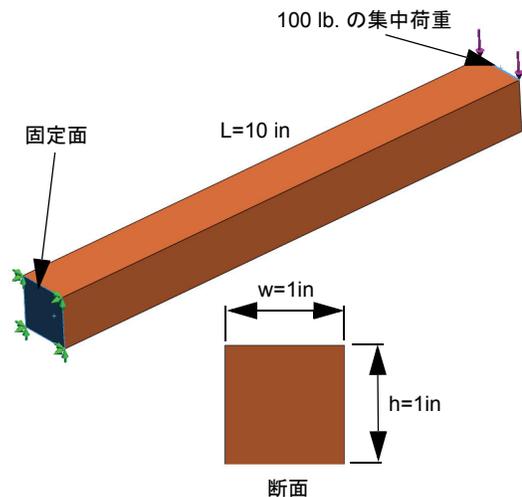
- 12 解析結果評価 (Design Check) ウィザードが一部の場所で 0.8 の安全率を表示しています。この場合の設計は安全ですか？ _____

課題とプロジェクト - 終了力による梁のたわみ

簡単な問題の中に、正確な答えがある場合があります。これらの問題の 1 つは、図のように先端で力によって負荷がかけられた梁です。ここでは、SolidWorks Simulation を使用してこの問題を解き、その結果を正しい解と比較します。

作業手順

- 1 SolidWorks Simulation インストール ディレクトリの Examples フォルダにある Front_Cantilever.sldprt ファイルを開きます。
- 2 片持ち梁の、幅、高さ、および長さを測定する。
- 3 別名で部品を保存します。
- 4 **静解析 (Static)** スタディを作成します。
- 5 部品に **Alloy Steel** を指定します。弾性率の値 (psi) はいくらですか？



答え : _____

- 6 片持ち梁の端面の 1 つを固定します。
- 7 **100 lb** の大きさで、もう一方の端面の上部エッジに対し下方向への集中荷重を適用します。
- 8 部品のメッシュ作成を行い、解析を実行します。
- 9 Y 方向の変位をプロットします。片持ち梁自由端の最大 Y- 変位はいくらですか？

答え : _____

- 10 以下の方程式を使用して、自由端の理論的な垂直変位を計算します :

$$UY_{Theory} = \frac{4FL^3}{Ewh^3}$$

この式において F は荷重、 L は梁の長さ、 E は弾性率、 w は梁の幅、 h は梁の高さとなります。

答え : _____

- 11 以下の方程式を使用して、垂直変位におけるエラーを計算します :

$$ErrorPercentage = \left(\frac{UY_{Theory} - UY_{COSMOS}}{UY_{Theory}} \right) 100$$

答え : _____

Lesson 1 用語に関するワークシート

名前： _____ クラス： _____ 日付： _____

空白に該当する言葉を記載してください。

- 1 SolidWorks によりモデルを作成し、プロトタイプを製造し、その内容をテストする手順： _____
- 2 解析タイプ、材料、拘束、および荷重の仮定のシナリオ： _____
- 3 解析を実行するために SolidWorks Simulation が使用する方法： _____
- 4 変位、ひずみ、および応力を計算するスタディのタイプ： _____
- 5 モデルを細分化するプロセス： _____
- 6 メッシュ化中に作成された簡単な形状の小片： _____
- 7 要素が共有する共通点： _____
- 8 単位面積あたりに作用する力： _____
- 9 軸の圧縮荷重による軟弱な設計の急激な崩壊： _____
- 10 設計の熱を推定するスタディ： _____
- 11 応力状態の概要を表す数字： _____
- 12 剪断応力が消える平面の垂直応力： _____
- 13 ボディが振動する傾向がある固有値： _____
- 14 固有振動数を回避できる解析タイプ： _____

Lesson 1 テスト

名前 : _____ クラス : _____ 日付 : _____

指示 : 以下の質問に対し、正しい答え (複数の場合もあり) を記入しなさい。

- 1 スタディを作成して設計を試験します。スタディとはどのようなものですか?

- 2 SolidWorks Simulation では、どのようなタイプの解析を実行することができますか? _____

- 3 スタディ結果の取得後に、材料、荷重、および (または) 拘束を変更しました。再メッシュが必要ですか? _____

- 4 スタディのメッシュ後に、形状を変更しました。モデルの再メッシュが必要ですか? _____

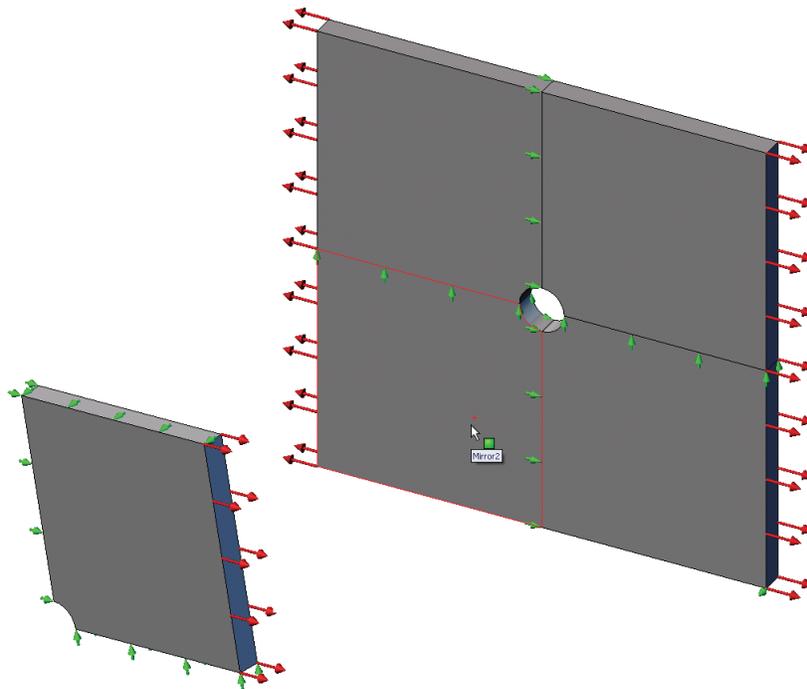
- 5 新規の静解析スタディを作成するにはどのようにしたらいいですか。 _____

