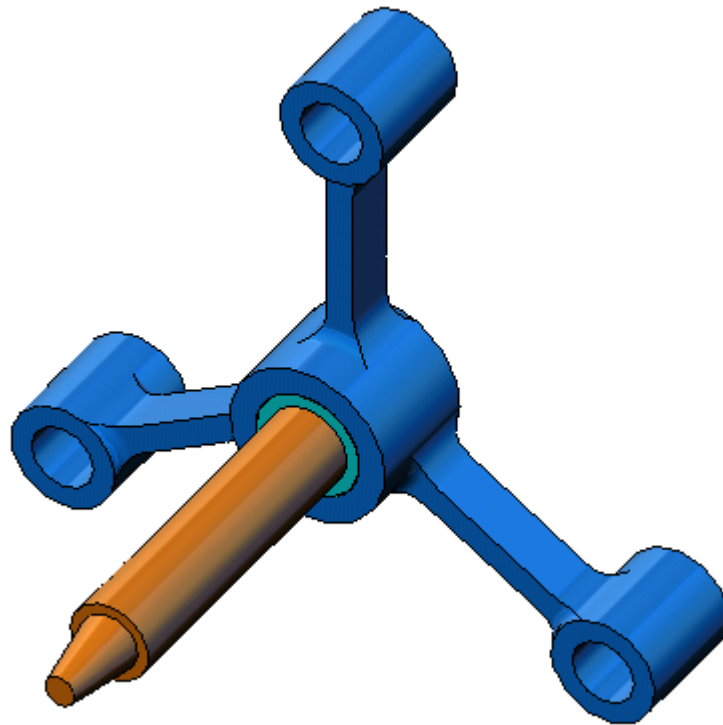




# SolidWorks Simulation を使った 応力解析アプリケーション入門、 教師用ガイド



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

本ドキュメントに記載されている情報とソフトウェアは、予告なしに変更されることがあり、Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks) の保証事項ではありません。

この製品をDS SolidWorksの書面上の許可なしにその目的、方法に関わりなく複製、頒布はできません。

本ドキュメントに記載されているソフトウェアは、使用許諾に基づくものであり、当該使用許諾の条件の下でのみ使用あるいは複製が許可されています。DS SolidWorks がソフトウェアとドキュメントに関して付与するすべての保証は、SolidWorks Corporation License and Subscription Service Agreement に規定されており、本ドキュメントまたはその内容に記載、あるいは黙示されているいかなる事項もそれらの保証、その変更、あるいは補完を意味するものではありません。

#### **SolidWorks Standard、Premium、Professional 製品の特許情報**

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; 7,643,027 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、PDMWorks、3D PartStream.NET、3D ContentCentral、eDrawings、eDrawings のロゴは、SolidWorks の登録商標です。FeatureManager は SolidWorks が共同所有する登録商標です。

SolidWorks Enterprise PDM、SolidWorks Simulation、SolidWorks Flow Simulation、SolidWorks 2010 は DS SolidWorks の製品名です。

CircuitWorks、Feature Palette、FloXpress、PhotoWorks、TolAnalyst、XchangeWorks は DS SolidWorks の商標です。

FeatureWorks は Geometric Ltd. の登録商標です。

その他、記載されているブランド名、製品名は、各社の商標および登録商標です。

#### **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

#### **SolidWorks Standard、Premium、Professional 製品の著作権情報**

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.

その他の知的財産情報については、ヘルプ > バージョン情報をご覧ください。

SolidWorks 2010 には、DS SolidWorks のライセンサーから使用許諾を受けたその他の部分が含まれます。

#### **SolidWorks Simulation の著作権情報**

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.

---

## Instructor の皆さんへ

---

このドキュメントはSolidWorksユーザーにSolidWorks Simulationソフトウェアパッケージを紹介するものです。このレッスンには、以下のような特定の目的があります：

- 1 静的構造解析の基本概念とメリットを紹介する。
- 2 使いやすさ、およびこれらの解析を実行する簡潔なプロセスを説明する。
- 3 静解析の基本的なルール、および信頼性が高く正確な結果を得る方法を紹介する。

このドキュメントは、SolidWorks 講師用ガイドのレッスンと同様に構築されています。このレッスンには、*SolidWorks Simulation 学生用ワークブック*に対応するページがあります。

---

**注記：** このレッスンは SolidWorks Simulation のすべての機能を教えるためのものではありません。あくまでも、線形静解析の基本的な考え方、およびそれらのメリットを紹介し、使いやすさ、および実行する場合の簡潔なプロセスを説明することです。

---

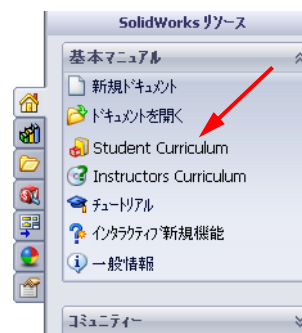
## 教育版カリキュラムおよびコースウェア DVD

---

このコースには教育版カリキュラムおよびコースウェアDVDが付属します。

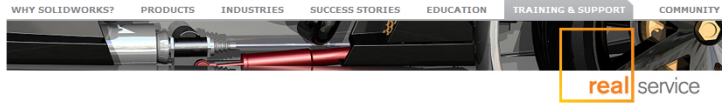
DVDをインストールすることによりSolidWorks Curriculum\_and\_Courseware\_2010フォルダが作成されます。このフォルダにはこのコースに対応するディレクトリおよび他にいくつかのディレクトリが含まれます。

学生用のコース資料は SolidWorks からダウンロードすることも可能です。タスクパネルの SolidWorks リソース タブをクリックし、Student Curriculum を選択します。



ダウンロードしたいコースをダブルクリックします。Ctrl キーを押しながらコースを選択し、ZIP ファイルをダウンロードします。Lessons ファイルには、レッスンを実行するために必要な部品が含まれています。Student Guide にはコースの PDF ファイルが含まれています。

教師用コース資料も SolidWorks の Web サイトからダウンロードできます。タスクパネルの SolidWorks リソース タブをクリックし、Instructors Curriculum を選択します。これにより以下の Educator Resources ページが表示されます。



- > Subscription Services
- > Technical Support
  - > Downloads
  - > Get Support
  - > Learning Resources
    - > Administration Guides
    - > API Examples
    - > Educator Resources\*
    - > Tech Tips\*
    - > Tutorials and Documentation\*
    - > On-Demand Videos\*
    - > 1 Minute Tech Tips\*
  - > Licensing and Activation
  - > System/Graphics Card Requirements
  - > Get Involved
- > Training
- > Certification

\* - Login required for access. Full access requires an active Subscription Service contract.

Home > Training & Support > Technical Support > Learning Resources > Educator Resources\*

### Educator Resources\*

Educator references including lesson plans, PowerPoint presentations, student goals, vocabulary, and student assessments. These materials are provided in a combination of project-based and topic-based formats.

**Note:** These educator resources are for SolidWorks 2008. For SolidWorks 2007 resources, [click here](#).

#### EDU Curriculum Introduction (2008)

Overview of the guides and resources listed below.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Curriculum introduction		X	X	X	X	X	-	-	-	-	-

#### SolidWorks Teacher Guide (2008)

Includes lesson plans, presentations, student goals, vocabulary, and assessments.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Student SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Teacher SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

#### COSMOSWorks Educator Guide (2008)

An introduction to the principles of analysis using COSMOSWorks.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-

#### COSMOSFloWorks Educator Guide (2008)

An introduction to the principles of fluid flow analysis using COSMOSFloWorks.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	-	-	-	-	X	-	-	-	-

#### COSMOSMotion Educator Guide (2008)

From dynamics to kinematics, incorporate theory through virtual simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Student workbook		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Examples		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	X	X	X	X	X	X	X	X	-

[Back to top](#)

#### Bridge Design Project (2008)

Use COSMOSWorks to analyze different loading conditions of the bridge.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### CO2 Car Design Project (2008)

Design and analyze a CO2 powered car. Make design changes to reduce drag.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook and SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### F1 in Schools Design Project (2008)

Design a model Formula 1 car then optimize it using SolidWorks Simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	X	X	X	X	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### Mountain Board Design Project (2008)

Design, analyze, and create photorealistic rendering of a mountain board.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### Seabotix ROV Design Project (2008)

These 5-minute-long tutorials teach the fundamentals of DimXpert.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Hands-On Test Drive		X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks template files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### Trebuchet Design Project (2008)

Construct a trebuchet and analyze to determine material and thickness.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PBT	SVE
Project workbook		X	X	-	-	-	-	-	-	-	-
SolidWorks files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[Back to top](#)

Print | Email

## SolidWorks Simulation 製品ライン

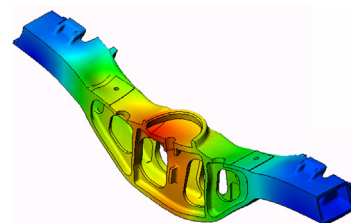
このコースでは、SolidWorks Simulationを使った弾性ボディの静的線形解析の概要に重点を置いています。この製品ライン全体では幅広い解析分野に対応しています。以下に SolidWorks Simulation パッケージおよびモジュールによってできる事柄を示します。

静解析スタディは静的な荷重をかけた部品およびアセンブリの線形応力解析ツールを提供します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

通常動作時の荷重の下で部品が破損しないか？

モデルは過剰設計されていないか？

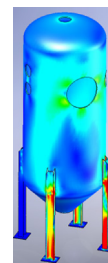
設計を変更することにより安全率を向上できるか？



座屈解析は薄い部品が圧縮荷重を受けた際の振る舞いを解析します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