- 6 メッシュとは? _____

- 7 アセンブリの固体フォルダーには、アイコンはどのくらいありますか? _____

レッスン 2 : SolidWorks Simulation のアダプティブ法

このレッスンを完了することにより、(a) アダプティブ h-法を使用して静解析スタディの結果の精度を改善し、(b) 対称拘束を適用し元のモデルの 1/4 を解析できます。



中心に 1 インチの半径の穴がある正方形プレート 20 in x 20 in x 1 in の応力を計算します。このプレートは、100psi の引張り圧力にさらされます。

ホールの応力集中を既知の理論的な結果と比較してください。

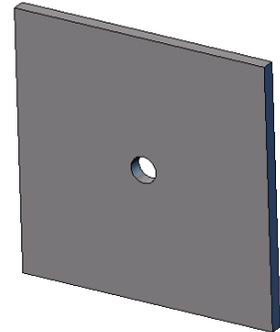
学習課題 - 1 部

SolidWorks Simulation を使用して、右に表示された Plate-with-hole.SLDPRT 部品の静解析を実行します。

中心に1インチの半径の穴がある正方形プレート 20 in x 20 in x 1 in の応力を計算します。このプレートは、100psi の引張り圧力にさらされます。

ホールの応力集中を既知の理論的な結果と比較してください。

以下の手順に従ってください。



Simulationtemp ディレクトリを作成する

繰り返し使用するために一時ディレクトリへSolidWorks Simulation Education Examples を保存し、元のコピーを保存することをお勧めします。

- 1 SolidWorks Simulation インストールディレクトリの Examples フォルダに Simulationtemp という名前の一時的ディレクトリを作成します。
- 2 SolidWorks Simulation Education Examples ディレクトリを、Simulationtemp ディレクトリにコピーします。

Plate-with-hole.SLDPRT ドキュメントを開く

- 1 標準ツールバーの **開く (Open)**  をクリックします。開く (Open) ダイアログ ボックスが表示されます。
- 2 SolidWorks Simulation インストールディレクトリの、Simulationtemp フォルダに移動します。
- 3 Plate-with-hole.SLDPRT を選択します。
- 4 **開く (Open)** をクリックします。

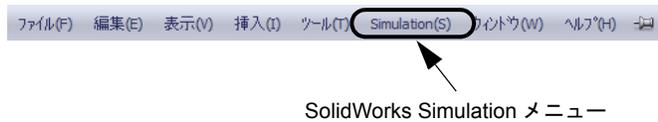
Plate-with-hole.SLDPRT を選択します。

部品には、2 つのコンフィギュレーションがあることに注意します : (a) Quarter plate、および (b) Whole plate。Whole plate コンフィギュレーションがアクティブであることを確認します。

注記 : ドキュメントのコンフィギュレーションは、左ペイン最上部の ConfigurationManager タブ  の下にリストされます。

SolidWorks Simulation メニューを確認する

SolidWorks Simulation がアドインされている場合、SolidWorks Simulation メニューが SolidWorks のメニューバーに表示されます。表示されない場合は、以下のようにします：



- 1 **ツール (Tools)、アドイン (Add-Ins)** をクリックします。
アドイン (Add-Ins) ダイアログ ボックスが表示されます。
- 2 SolidWorks Simulation の横にあるチェックボックスをチェックします。
 SolidWorks Simulation が一覧に表示されない場合は、最初に SolidWorks Simulation をインストールする必要があります。
- 3 **OK** をクリックします。
 SolidWorks Simulation メニューが、SolidWorks のメニューバーに表示されます。

解析単位系を設定する

このレッスンを開始する前に、解析単位系を設定します。

- 1 **Simulation、オプション (Options)** をクリックします。
- 2 **デフォルト オプション (Default Options)** タブをクリックします。
- 3 **単位系 (Unit system)** に **English (IPS) (US慣性単位 (IPS))** を選択し、長さの単位に **in**、応力の単位に **psi** を各々指定します。
- 4  をクリックします。

ステップ 1 : スタディを作成する

解析の実行の第 1 ステップは、スタディを作成することです。

- 1 **Simulation、スタディ (Study)** を画面上部にある SolidWorks メイン メニューでクリックします。
スタディ (Study) PropertyManager が表示されます。
- 2 **名前 (Name)** に whole plate と入力します。
- 3 **タイプ (Type)** リストで **静解析 (Static)** を選択します。
- 4  をクリックします。

SolidWorks Simulation は、FeatureManager デザイン ツリーの下に Simulation スタディ ツリーを作成します。

ステップ 2 : 材料を指定する

Alloy Steel を指定する

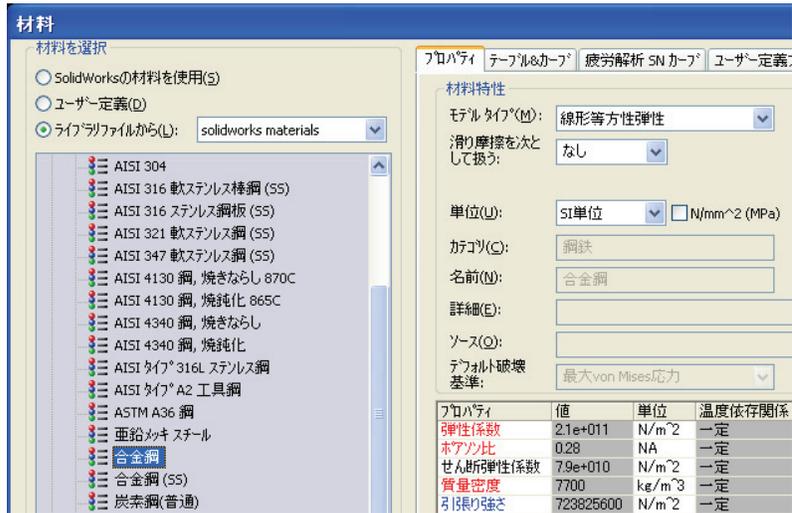
- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで Plate-with-hole フォルダを右クリックし、**全てに材料特性を設定(Apply Material to All)** をクリックします。

材料 (Material) ダイアログボックスが表示されます。

- 2 **材料を選択 (Select material source)** の下で、以下を実行します：

- a) **ライブラリファイルから (From library files)** を選択します。
- b) 材料ライブラリとして `solidworks materials` を選択します。
- c) **Steel**材料カテゴリの隣のプラス記号をクリックし、**Alloy Steel**を選択します。

注記 : Alloy Steel の機械的および物理的のプロパティが、右の表に表示されます。



- 3 **OK** をクリックします。

ステップ 3 : 拘束を適用する

平面外回転やフリー ボディモーションを防ぐために拘束を適用します。

- 1 スペースキーを押して、**方向 (Orientation)** メニューから *** 不等角投影 (*Trimetric)** を選択します。

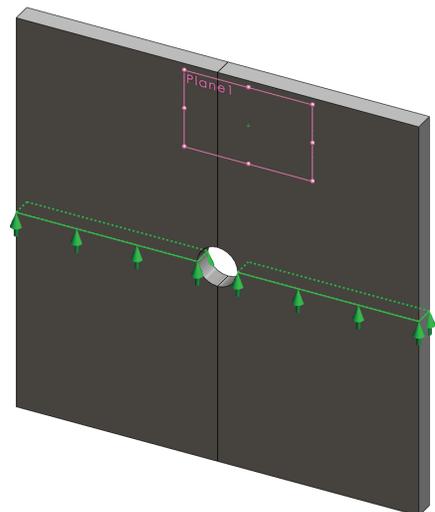
図には、モデル方向が示されています。

- 2 Simulation スタディ ツリーで、Fixtures フォルダを右クリックし、**詳細固定条件 (Advanced Fixtures)** をクリックします。

固定 (Fixture) PropertyManager が表示されます。

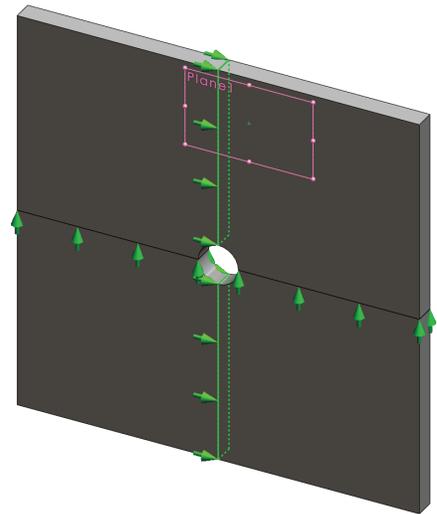
- 3 **タイプ (Type)** に **参照ジオメトリ使用 (Use Reference Geometry)** が設定されていることを確認します。
- 4 グラフィックス領域で、図に示す8つのエッジを選択します。

エッジ <1> からエッジ <8> までが、**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Restraint)** ボックスに表示されます。



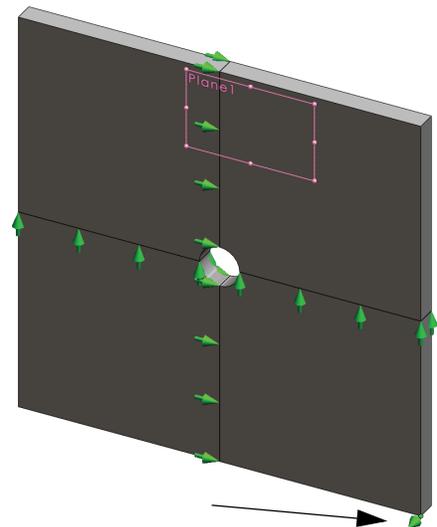
- 5 **方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)**
ボックス内をクリックし、フライアウト FeatureManager ツリーから **Plane1** を選択します。
- 6 **変位 (Translations)** の下にある**参照面の第二方向 (Along plane Dir 2)**  を選択します。
- 7  をクリックします。
拘束が適用され、それらの記号が選択されたエッジ上に表れます。
また、Fixtures フォルダーには拘束アイコン  (Fixture-1) が表示されます。

同様にステップ2～7の手順を用い、図に示す垂直な組み合わせの8つのエッジを **Plane1** の**参照面の第一方向 (Along plane Dir 1)**  に拘束します。



全体座標における Z 方向へのモデルの変位を防止するために、下の図に示す頂点に拘束を定義する必要があります。

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで Fixtures フォルダーを右クリックし、**詳細固定条件 (Advanced Fixtures)** をクリックします。
固定 (Fixture) PropertyManager が表示されます。
- 2 **タイプ (Type)** に**参照ジオメトリ使用 (Use reference geometry)** が設定されていることを確認します。
- 3 グラフィックス領域で、図に示す頂点をクリックします。
頂点<1>が**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Restraint)** ボックスに表示されます。



- 4 方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction) ボックス内をクリックし、フライアウト FeatureManager ツリーから Plane1 を選択します。
- 5 変位 (Translations) の下にある参照面に垂直 (Normal to Plane)  を選択します。
- 6  をクリックします。

ステップ 4 : 圧力を適用する

図のように、100psi の圧力を面に垂直に適用します。

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで External Loads フォルダを右クリックし、**圧力荷重設定 (Pressure)** をクリックします。

圧力 (Pressure) PropertyManager が表示されます。

- 2 **タイプ (Type)** で **選択した面に垂直 (Normal to selected face)** を選択します。
- 3 グラフィックス領域で、図に示す 4 つの面を選択します。

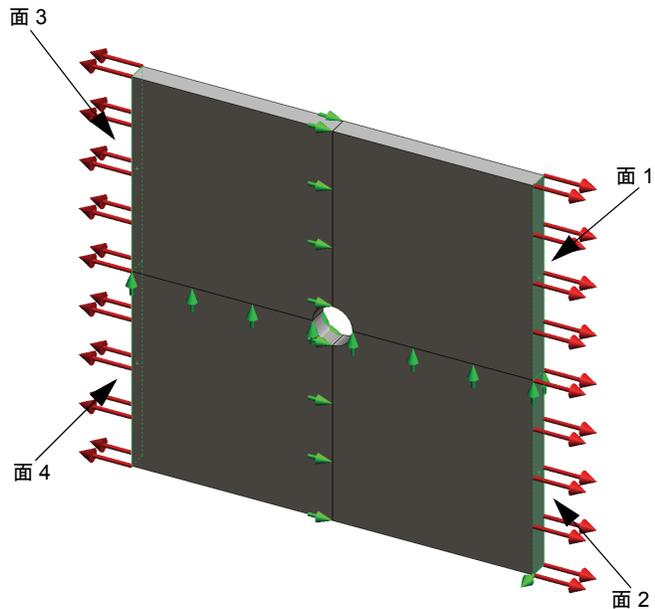
面 <1> から面 <4> が **圧力のための面 (Faces for Pressure)** リストボックスに表示されます。