容器の脚は降伏によって破壊しない強度を持っている、しかし安定性を失って崩壊しない強度を備えているか？

設計を変更することによりアセンブリに含まれる薄い部品の安定性を確保できるか？

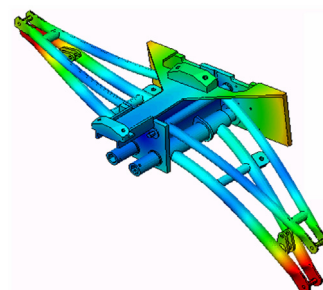


固有値スタディは固有値モード、固有振動数の解析ツールを提供します。これは静的、動的に荷重を受ける多くの部品の設計において重要な機能です。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

通常動作時の荷重の下で部品が共振しないか？

想定している用途に対して部品の振動特性は適切だろうか？

設計を変更することにより振動特性を向上できるか？



熱伝達スタディでは、伝導、対流、輻射による熱伝達の解析ツールを提供します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

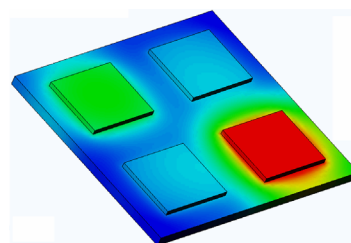
温度変化はモデルに影響するだろうか？

温度が変動する環境でモデルは正しく動作するだろうか？

モデルが冷却される、または過熱するまでにかかる時間は？

温度変化によりモデルは膨張するか？

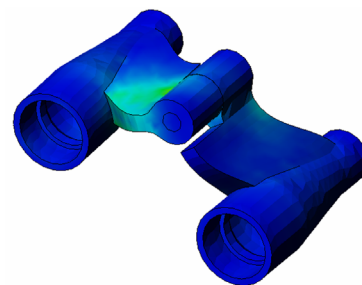
温度変化による応力によって製品が壊れないか？（静解析と熱解析の組み合わせによりこの問題を調べることができます）



落下試験解析は、動く部品やアセンブリが障害物に衝突する際の応力を解析するのに使用します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

製品が輸送中に乱雑に扱われたり、落とされたりしたらどうなるか？

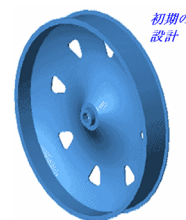
製品がフローリング、カーペット、コンクリートなどの上に落とされたらどうなるか？



最適化スタディは最大応力、重量、最適な周波数、等選択された基準セットに基づいて設計を改良（最適化）するために適用されます。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

設計意図を保ったまま、モデルの形状を変更することはできるだろうか？

強度や性能を損なうことなく、設計を軽く、小さく、安価にすることはできるだろうか？



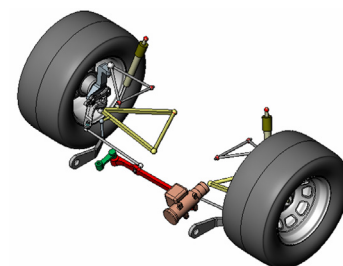
疲労解析スタディは、長い期間に渡り繰り返し荷重を受ける部品およびアセンブリの耐久性を解析します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

製品寿命を正確に予測することはできるか？

現在の設計を変更することで製品寿命を延ばすことはできるか？

長い期間に渡って変動する力や温度荷重にさらされた場合、モデルは安全性を保てるか？

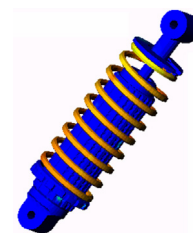
モデルを再設計することにより力や温度の変化による損傷を最小化できるか？



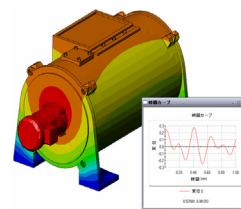
非線形スタディは、著しい荷重および／または大きな変形を経験する部品およびアセンブリの応力を解析するツールを提供します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

与えられた荷重の下で、ゴム（Oリングなど）やフォームで作られた部品はうまく動作するか？

通常の使用条件下で、モデルに過剰な曲げが発生しないか？

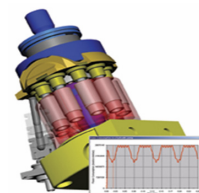


ダイナミック解析は、荷重により力を加えられたオブジェクトの時間変化を解析します。代表的な例は、車両に搭載される部品へのショック荷重、振動荷重を受けるタービン、ランダムに荷重を受ける航空機の部品、等があげられます。線形解析（構造的変形が小さい、基本材料モデル）および非線形解析（構造的変形が大きい、荷重条件が厳しい、高度な材料）の両方があります。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：



設計したマウント部品は、車両が大きな穴の上を通った場合のショック荷重に耐える安全性を持っているか？ そのような条件でどの程度変形するか？

Motion Simulation では機構のキネマティックおよびダイナミックな動作について解析します。ジョイント力および慣性力はその後 SolidWorks Simulation スタディに渡すことにより応力解析に使用できます。このモジュールで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：



モーターあるいはアクチュエータの正しいサイズは？  
 リンク、ギア、ラッチ機構の設計は最適だろうか？  
 構成部品の変位、速度、加速度はどの程度か？  
 機構は効率的に動作するか？ 改良することはできるか？

複合モジュールでは、積層複合材料で作成されたストラクチャのシミュレーションを行うことができます。このモジュールで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：



与えられた荷重で複合材料のモデルが破壊しないか？  
 強度と安全性を損なうことなく、複合材料を使ってストラクチャを軽くすることができるか？  
 積層複合材料が剥離しないか？

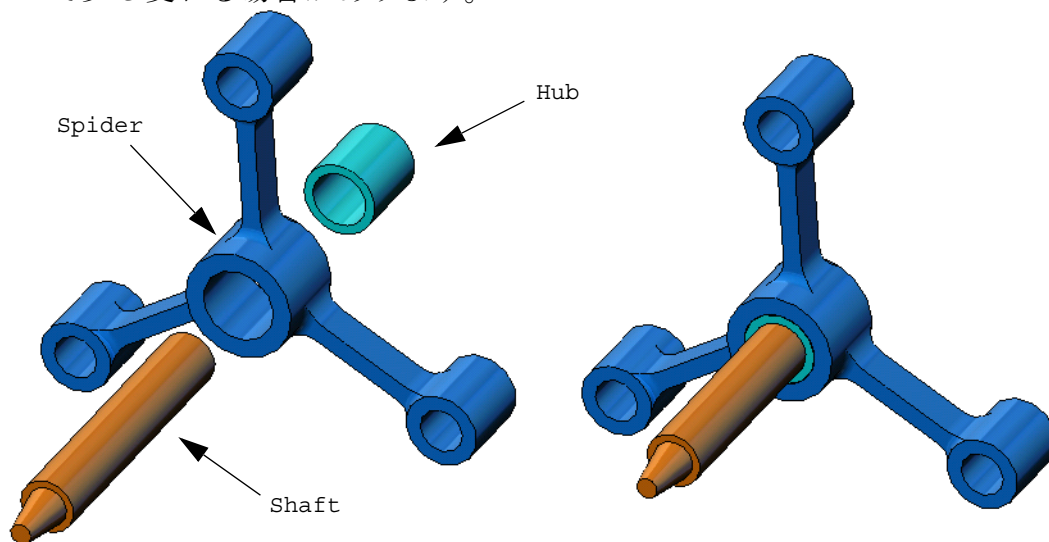


## レッスン 1 : SolidWorks Simulation の基本機能

### このレッスンの目的

- SolidWorks を使用して、3D モデリングを補完する優れたツールとして設計解析を紹介합니다。このレッスンを終了すると、受講者は、設計解析の基本的な考え方、また、SolidWorks Simulation がそれらを実行する方法を理解できるようになります。受講者は、時間と費用がかかる設計サイクルを短縮することによって、解析がどのように時間と費用を節約できるかを理解できるようになります。
- 学習課題を用い、設計解析を紹介します。このレッスンの学習課題は、受講者に初めの手順を少し教えながら、この解析をすべて終了するように導くことを目的としています。このコンセプトを背景に、これらの手順は、最小の説明で実行されます。
- モデルをメッシュする概念を説明します。作成されたメッシュは、現在のメッシュの設定によって変わります。これらのオプションは、このレッスンでは説明されません。レッスンは、メッシュのオプションの設定について説明するため、すべての受講者は、類似のメッシュや類似の結果を得ることができます。これらのオプションの説明書は、該当する PropertyManager のヘルプボタンをクリックすると利用できます。

解析の結果は、SolidWorks と SolidWorks Simulation のバージョン/ビルドによって少し変わる場合があります。



## 概要

---

- ディスカッション
- Active Learning Exercise — 静解析を実行する
  - spider.SLDASM ドキュメントを開く
  - SolidWorks Simulation メニューのチェック
  - SolidWorks Simulation Manager に切り替える
  - 解析単位系を設定する
  - ステップ1：静解析スタディを作成する
  - ステップ2：材料を指定する
  - ステップ3：拘束の適用
  - ステップ4：荷重を適用する
  - ステップ5：アセンブリをメッシュする
  - ステップ6：解析を実行する
  - ステップ7：結果を表示する
  - von Mises 応力を表示する
  - プロットのアニメーションを表示する
  - 合成変位を表示する
  - 設計は安全なものですか？
  - 設計はどのくらい安全ですか？
  - スタディレポートを作成する
  - 作業内容を保存し、SolidWorks を終了する
- 5分間テスト
- ディスカッション - 材料指定を変更する
- 追加課題 - 形状を変更する
- 課題とプロジェクト - 終了力による梁のたわみ
- レッソンのまとめ

## ディスカッション

近くにあるオブジェクトを指定し、どのような荷重や拘束を指定したらいいか受講者に質問してください。例えば、椅子の脚の応力を受講者に推測させてください。

### 答え

□ 応力は、単位面積当りの力であり、力を面積で除した値です。脚は、椅子の重量と受講者の重量を支えています。椅子の設計と受講者の座り方によって、各脚の分担が決定されます。平均応力は、受講者の重量と椅子の重量を脚の面積で除した値です。

### 追加課題

このセクションの目的は、応力解析のアプリケーションについて受講者に考えさせることです。立っている場合は、脚にかかる応力を受講者に推測させてください。応力は、すべての点で同じですか？受講者が、前方に、後方に、あるいは側面に傾くとどうなりますか？膝と足首関節に対する応力はどうなりますか？この情報は、人工関節を設計するのに役立ちますか？

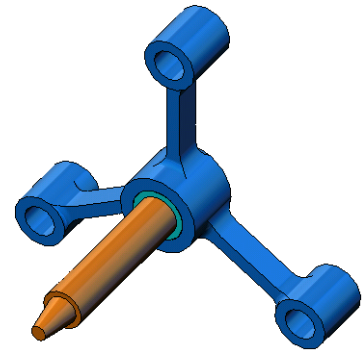
### 答え

- 応力は、単位面積当りの力であり、力を面積で除した値です。力は、受講者の重量です。重量を支える面積は、靴に接する足の面積になります。靴は、荷重を再分配し、床へそれを伝達します。床からの反作用力は、受講者の体重と等しくならなければなりません。
- 直立している場合は、各足には重量の約半分がかかります。歩く場合、1本の足が全体の重量を支えます。受講者は、応力（圧力）がある点では他よりも高いと感じる場合があります。直立している場合は、受講者はつま先に応力をほとんどかけないか、あるいはまったくかけないでつま先を移動させます。受講者が、前に傾くと、つま先に多くの応力が、ヒールには少ない応力が再分配されます。平均応力は、重量を靴に接する脚の面積で除した値です。
- 重量がかかる面積がわかれば、膝と足首関節の平均応力を推測することができます。詳細な結果は、応力解析を実行しなければなりません。SolidWorks で、適切な寸法で膝や足首関節のアセンブリを構築できたり、また様々な部分の弾性特性がわかれば、静解析によって、様々な支えや荷重シナリオ下における関節の各点についての応力を示すことができます。その結果は、人工関節を置換する設計改善に役立つことができます。
- 受講者は、SolidWorks Simulation が骨格のモデルを作成できるかどうかを質問する場合もあるでしょう。その答えは、「はい」です。この種の問題は、SolidWorks Simulation ユーザーによって解決され、人工関節を置換する設計のために使用されています。

## 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。




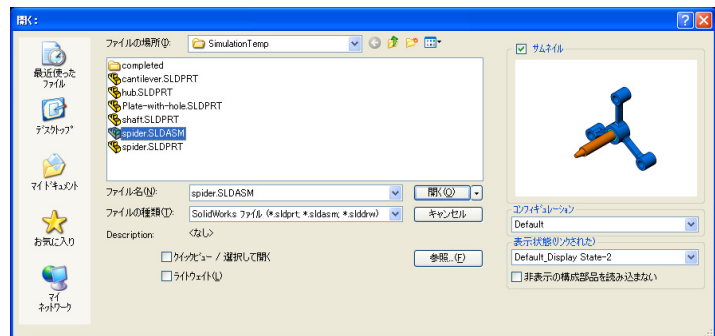
### SimulationTemp ディレクトリを作成する

繰り返し使用するために一時ディレクトリへ SolidWorks Simulation レーニング用サンプル (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。

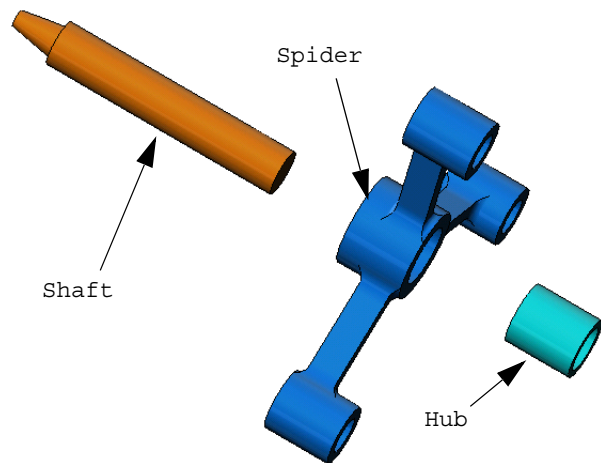
- 1 SolidWorks Simulation インストールディレクトリの Examples フォルダに SimulationTemp という名前の一時ディレクトリを作成します。
- 2 SolidWorks Simulation Education Examples ディレクトリを SimulationTemp ディレクトリにコピーします。

### 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。

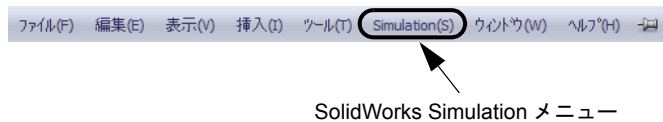


- 4 **開く (Open)** をクリックします。  
 spider.SLDASM が開きます。  
 spider アセンブリには、3つの構成部品があります：shaft、hub、spider。下の図はアセンブリ構成部品を分解図を用いて示したものです。



### SolidWorks Simulation メニューのチェック

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：

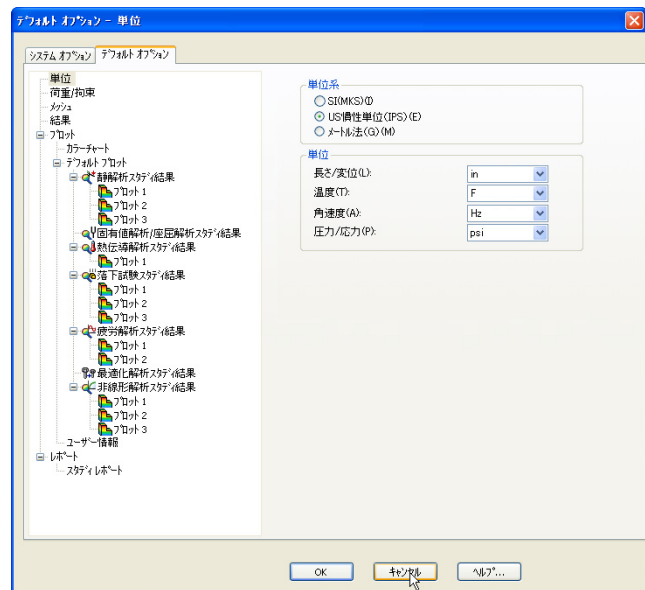


- 1 **ツール (Tools)、アドイン (Add-Ins)** をクリックします。  
**アドイン (Add-Ins)** ダイアログ ボックスが表示されます。
- 2 SolidWorks Simulation の横にあるチェックボックスをチェックします。  
 SolidWorks Simulation がリストに表示されていなければ、SolidWorks Simulation をインストールする必要があります。
- 3 **OK** をクリックします。  
 Simulation メニューが、SolidWorks のメニューバーに表示されます。

## 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。

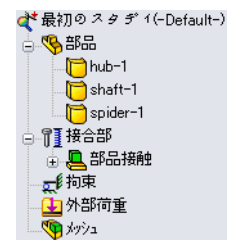


## ステップ 1 : スタディを作成する

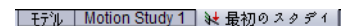
解析の実行の第 1 ステップは、スタディを作成することです。

- 1 画面上部のメイン SolidWorks メニューから **Simulation**、**スタディ** をクリックします。  
**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 により FeatureManager デザイン ツリーの下に Simulation スタディを作成します。



また、ウィンドウ下部にタブが作成され、複数のスタディおよびモデルを切り替えて使用することができます。



## 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。

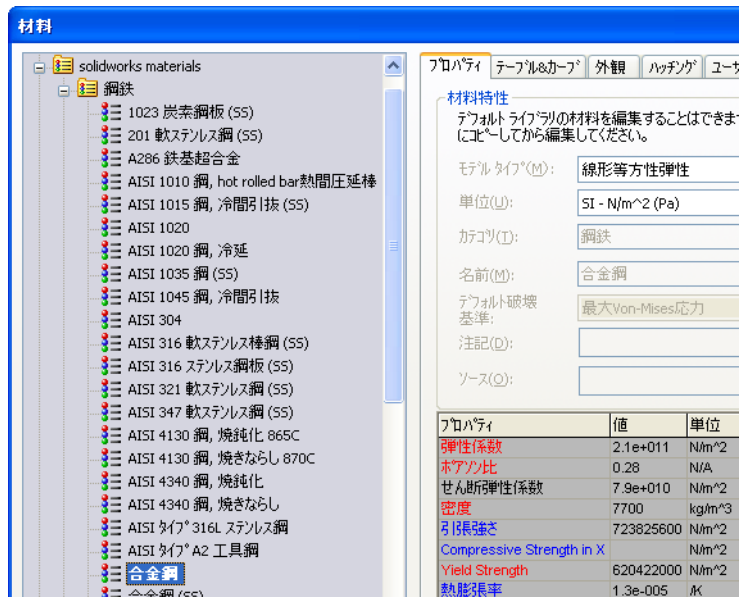
### 合金鋼を全構成部品に割り当てる

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーで部品 (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 以下を実施してください：