- 4 **単位 (Units)** に **psi** が設定されていることを確認します。
- 5 **圧力値 (Pressure value)** ボックス  に **100** を入力します。
- 6 **反対方向 (Reverse direction)** チェックボックスをチェックします。
- 7  をクリックします。

SolidWorks Simulation が選択面に垂直な圧力を適用し、External Loads フォルダには圧力 -1 アイコン  が表示されます。

拘束および荷重のシンボルを非表示にするには

SolidWorks Simulation Manager ツリーで、Fixtures または External Loads フォルダを右クリックし、**全て非表示 (Hide All)** をクリックします。

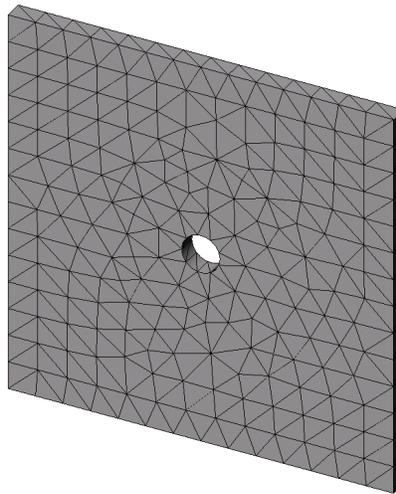


ステップ 5 : モデルをメッシュし、スタディを実行する

メッシュを行うと、モデルは要素と呼ばれる小片へ細分されます。SolidWorks Simulation はモデルの幾何寸法に基づいてデフォルトの要素サイズを提示します。この値は必要に応じて変更できます。

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーでメッシュ アイコンを右クリックし、**メッシュ作成 (Create Mesh)** をクリックします。
メッシュ (Mesh) PropertyManager が表示されます。
- 2 チェック ボックスを選択し、**メッシュパラメータ (Mesh Parameters)** を展開します。
Standard mesh (Standard mesh) が選択されており、**自動徐変 (Automatic transition)** がチェックされていないことを確認します。
- 3 **平均要素サイズ (Global Size)**  に 1.5 (インチ) を入力して、プログラムが示す許容誤差 (Tolerance)  を受け入れます。
- 4 **Run (Solve) the analysis (Run (Solve) the analysis)** を**オプション (Options)** でチェックし、 をクリックします。

注記 : メッシュのプロットを確認するにはメッシュ フォルダーを右クリックし、**メッシュ表示 (Show Mesh)** を選択します。

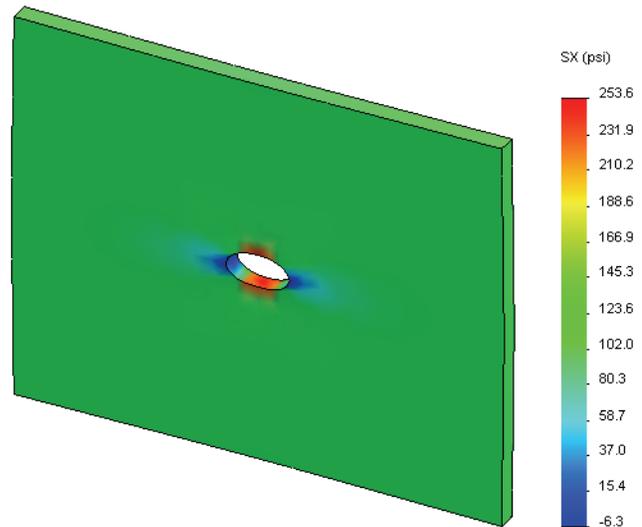


ステップ 6 : 結果を表示する

全体座標の X 方向の垂直応力

- 1 結果フォルダー  を右クリックし、**応力図プロット定義 (Define Stress Plot)** を選択します。
応力図プロット (Stress Plot) PropertyManager が表示されます。
- 2 **表示 (Display)** において
 - a) **表示成分 (Component)** フィールドで **SX: X 方向の応力 (SX: X Normal stress)** を選択します。
 - b) **単位 (Units)** で **psi** を選択します。

- 3  をクリックします。
 X 方向プロットの垂直応力が表示されます。
 穴の周囲の応力集中に注意してください。



ステップ 7 : 結果を検証する

矩形断面および中心に円形穴を持つプレート最大の垂直応力 σ_{\max} は以下のようになります :

$$\sigma_{\max} = k \cdot \left(\frac{P}{t(D-2r)} \right) \qquad k = 3.0 - 3.13 \left(\frac{2r}{D} \right) + 3.66 \left(\frac{2r}{D} \right)^2 - 1.53 \left(\frac{2r}{D} \right)^3$$

ここで、

D = プレートの幅 = 20 in

r = 穴半径 = 1 in

t = プレート厚み = 1 in

P = 引張軸力 = Pressure * (D * t)

最大垂直応力の解析値は、 $\sigma_{\max} = 302.452$ psi です。

アダプティブ法を使わない SolidWorks Simulation の結果は、SX = 253.6 psi となります。

この結果は、理論的なソリューションからおよそ 16.1% 外れます。この大きな偏差がメッシュの粗さに起因するものであることを以降で確認していきます。

学習課題 - 2 部

本レッスンの 2 部では、対称拘束を利用してプレートの 1/4 をモデリングします。

注記：対称拘束はモデルの一部のみを解析する際に使用できます。特に大きなモデルを取扱っている場合は、この手法によって解析時間を相当省くことができます。

対称条件においては形状、荷重、材料特性および拘束が対称面で等しい必要があります。

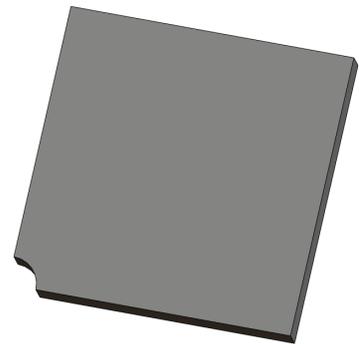
ステップ 1 : 新規コンフィギュレーションをアクティブにする

1 ConfigurationManager タブ  をクリックします。

2 ConfigurationManager ツリーで Quarter plate アイコンをダブルクリックします。

Quarter plate コンフィギュレーションがアクティブになります。

3 グラフィックス領域に Quarter plate に対するモデルが表示されます。



注記：非アクティブなコンフィギュレーションのスタディにアクセスするには、アイコンを右クリックし**アクティブな SW コンフィギュレーション (Activate SW configuration)** を選択します。

ステップ 2 : スタディを作成する

新たに作成するスタディは、Quarter plate コンフィギュレーションに基づくものです。

1 **Simulation、スタディ(Study)** を画面上部にある SolidWorks メインメニューでクリックします。

スタディ(Study) PropertyManager が表示されます。

2 **名前 (Name)** に Quarter plate と入力します。

3 **タイプ (Type)** リストで**静解析 (Static)** を選択します。

- 4 をクリックします。

SolidWorks Simulation は、スタディに対応するツリーを画面の下部にあるタブに作成します。

モデル | Motion Study 1 | Whole plate | Quarter plate

ステップ 3 : 材料を指定する

第 1 部のステップ 2 にある手順に従って、**Alloy Steel** 材料を割り当てます。

ステップ 4 : 拘束を適用する

拘束は対称面に適用します。

- 1 矢印キーを用いて、図のようにモデルを回転させます。

- 2 Simulation スタディ ツリーで、Fixtures フォルダを右クリックし、**詳細固定条件 (Advanced Fixtures)** を選択します。

固定 (Fixtures) PropertyManager が表示されます。

- 3 **タイプ (Type)** で **対称 (Symmetry)** を選択します。

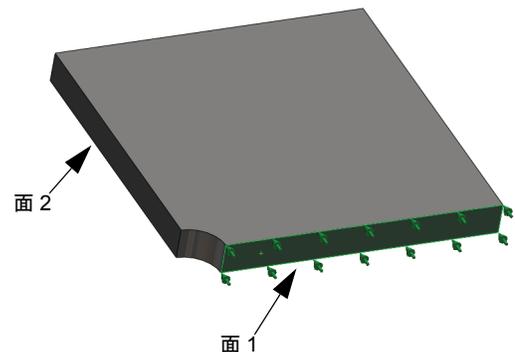
- 4 グラフィックス領域で、図に示す面 1 をクリックします。

面 <1> が、**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Restraint)** ボックスに表示されます。

- 5 をクリックします。

面 2 に対しても同様の**対称拘束**を適用します。

次に全体座標の Z 方向の変位を防ぐために、プレート上部のエッジを拘束します。



上部エッジを拘束するには :

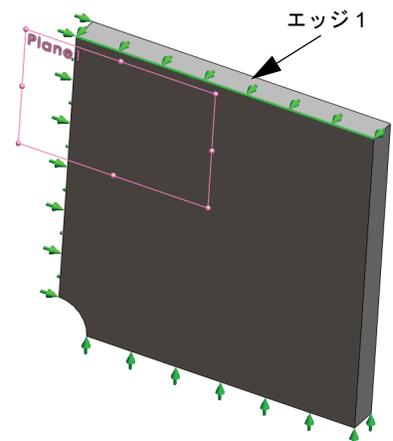
- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで Fixtures フォルダを右クリックし、**詳細固定条件 (Advanced Fixtures)** を選択します。

タイプ (Type) に **参照ジオメトリ使用 (Use reference geometry)** を設定します。

- 2 グラフィックス領域で、図に示すプレートの上部エッジをクリックします。

エッジ <1> が **拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Restraint)** ボックスに表示されます。

- 3 **方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** ボックス内をクリックし、フライアウト FeatureManager ツリーから Plane1 を選択します。



- 4 **変位(Translations)** の下にある**参照面に垂直(Normal to Plane)**  を選択します。他の 2 つの成分が非アクティブになっていることを確認します。
- 5  をクリックします。

すべての拘束を適用した後は、3 つの拘束アイコン ( (Fixture-1) )、 (Fixture-2)、 (Fixture-3)) が Fixtures フォルダーに表示されます。

ステップ 5 : 圧力を加える

下図のように、100psi の圧力を適用します :

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで External Loads を右クリックし、**圧力荷重設定 (Pressure)** を選択します。

圧力 (Pressure) PropertyManager が表示されます。

- 2 **タイプ (Type)** で**選択した面に垂直 (Normal to selected face)** を選択します。
- 3 グラフィックス領域で、図に示す面を選択します。

- 1 面<1> が、**圧力のための面 (Faces for Pressure)** のリストボックスに表れます。

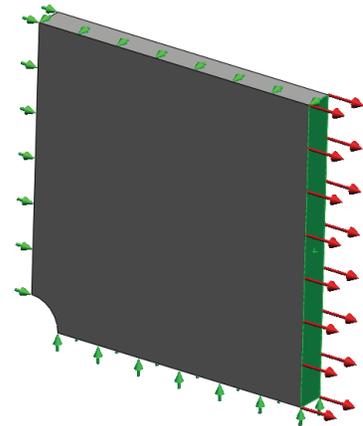
- 2 **単位 (Units)**  に **psi** を設定します。

- 3 **圧力値 (Pressure value)** ボックス  に **100** を入力します。

- 4 **反対方向 (Reverse direction)** チェックボックスをチェックします。

- 5  をクリックします。

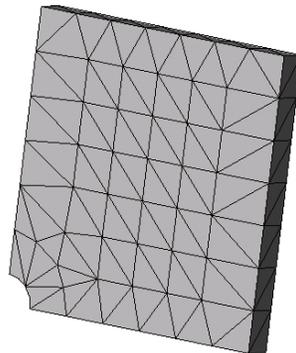
SolidWorks Simulation は選択面に垂直な圧力を適用し、External Loads フォルダーには圧力 -1 アイコン  が表示されます。