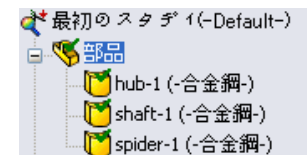
- a) SolidWorks 材料ライブラリフォルダを展開します。
- b) 鋼鉄カテゴリを展開します。
- c) **合金鋼**を選択します。



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

- 3 適用をクリックします。
- 4 材料ウィンドウを閉じます。

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 : 拘束の適用

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 スタディツリーで拘束フォルダを右クリックし、**固定ジオメトリ**を選択します。  
拘束 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。

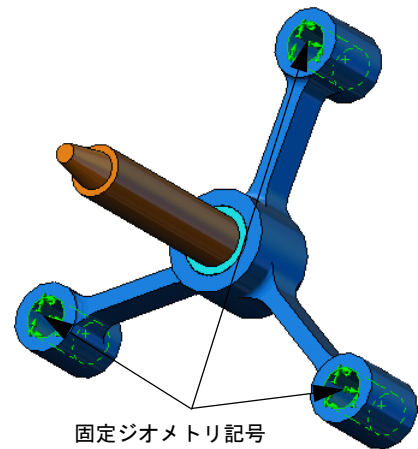


- 4 下の図のようにグラフィックス領域で3つの穴の面をクリックします。  
面 <1>、面 <2>、および面 <3> が、**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Fixture)** ボックスに表示されます。

- 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、拘束 -1 アイテムが Simulation スタディ ツリーの拘束フォルダに表示されます。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 ツリーで外部荷重 (External Loads) フォルダを右クリックし、**集中荷重 (Force)** を選択します。


**垂直荷重/トルク (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。

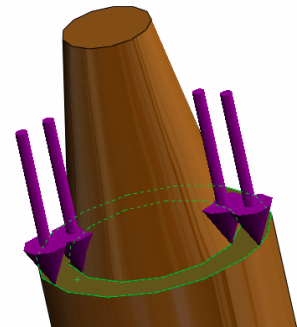
- 4 方向として**垂直方向**が選択されていることを確認します。

- 5 **単位 (Units)** に **English (IPS)** が設定されていることを確認します。

- 6 **圧力値 (Pressure value)** ボックス  に **500** を入力します。

- 7  をクリックします。

SolidWorks Simulation が選択面に適用され、集中荷重 -1 アイコンが外部荷重フォルダに表示されます。



#### 拘束および荷重のシンボルを非表示にするには

SolidWorks Simulation Manager ツリーで拘束または外部荷重フォルダで右クリックして**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化する



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)** をクリックします。

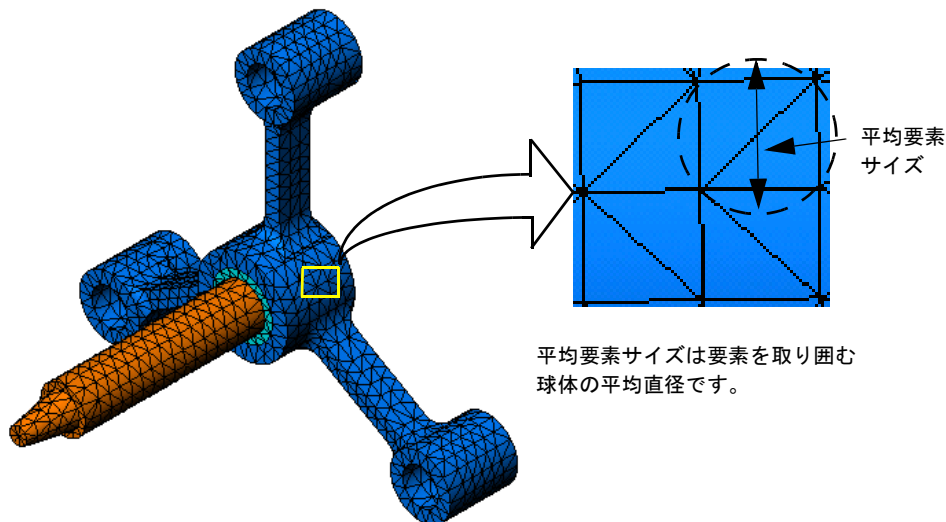
**メッシュ (Mesh) PropertyManager** が表示されます。

- 2 **メッシュパラメータ** のチェックボックスを選択して展開します。

**標準メッシュ (Standard mesh)** が選択されており、**自動徐変コントロール (Automatic transition)** が選択されていないことを確認します。

デフォルトの**平均要素サイズ (Global Size)**  と **幾何公差 (Tolerance)**  はそのままにします。

- 3 **OK** をクリックしてメッシュ作成を開始します。




## 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)** を選択します。


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

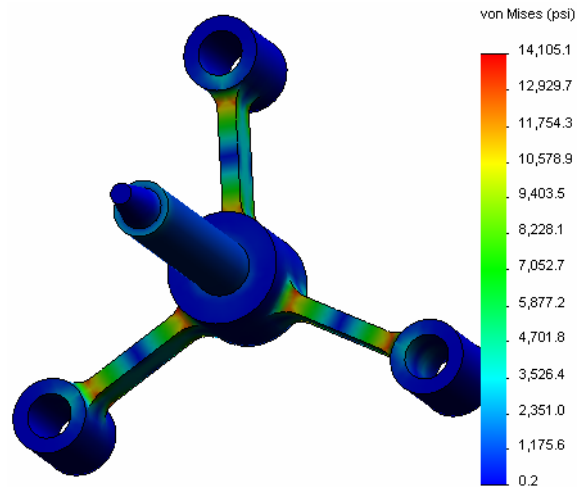
## ステップ 7 : 結果を表示する

### 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。

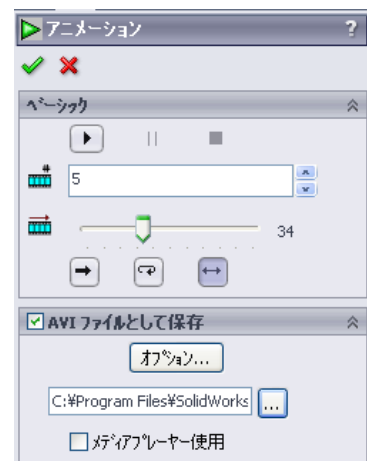
- 3 **AVI ファイルとして保存 (Save as AVI File)** をチェックし、参照 (Browse)  をクリックします。保存先フォルダを選択して、AVI ファイルを保存します。

- 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。

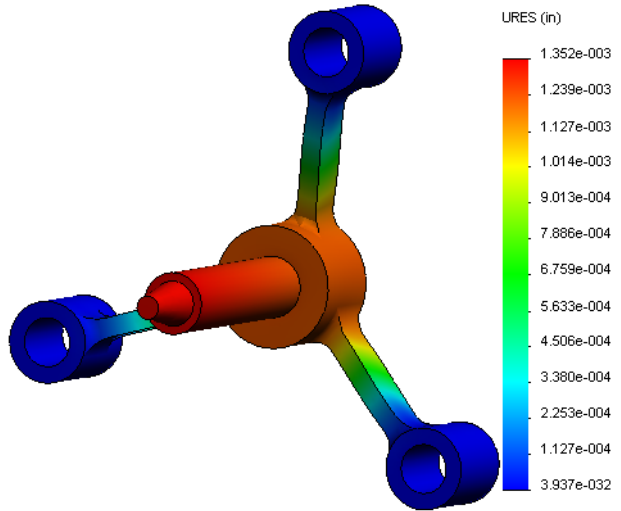
- 5  をクリックし、アニメーションを**停止 (Stop)** します。

- 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？

**安全率 (Factor of Safety) 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。

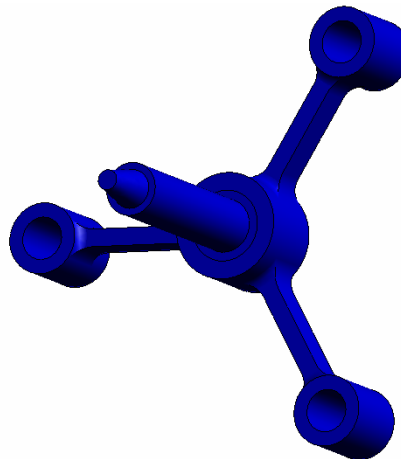
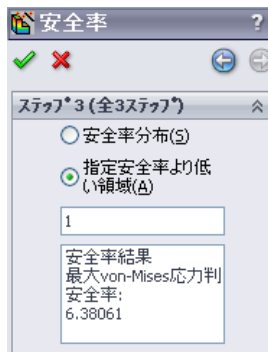
**注記：** 様々な不良判定基準が利用できます。von-Mises の判定基準は、延性材料の降伏破壊を確認するために一般的に使用されるものです。



- 3  **次へ (Next)** をクリックします。  
**安全率 (Factor of Safety)** ウィザードの **ステップ 2 (全 3 ステップ) (Step 1 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。

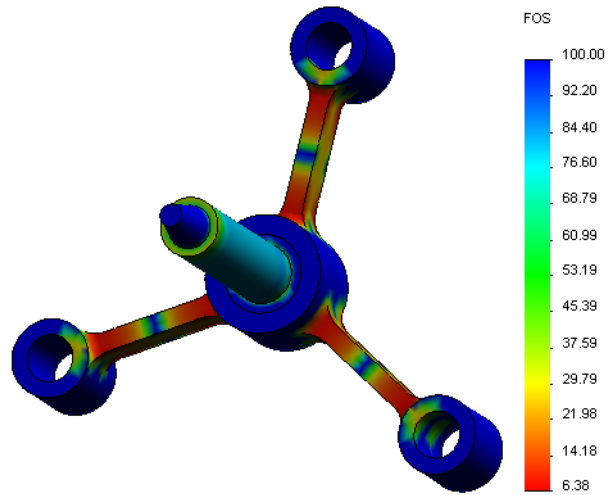
- 6  **次へ (Next)** をクリックします。  
**安全率 (Factor of Safety)** ウィザードの **ステップ 3 (全 3 ステップ) (Step 1 of 3)** に対する PropertyManager が表示されます。
- 7 **指定安全率より低い領域 (Areas below factor of safety)** を選択し **1** を入力します。
- 8  をクリックしプロットを生成します。



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 (Results) フォルダを右クリックし**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) 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。  
**安全率 (Factor of Safety) ウィザードのステップ 2 (全 3 ステップ) (Step 1 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。  
**安全率 (Factor of Safety) ウィザードのステップ 3 (全 3 ステップ) (Step 1 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 画面上部のメイン SolidWorks メニューから **Simulation**、**レポート** をクリックします。

**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 sections)** 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。

- 2 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。




- 3 **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。
- 4 **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。
- 5 **作成** 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 ツリーのレポートフォルダにアイコン  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

- 1 標準ツールバーの  をクリックするか、あるいは**ファイル (File)**、**保存 (Save)** を選択します。
- 2 メインメニューから**ファイル (File)**、**終了 (Exit)** をクリックします。

## 5 分間テスト — 答え

- 1 SolidWorks セッションを開始するにはどうしたらいいですか？  
**答え：**Windows タスクバーから**スタート (Start)**、**プログラム (All Programs)**、**SolidWorks**、**SolidWorks** アプリケーションをクリックします。SolidWorks アプリケーションが開始されます。
- 2 ファイルを開いた時に SolidWorks メニューに SolidWorks Simulation メニューが表示されていない場合どうすればよいですか？  
**答え：****ツール (Tools)** メニューから**アドイン (Add-Ins)** をクリックし、SolidWorks Simulation の横にあるチェックボックスをチェックした後、**OK** をクリックします。
- 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？  
**答え：**SolidWorks Simulation は、部品とアセンブリを解析することができます。
- 4 解析とは何ですか？  
**答え：**解析とは、実際に設計がどのように実行されるかをシミュレーションするプロセスです。
- 5 解析はなぜ重要ですか？  
**答え：**解析によって、高品質の製品を、安価にまた安全に設計することができます。従来の費用がかかる設計サイクルを短くすることにより、時間と費用の節約ができます。
- 6 解析スタディとは何ですか？  
**答え：**解析スタディは、解析タイプ、材料、荷重および拘束のシナリオを表わします。
- 7 SolidWorks Simulation は、どのタイプの解析を行なうことができますか？  
**答え：**SolidWorks Simulation では、静解析、固有値解析、座屈解析、熱伝導解析、落下試験、疲労解析、最適化、圧力容器デザイン、非線形静解析、線形動解析、および非線形動解析を実施することが可能です。
- 8 静解析は何を計算するのですか？  
**答え：**静解析は、モデルの応力、ひずみ、変位および反力を計算します。
- 9 応力とは何ですか？  
**答え：**応力とは、力の強度または力を面積で除した値です。
- 10 解析を実行する際の主要なステップは何ですか？  
**答え：**主要なステップは以下のとおりです：スタディの作成、材料の指定、拘束の適用、荷重の適用、モデルのメッシュ作成、解析の実行、結果の表示などです。
- 11 部分材料を変更するにはどうしたらいいですか？  
**答え：**スタディの部品フォルダの下にある部品アイコンを右クリックします。次に、**全てのボディに材料を適用 (Apply Material to All)** を選択し、新しい材料を選択後 **OK** をクリックします。
- 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？  
**答え：**いいえ。安全な設計のための最小安全率は、1.0 未満であってはなりません。



## ディスカッション — 材料指定を変更する

以下の表に従って、いろいろな材料をアセンブリ構成部品に指定し、解析を実行するように受講者に指示してください。

構成部品	材料名
Shaft	Alloy Steel
Hub	Gray Cast Iron
Spider	Aluminum 6061 Alloy

### 答え

いろいろな材料をアセンブリ構成部品に指定するには、以下を実行します：


#### Gray Cast Iron を hub へ指定する

- Simulation スタディ ツリーで、部品フォルダにある hub-1 アイコンを右クリックし、**設定 / 編集 材料特性 (Apply/Edit Material)** を選択します。  
**材料 (Material)** ダイアログボックスが表示されます。
- SolidWorks 材料の鉄カテゴリの下の**ねずみ鋳鉄**を選択します。
- 適用**をクリックし、**閉じる**をクリックします。

#### Aluminum 6061 Alloy を spider へ指定する

- Simulation スタディ ツリーで、部品フォルダにある spider-1 アイコンを右クリックし、**設定 / 編集 材料特性 (Apply/Edit Material)** を選択します。  
**材料 (Material)** ダイアログボックスが表示されます。
- SolidWorks 材料のアルミ合金カテゴリの下の**6061 Alloy**を選択します。
- 適用**をクリックし、**閉じる**をクリックします。

#### 再びスタディを実行し、結果を表示する


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。

- Simulation スタディ ツリーでスタディアイコンを右クリックし、**解析実行 (Run)** を選択します。


---

**注記：** 新規の結果を取得するには、モデルを再メッシュする必要はありません。

---

- SolidWorks Simulation Manager ツリーで、結果フォルダの横にあるプラス記号  をクリックします。  
デフォルトのプロット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。

---




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

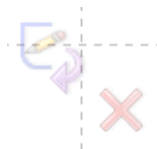



## 追加課題 — 形状を変更する



結果の表示後に、設計の変更をしたい場合があります。形状を変更し、結果を再計算するように受講者に求めてください。形状の変更後、モデルを再メッシュし、スタディを再実行する必要性を強調することが重要です。以下手順では、3つの穴の直径を変更し、結果を再評価する方法を説明します。

### 答え



- FeatureManager タブ  をクリックします。
- (-) spider<1> の隣のプラス記号 (+) をクリックします。
- Cut-Extrude2 の隣のプラス記号 (+) をクリックします。Sketch7 アイコンが表示されます。
- Sketch7のアイコンを右クリックし**スケッチ編集(Edit Sketch)**  を選択します。スケッチが開きます。
- スペースキーを押して、**方向メニュー**から **\* 正面 (\*Front)** を選択します。
- **0.60** の寸法をダブルクリックします。**修正(Modify)** ダイアログ ボックスが表示されます。
- **修正 (Modify)** ダイアログ ボックスで **0.65** と入力し、 をクリックします。
- 確認コーナーの **OK** をクリックします。




- **構成部品編集 (Edit Component)** アイコン  をクリックして編集モードを終了します。

- My First Study およびメッシュの隣に警告アイコン  が表示されます。また、無効な結果を示す警告アイコン  も、結果フォルダの隣に表示されます。

- モデルを再メッシュするには、メッシュ 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。再メッシュすると現在の結果を削除するという警告メッセージが表示されます。**OK** をクリックします。

- デフォルトの**平均要素サイズ (Global Size)**  と**許容誤差**  を使います。これらの値は、前とは異なることに注意してください。

- **解析を実行 (Run the analysis)** をチェックし、 をクリックします。


- 解析が終了したら前述のようにデフォルトの von-Mises 応力、変位、ひずみなどの結果を表示します。



## 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 を使いこの問題を解き、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 を開きます。
- 2 片持ち梁の、幅、高さ、および長さを測定します（**測定 (Measure)** ツール  を使用）。

**答え :** 幅 1.0 インチ、高さ 1.0 インチ、長さ 10.0 インチ

- 3 別名で部品を保存します。
- 4 **静解析** スタディを作成する

**答え :** 以下を実行します :

- **Simulation、スタディ (Study)** をクリックします。
- スタディ名を入力します。
- **解析タイプ (Analysis type)** を、**静解析 (Static)** に設定します。
- **OK** をクリックします。

- 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？

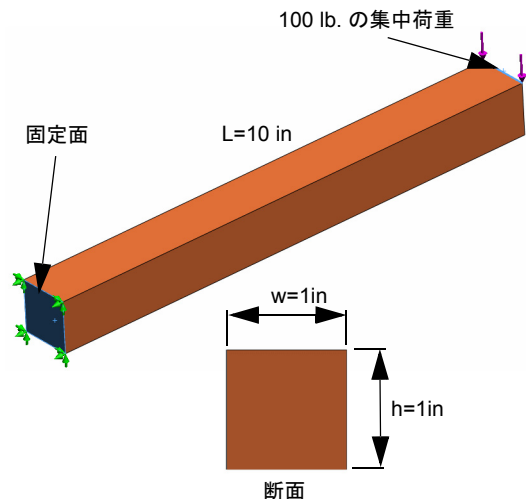
**答え :** 以下を実行します :