ステップ 6 : モデルをメッシュし、解析を実行する

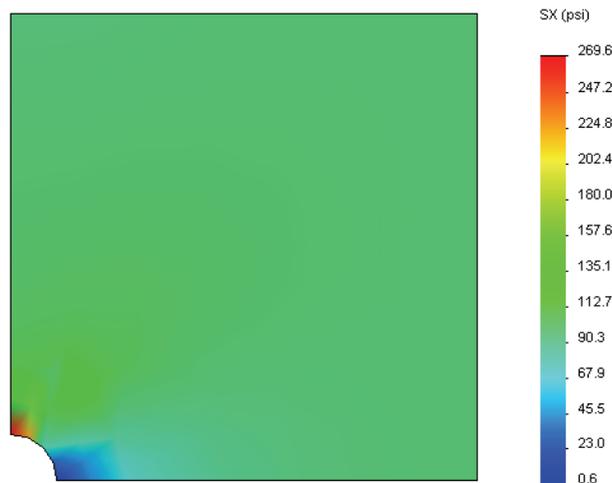
第 1 部のステップ 5 (2-7 ページ、「モデルをメッシュし、スタディを実行する」) にある手順に従い同じメッシュ設定を適用します。

メッシュプロットは図のようになります。



ステップ 7 : 全体座標の X 方向の垂直応力を表示する

- 1 Simulation スタディ ツリーで結果フォルダー  を右クリックし、**応力図プロット定義 (Define Stress Plot)** を選択します。
- 2 **応力図プロット (Stress Plot) PropertyManager** の**表示 (Display)** において：
 - a) **SX: X 方向の応力 (SX: X Normal stress)** を選択します。
 - b) **単位 (Units)** に **psi** を選択します。
- 3 **変形図 (Deformed Shape)** において**実スケール (True Scale)** を選択します。
- 4 **プロパティ (Property)** において：
 - a) **指定ビューの表示方向に関連付ける (Associate plot with name view orientation)** を選択します。
 - b) メニューから *** 正面 (*Front)** を選択します。
- 5  をクリックします。
X 方向の垂直応力は、プレートの実際の変形形状に表示されます。



ステップ 8 : 結果を検証する

1/4 モデルでの最大垂直 SX 応力は、269.6psi です。この結果は Whole plate に対する結果と同等のものです。

この結果は、理論的なソリューションからおよそ 10.8% 外れます。このレッスンの第 1 部で述べたとおり、この偏差は計算メッシュの粗さによって発生します。この精度は、より小さな要素サイズを手動で使用したり、あるいは自動アダプティブ法を使用して改善することができます。

第 3 部では、アダプティブ h-法を使い、精度を改善します。

学習課題 - 3 部

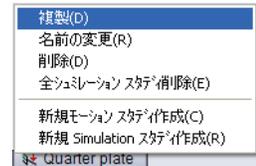
3 部の学習課題では、アダプティブ h- 法を適用して、Quarter plate コンフィギュレーションに対して同じ問題を解きます。

アダプティブ h- 法の機能を説明するには、先ず、大きな要素サイズでモデルをメッシュします。次に h- 法のメッシュサイズの変更の仕方を理解し、それによる結果の精度の改善を確認します。

ステップ 1 : 新規のスタディを定義する

前のスタディを複製し、新規のスタディを作成します。

- 1 画面の下部にある Quarter plate スタディを右クリックし、複製 (Duplicate) を選択します。



スタディ名の定義 (Define Study Name) ダイアログボックスが表示されます。

- 2 スタディ名 (Study name) ボックスに H-adaptive. を入力します。
- 3 使用するコンフィギュレーション (Configuration to use) で : クォータープレート (Quarter plate) を選択する
- 4 OK をクリックします。



ステップ 2 : アダプティブ h パラメータを設定する

- 1 Simulation スタディ ツリーで、H-adaptive を右クリックし、プロパティ (Properties) を選択します。
- 2 ダイアログボックスのオプション (Options) タブで、解析ソルバ (Solver) の下の FFEPlus を選択します。
- 3 アダプティブ (Adaptive) タブのアダプティブ法 (Adaptive method) の下で、アダプティブ h- 法 (h-adaptive) を選択します。

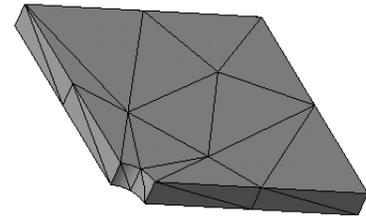
- 4 **アダプティブ h- 法オプション (h-Adaptive options)** では、以下のことを実行します：
 - a) **ターゲット精度 (Target accuracy)** スライダーを **99%** まで移動します。
 - b) **最大ループ回数 (Maximum no. of loops)** を、**5** に設定します。
 - c) **メッシュの疎化(Mesh coarsening)** をチェックします。
- 5 **OK** をクリックします。

注記： スタディを複製すると、元のスタディのフォルダーはすべて新規のスタディにコピーされます。新規のスタディのプロパティが同じ場合は、材料特性、荷重、拘束などを再定義する必要はありません。



ステップ 3 : モデルを再メッシュし、スタディを実行する

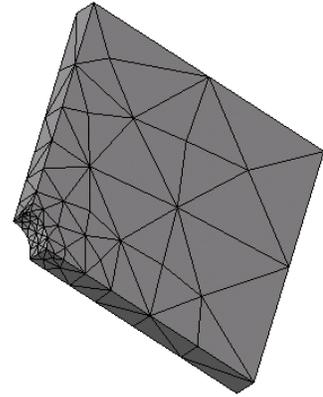
- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーでメッシュ フォルダーを右クリックし、**メッシュ作成 (Create Mesh)** を選択します。
再メッシュすると、スタディの結果が削除されるという警告メッセージが表示されます。
- 2 **OK** をクリックします。
メッシュ(Mesh) PropertyManager が表示されます。
- 3 **平均要素サイズ(Global Size)**  に **5.0(インチ)** を入力して、プログラムが示す **許容誤差 (Tolerance)**  を受け入れます。
大きな要素サイズを得るためにこの大きな値を使うと、正確な結果を取得するためのアダプティブ h- 法によるメッシュのリファインの仕方が分かります。
- 4  をクリックします。上の図は初期の粗いメッシュを示しています。
- 5 **H-adaptive** アイコンを右クリックし、**解析実行 (Run)** を選択します。