- SolidWorks Simulation Manager ツリーで Front\_Cantilever アイコンを右クリックし、**設定 / 編集材料特性 (Apply/Edit Material)** 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。
- SolidWorks 材料ライブラリを展開します。
- 鋼鉄カテゴリを展開し**合金鋼**を選択します。
- **単位 (Units)** に **US 慣性単位 (IPS) (English (IPS))** を選択します。**X 方向の弾性係数 (Elastic Modulus in X)** の値が **30,457,919 psi** であることが確認できます。
- **適用** をクリックし、**閉じる** をクリックします。

- 6 片持ち梁の端面の 1 つを固定します。

**答え :** 以下を実行します :

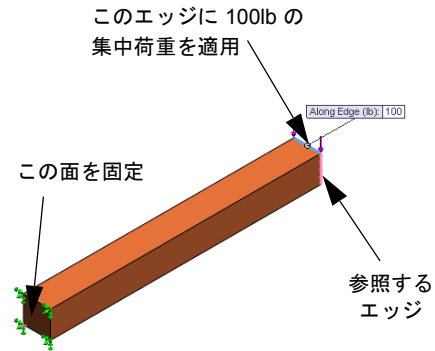
- Simulation スタディツリーで**拘束**フォルダを右クリックし、**固定ジオメトリ**を選択します。**拘束 PropertyManager** が表示されます。
- **タイプ (Type)** で**固定ジオメトリ (Fixed Geometry)** を選択します。
- 図で示すバーの端面をクリックします。
-  をクリックします。



- 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。

**答え :** 以下を実行します :

- 外部荷重フォルダを右クリックし、**集中荷重 (Force)** を選択します。垂直荷重/トルク (Force/Torque) PropertyManager が表示されます。
- タイプ (Type)** で**集中荷重 (Force)** を選択します。
- 図に示すエッジをクリックします。
- エッジ<1>が**方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** ボックスに表示されていることを確認してください。
- 選択された方向をクリックし、梁の側面エッジを**方向を指定するための面、エッジ、平面、軸**として選択します。
- 単位 (Unit)** に **English (IPS)** を選択します。
- 集中荷重 (Force)** で、値のボックスに **100** と入力します。**反対方向 (Reverse direction)** チェックボックスをチェックします。これは、下方への垂直の力です。
- をクリックします。



- 8 部品のメッシュ作成を行い、解析を実行します。

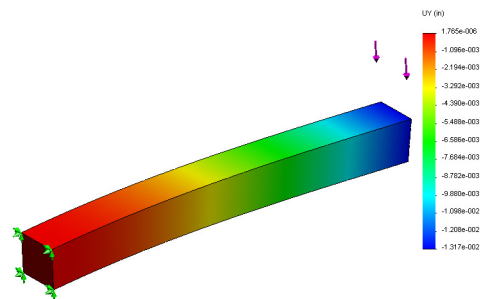
**答え :** 以下を実行します :

- Simulation スタディ ツリーで、メッシュ アイコンを右クリックします。
- デフォルトの**平均要素サイズ (Global Size)** と **許容誤差** を使用します。
- 解析を実行 (Run the analysis)** をチェックします。
- をクリックします。

- 9 解析終了後、Y-方向変位をプロットします。Y-方向は、Plane1 の方向2 と同じです。片持ち梁自由端の最大 Y- 変位はいくらですか？

**答え :** 以下を実行します :

- Simulation スタディ ツリーで結果 (Results) フォルダを右クリックし、**変位図プロット定義 (Define Displacement Plot)** を選択します。**変位図プロット (Displacement Plot)** PropertyManager が表示されます。
- 単位 (Units)** に **in** を選択します。
- 表示成分 (Component)** に **UY: Y 方向変位 (UY: Y Displacement)** を選択します。
- をクリックします。
- 自由端での垂直変位は **-0.01317 in** です。



- 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 :

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

**答え :** この問題では :

$F$  = 端荷重 = -100 lb、

$L$  = 梁の長さ = 10 in、

$E$  = 弾性率 = 30,457,919 psi、

$w$  = バーの幅 = 1 in、

$h$  = バーの高さ = 25.40 mm。

上述の式へ数値を代入すると以下ようになります :

$UY_{Theory}$  = -0.01313 インチ。

- 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 :** 最大垂直変位のエラーの割合は、0.3% です。

ほとんどの設計分析アプリケーションでは、約 5% のエラーは許容できます。

## Lesson 1 用語に関するワークシート — 答え

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：従来の設計サイクル
- 2 解析タイプ、材料、拘束、および荷重の仮定のシナリオ：スタディ
- 3 解析を実行するために SolidWorks Simulation が使用する方法：有限要素法
- 4 変位、ひずみ、および応力を計算するスタディのタイプ：静解析スタディ
- 5 モデルを細分化するプロセス：メッシング
- 6 メッシュ化中に作成された簡単な形状の小片：要素
- 7 要素が共有する共通点：節点
- 8 単位面積あたりに作用する力：平均応力
- 9 軸の圧縮荷重による軟弱な設計の急激な崩壊：座屈
- 10 設計の熱を推定するスタディ：熱伝導スタディ
- 11 応力状態の概要を表す数字：von Mises 応力
- 12 剪断応力が消える平面の垂直応力：主応力
- 13 ボディが振動する傾向がある固有値：固有値
- 14 固有振動数を回避できる解析タイプ：固有値解析

## Lesson 1 テスト — 答え

---

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？  
**答え :** スタディとは、解析タイプ、材料、荷重および拘束の仮定のシナリオのことです。
- 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？  
**答え :** 静解析、固有値解析、座屈解析、熱伝導解析、落下試験、疲労解析、最適化、圧力容器デザイン、非線形静解析、線形動解析、および非線形動解析スタディ。
- 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？  
**答え :** いいえ。再びスタディを実行するだけです。
- 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？  
**答え :** はい。形状の変更後は、モデルをメッシュしなければなりません。
- 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。  
**答え :** 新規の静解析スタディを作成するには：
  - **Simulation、スタディ(Study)** をクリックします。**スタディ(Study)** ダイアログボックスが表示されます。
  - **スタディ名 (Study name)** にスタディ名を入力します。スタディ名には、意味のある名前を使用することをお奨めします。
  - **スタディタイプ (Study type)** で **静解析 (Static)** を選択します。
  -  をクリックします。
- 6 メッシュとは？  
**答え :** メッシュとは、モデルをメッシュすることにより作成された要素と節点の集まりのことです。
- 7 アセンブリの部品フォルダには、アイコンはどのくらいありますか？  
**答え :** 各ボディにつき1つのアイコンがあります。1つの構成部品が複数のボディを持つ場合もあります。

## レッスンのまとめ

---

- SolidWorks Simulation は、SolidWorks に完全統合された設計解析ソフトウェアです。
- 設計解析によって、高品質の製品を、安価にまた安全に設計することができます。
- 静解析は、変位、ひずみ、応力および反力を計算します。
- 固有値解析は、固有値および関連するモード形状を計算します。
- 座屈解析は、圧縮した部品の座屈荷重を計算します。
- 落下試験解析は、剛性面またはフレキシブル面に落ちたオブジェクトの衝撃荷重を計算します。
- 熱伝導率解析は、温度荷重と温度境界条件下の温度偏差を計算します。
- 最適化解析は、目的関数に基づいてモデルを最適化します（最小ボリュームまたは質量など）。
- 応力が一定の限度に達すると、材料は機能しなくなります。
- Von Mises 応力は、任意の場所での応力の状態に関する全体概念の数字です。
- 安全率ウィザードは、設計の安全性を確認します。
- モデルをシミュレーションするために、SolidWorks Simulation は、要素という簡単な形状からできた多数の小片へモデルを細分します。このプロセスは、メッシュ(*meshing*) と言います。
- SolidWorks Simulation で解析を実行する手順：
  - スタディを作成する
  - 材料を指定する
  - 剛体モーションを防ぐために拘束を適用する
  - 荷重をかける
  - モデルのメッシュを作成します
  - 解析を実行する
  - 結果を表示する

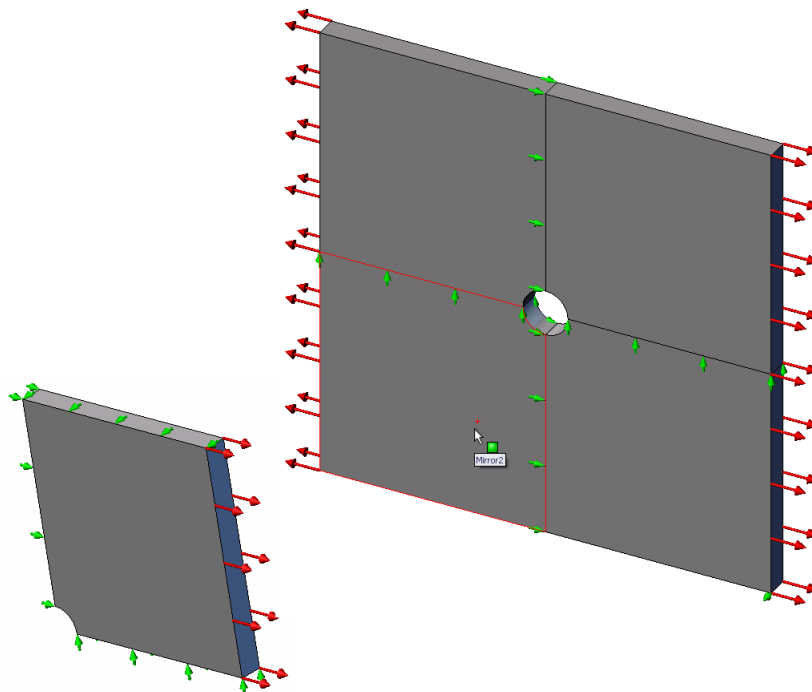




## レッスン 2 : SolidWorks Simulation のアダプティブ法

### このレッスンの目的

- 静解析スタディのアダプティブ法の概念を説明します。このレッスンを終了すると、受講者は、アダプティブ法の基本的な考え方、また、SolidWorks Simulation がそれらを実行する方法を理解できるようになります。
- モデル全体ではなく、モデルの一部を解析します。本レッスンの第 2 部では、受講者は、対称拘束を使い元のモデルの 1/4 を解析します。受講者は、結果の精度を損なうことなく対称拘束を適用することができる条件を認識することができます。
- シェルメッシュの概念を説明します。シェルメッシュおよび固体メッシュの違いは、プロジェクト ディスカッションでハイライト表示されます。受講者は、シェルメッシュに適しているモデルを認識することができます。
- SolidWorks Simulation 結果を、既知の理論的なソリューションと比較してください。理論的なソリューションは、このレッスンの問題に関するソリューションです。解析ソリューションがある問題では、受講者はエラーの割合を導き出すことができ、結果を受け入れることができるかどうかを決定することができます。