ステップ 4 : 結果を表示する

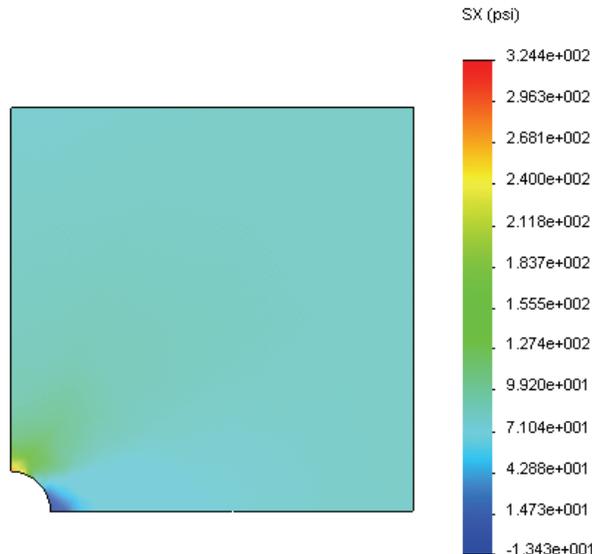
ここでは、アダプティブ h-法を適用して、もとのメッシュサイズを縮小します。中央の穴の位置で、粗いメッシュ（プレート境界）から微細なメッシュにメッシュサイズが変換することを確認してください。

変換されたメッシュを表示するには、メッシュアイコンを右クリック、次に**メッシュ表示(Create Mesh)**をクリックします。



全体座標の X 方向の垂直応力を表示する

SolidWorks Simulation Manager ツリーで結果フォルダー  の**応力 2 (-X 垂直 -) (Stress2 (X-normal))** プロットをダブルクリックします。



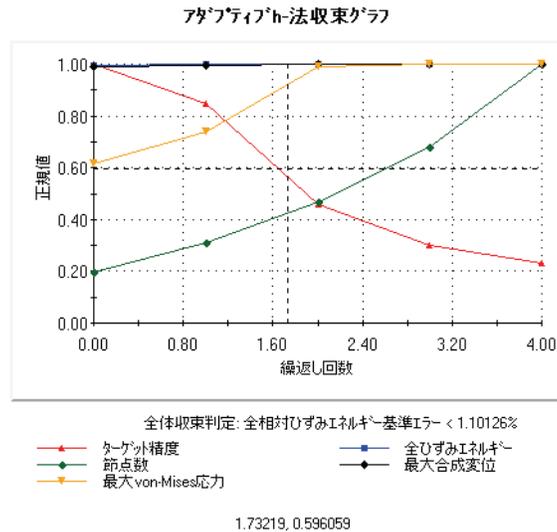
最大垂直応力の解析値は、 $\sigma_{\max} = 302.452$ psi です。

アダプティブ h 法を適用した SolidWorks Simulation の結果は $SX = 322.4$ psi であり、解析ソリューション（近似誤差：6.6%）に非常に近くなります。

注記： スタディ プロパティで設定した要求精度（ここでは 99%）は、生成される応力が最大 1% 以内に収まることを意味するものではありません。有限要素法では、応力以外の基準がソリューションの精度評価に使用されます。しかしながら、アダプティブ アルゴリズムがメッシュを改善し、応力結果をより正確にすると結論づけることが可能です。

ステップ 9 : 収束グラフを表示する

- 1 Simulation スタディ ツリーで結果フォルダー  を右クリックし、**アダプティブ収束グラフ (Define Adaptive Convergence Graph)** を選択します。
- 2 PropertyManager ですべてのオプションをチェックし、 をクリックします。すべてのチェックされた数量の収束グラフが表示されます。



注記 : 解析精度を更に向上するには、継続したスタディ実行によりアダプティブ h- 計算を繰り返すことが可能です。継続したスタディ実行では、前回のスタディ実行における最後のイタレーションで得られた最終的なメッシュが初期メッシュとして使用されます。これを試みるには、H-adaptive スタディの再実行を行ってください。