## 概要

---

- 学習課題 — SolidWorks Simulation のアダプティブ法
  - 1 部
    - Plate-with-hole.SLDPRT ドキュメントを開く
    - SolidWorks Simulation メニューのチェック
    - 一時ディレクトリへモデルを保存する
    - 解析単位系を設定する
    - ステップ 1 : 静解析スタディを作成する
    - ステップ 2 : 材料を指定する
    - ステップ 3 : 拘束の適用
    - ステップ 4 : 圧力を適用する
    - ステップ 5 : モデルをメッシュし、解析を実行する
    - ステップ 6 : 結果を表示する
    - ステップ 7 : 結果を検証する
  - 2 部
    - 対称拘束を適用してプレートの 1/4 をモデリングする
  - 3 部
    - アダプティブ h 法を適用する
- 5 分間テスト
- ディスカッション - 固有値解析スタディを作成する
- 課題とプロジェクト - シェルメッシュでプレートの 1/4 をモデリングする
- レッソンのまとめ

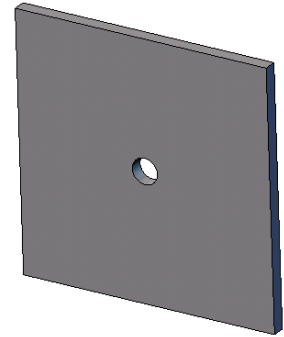
## 学習課題 — 1 部

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 レーニング用サンプル (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。

### 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いたします。

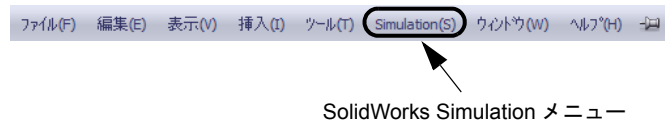
---

**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 メニューのチェック

SolidWorks Simulation がアドインされていると、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：



- 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 がリストに表示されていない場合は、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 画面上部のメイン SolidWorks メニューから **Simulation、スタディ** をクリックします。  
**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により FeatureManager デザイン ツリーの下に Simulation スタディを作成します。

## ステップ 2 : 材料を指定する

### Alloy Steel を指定する

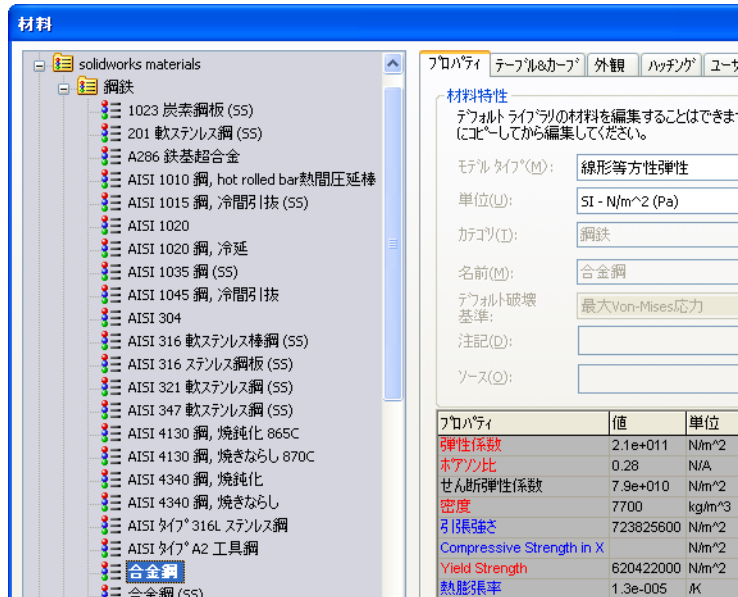
#### 1 SolidWorks Simulation

Manager ツリーで Plate-with-hole フォルダを右クリックし、**全てのボディに材料を適用 (Apply Material to All Bodies)** 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 以下を実施してください :

- SolidWorks 材料ライブラリフォルダを展開します。
- 鋼鉄カテゴリを展開します。
- 合金鋼**を選択します。



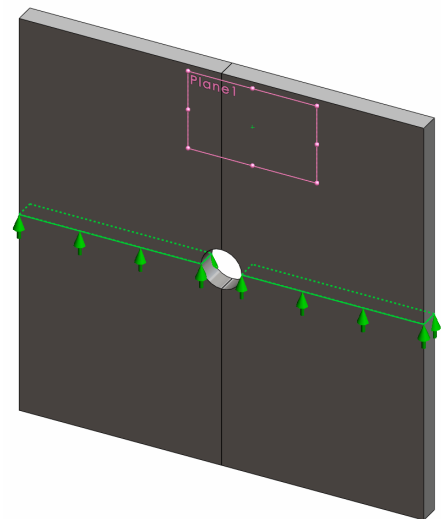
**注記 :** Alloy Steel の機械的および物理的のプロパティが、右の表に表示されます。



#### 3 OK をクリックします。

## ステップ 3 : 拘束の適用


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。


- 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。
- Simulation スタディツリーで拘束フォルダを右クリックし、**詳細拘束条件 (Advanced Fixtures)** を選択します。  
拘束 PropertyManager が表示されます。
- 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。

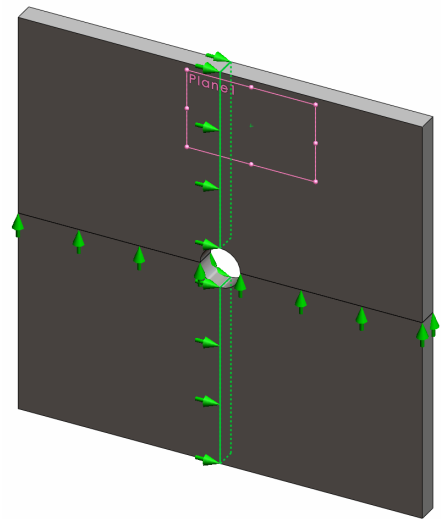


- 4 グラフィックス領域で、図に示す 8 つのエッジを選択します。  
エッジ <1> からエッジ <8> までが、**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Fixtures)** ボックスに表示されます。
- 5 **方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** ボックス内をクリックし、フライアウト FeatureManager ツリーから Plane1 を選択します。
- 6 **変位 (Translations)** の下にある**参照面の第二方向 (Along 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、拘束フォルダには拘束アイコン  (拘束 -1) が表示されます。

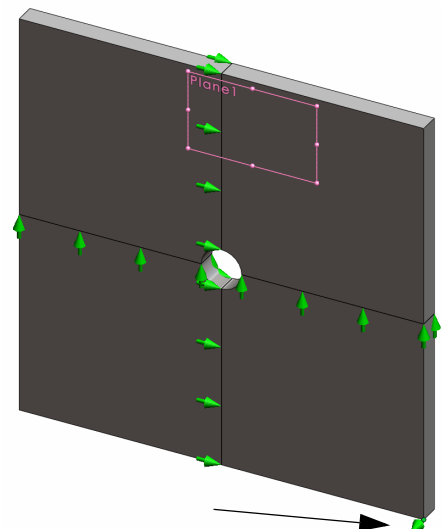
同様にステップ 2~7 の手順を用い、図に示す垂直な組み合わせの 8 つのエッジを **Plane1** の**参照面の第一方向 (Along plane Dir 1)**  に拘束します。





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 ツリーで拘束フォルダを右クリックし、**詳細拘束条件 (Advanced Fixtures)** をクリックします。  
**拘束 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 ツリーで外部荷重 (External Loads) フォルダを右クリックし、圧力 (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 4 つの面を選択します。

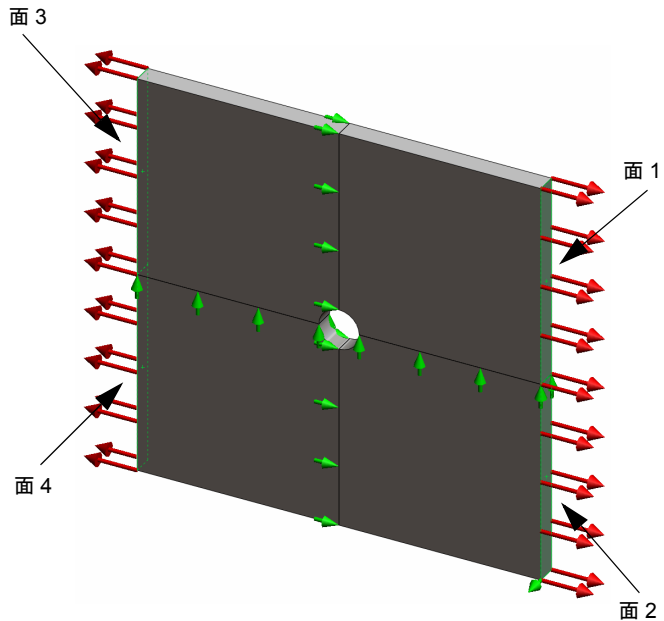
面 <1> から面 <4> が圧力のための面 (Faces for Pressure) リストボックスに表示されます。