5 分間テスト

- 1 材料、荷重、または拘束を変更すると、結果は無効になりますが、メッシュは無効になりませんか。それは何故ですか？

- 2 寸法が変わると、現在のメッシュは無効になりますか？

- 3 コンフィギュレーションをアクティブにするにはどうしますか？

- 4 剛体モーションとは何ですか？

- 5 アダプティブ h- 法とは何ですか？またそれはどのようなスタディタイプで使用されますか？

- 6 メッシュコントロールを使った精度の改善と比較して、アダプティブ h- 法を使用する利点は何ですか？

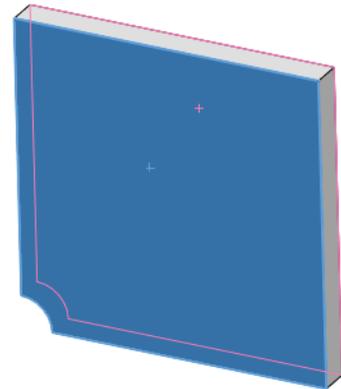
- 7 アダプティブ p- 法の繰り返しでは、要素の数は変わりますか？

プロジェクト - シェルメッシュでプレートの 1/4 をモデリングする

シェルメッシュを使用して、クォータープレートモデルを解決します。メッシュコントロールを適用し、結果の精度を改善します。

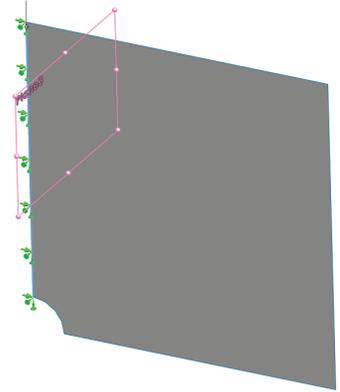
作業手順

- 1 **挿入 (Insert)**、**サーフェス (Surface)**、**中間サーフェス (Mid Surface)** を画面上部にある SolidWorks メインメニューでクリックします。
- 2 図のようにプレートの正面と背面を選択します。
- 3 **OK** をクリックします。
- 4 **静解析 (Static)** スタディを作成します。
- 5 Plate-with-hole フォルダーを展開し、SolidBody を右クリックして**解析から除外 (Exclude from Analysis)** を選択します。
- 6 FeatureManager デザインツリーで Solid Bodies フォルダーを展開し、既存のソリッド ボディを非表示します。
- 7 **1 in (薄肉 (Thin))** のシェルを定義します。これを実現するには：
 - a) Simulation スタディツリーの Plate-with-hole フォルダーにある SurfaceBody を右クリックし、**定義編集 (Edit Definition)** を選択します。
 - b) **シェル定義 (Shell Definition)** PropertyManager で **in** を選択し、**シェル厚み (Shell thickness)** に **1** を入力します。
 - c) をクリックします。
- 8 シェルに **Alloy Steel** を割り当てます。これを実現するには：
 - a) Plate-with-hole フォルダーを右クリックし、**全てに材料特性設定 (Apply Material to All)** を選択します。
 - b) **ライブラリ ファイルから (From library files)** を選択し、**Alloy Steel** 材料を選択します。
 - c) をクリックします。
- 9 図のように、2つのエッジに対称拘束を適用します。

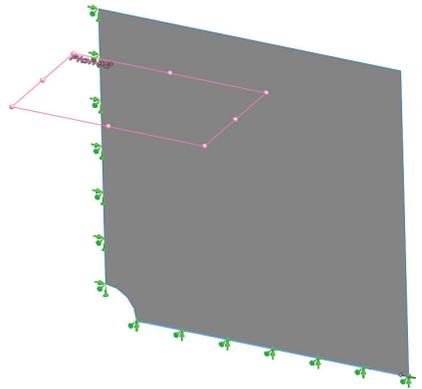


注記 : シェルメッシュでは、面の代わりに 1 つのエッジを拘束するだけで十分です。

- a) Fixtures フォルダを右クリックし、**詳細固定条件 (Advanced Fixtures)** を選択します。
- b) **拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Restraint)** フィールドで、図に示すエッジを選択します。
- c) **方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** フィールドで、Plane3 を選択します。
- d) **参照面に垂直 (Normal to Plane)** の変位、および**参照面の第一方向 (Along Plane Dir 1)** と**参照面の第二方向 (Along Plane Dir 2)** の回転を拘束します。
- e) をクリックします。

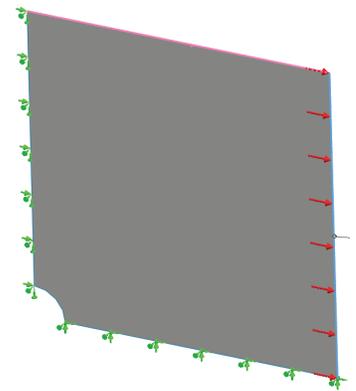


- 10 同じ手順を用いて図に示す別のエッジに対しても対称拘束を適用します。今回は**方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** フィールドに対して Plane2 フィーチャーを使用します。

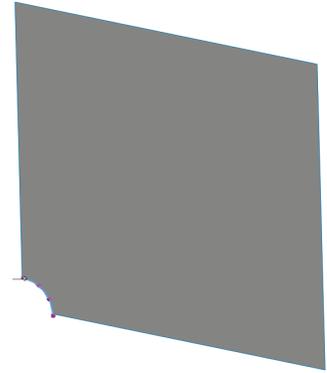


- 11 図のように、**100 psi の圧力** をエッジに適用します。

- a) External Loads フォルダを右クリックし、**圧力荷重設定 (Pressure)** を選択します。
- b) **タイプ (Type)** で**参照ジオメトリ使用 (Use reference geometry)** を選択します。
- c) **圧力のための面、エッジ (Faces, Edges for Pressure)** フィールドで、図に示す垂直なエッジを選択します。
- d) **方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** フィールドで、図に示すエッジを選択します。
- e) **圧力値 (Pressure Value)** ダイアログで **100 psi** を入力します。
- f) をクリックします。



- 12 図に示すエッジにメッシュ コントロールを適用します。より小さい要素サイズを使用すると、精度を改善することができます。



- 13 部品のメッシュ作成を行い、解析を実行します。
14 X 方向の応力をプロットします。最大 SX 応力はいくらですか？

答え : _____

- 15 以下の方程式を使用して、垂直 SX 応力におけるエラーを計算する :

$$ErrorPercentage = \left(\frac{SX_{Theory} - SX_{COSMOS}}{SX_{Theory}} \right) 100$$

答え : _____

Lesson 2 用語に関するワークシート

名前： _____ クラス： _____ 日付： _____

空白に該当する言葉を記載してください。

1 応力集中の領域でメッシュを自動的に改善することにより、応力結果を改善する方法：

2 ポリノミアルの次数を増加させることにより応力結果を改善する方法：

3 四面体要素の節点を持つ自由度のタイプ：

4 シェル要素の節点を持つ自由度のタイプ：

5 すべての方向に均等な弾性特性の材料：

6 かさばったモデルに適切なメッシュタイプ：

7 薄いモデルに適切なメッシュタイプ：

8 薄くかさばった部品を持ったモデルに適切なメッシュタイプ：

Lesson 2 テスト

名前： _____ クラス： _____ 日付： _____

指示：以下の質問に対し、正しい答え（複数の場合もあり）を記入しなさい。

1 1次オーダーシェル要素と、2次オーダーシェル要素には節点がいくつありますか？

2 シェルの厚さを変更すると再メッシュが必要ですか？

3 アダプティブ法とは何ですか。また、それらの形成の基本概念は何ですか？

4 スタディで、複数のコンフィギュレーションを使用するメリットは何ですか？

5 既存のスタディと少し異なる新規のスタディを迅速に作成するにはどのようにしたらいいですか？

6 アダプティブ法が利用できない場合、結果で信頼を得るにはどうしたらいいですか？

7 プログラムは、どのような順序で応力、変位、ひずみを計算しますか？

8 アダプティブソリューションでは、変位と応力ではどちらが早く収束しますか？