- 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、外部荷重フォルダには圧力 -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 ツリーで拘束または外部荷重フォルダで右クリックして全て非表示 (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

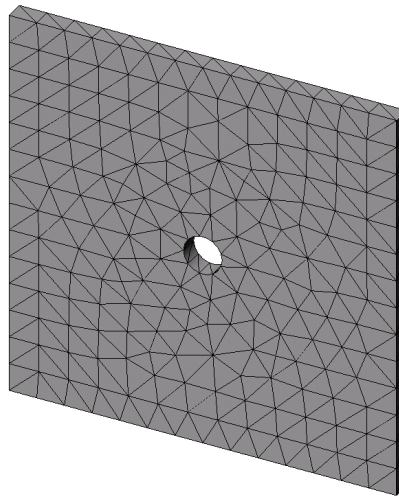
メッシュを行うと、モデルは要素と呼ばれる小片へ細分されます。SolidWorks Simulation はモデルの幾何寸法に基づいてデフォルトの要素サイズを提示します。この値は必要に応じて変更できます。

- 1 SolidWorks Simulation Manager ツリーでメッシュ (Mesh) 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 **メッシュ パラメータ** のチェックボックスを選択して展開します。  
**標準メッシュ (Standard mesh)** が選択されており、**自動徐変コントロール (Automatic transition)** が選択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 **オプションの解析を実行 (Run the analysis)** をチェックし、 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

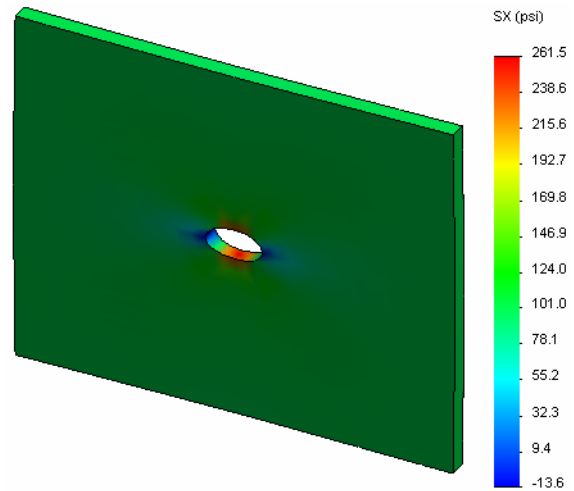
- 1 結果フォルダ  を右クリックし、**応力図プロット定義 (Define Stress Plot)** を選択します。  
応力図プロット (Stress Plot) PropertyManager が表示されます。
- 2 **表示 (Display)** において
  - a) **表示成分 (Component)** フィールドで **SX: X 方向の応力 (SX: X Normal stress)** を選択します。
  - b) **単位 (Units)** で **psi** を選択します。



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  $\sigma_{max}$  は以下のようになります :

$$\sigma_{max} = k \cdot \left( \frac{P}{t(D-2r)} \right)$$

$$k = 3.0 - 3.13 \left( \frac{2r}{D} \right) + 3.66 \left( \frac{2r}{D} \right)^2 - 1.53 \left( \frac{2r}{D} \right)^3$$

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ことが必要です。

### 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

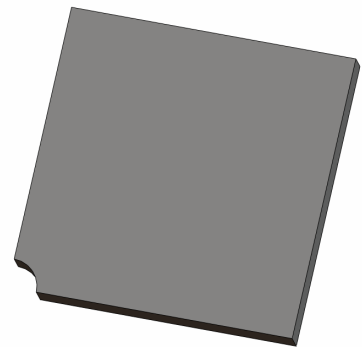
- 1 ConfigurationManager タブ  をクリックします。
- 2 ConfigurationManager ツリーで Quarter plate アイコンをダブルクリックします。



Quarter plate コンフィギュレーションがアクティブになります。


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。

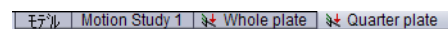


### ステップ 2：スタディを作成する

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 画面上部のメイン SolidWorks メニューから **Simulation**、**スタディ** をクリックします。
- 2 **スタディ (Study) PropertyManager** が表示されます。
- 3 **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 は画面の下にあるタブにスタディを表すツリーを作成します。



### 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 : 拘束の適用


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 スタディツリーで拘束フォルダを右クリックし、**詳細拘束条件 (Advanced Fixtures)** を選択します。

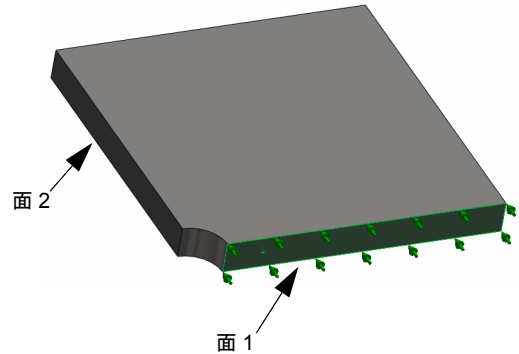
拘束 PropertyManager が表示されます。

- 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 と面 2 をクリックします。

面 <1> と面 <2> が、**拘束のための面、エッジ、頂点 (Faces, Edges, Vertices for Fixtures)** ボックスに表示されます。

- 5  をクリックします。

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 ツリーで拘束フォルダを右クリックし、**詳細拘束条件 (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。

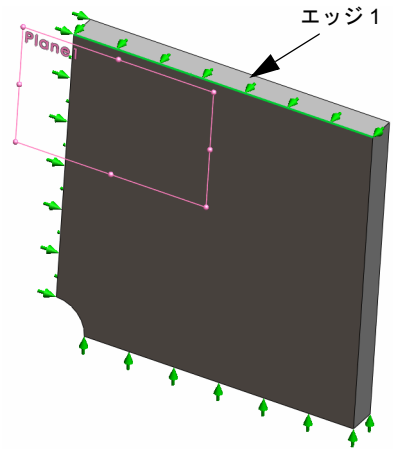
- 2 グラフィックス領域で、図に示すプレートの上  
部エッジをクリックします。

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、(Symmetry-1) と (Reference Geometry-1) が拘束フォルダに表示されます。

## 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 ツリーで外部荷重フォルダを右クリックし、**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。


- 4 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。

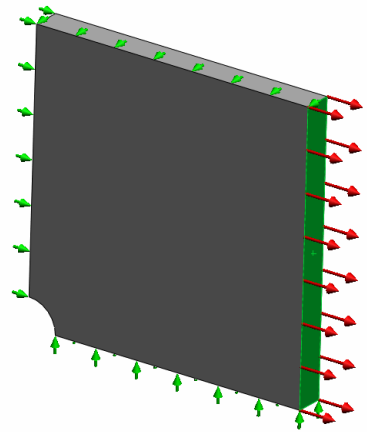
- 5 **単位 (Units)**  に **psi** を設定します。

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

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

- 8  をクリックします。

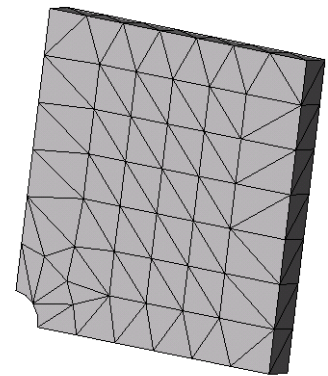
SolidWorks Simulationが選択面に垂直な圧力を適用し、外部荷重フォルダには圧力 -1 アイコン  が表示されます。





## 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。続いて**解析**を実行します。

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 (Results) フォルダ  を右クリックし、**応力プロット定義 (Define Displacement 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あります。

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

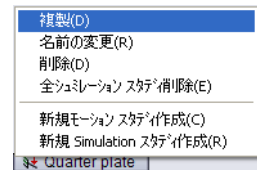
3 部の学習課題では、アダプティブ h 法を適用して、Quarter plate コンフィギュレーションに対して同じ問題を解きます。

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することで新しいスタディを作成します。

- 1 画面下部の Quarter plate スタディを右クリックして複製 (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。

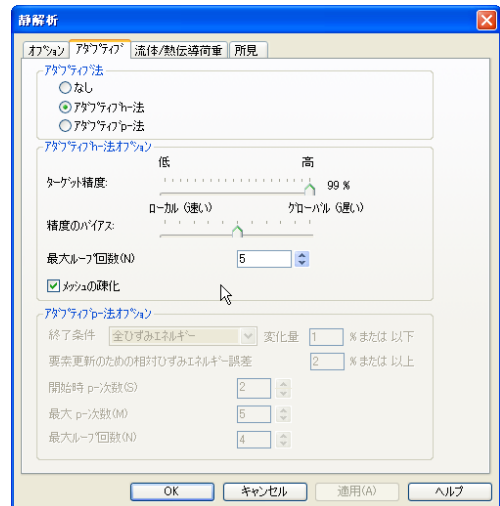
- 2 スタディ名 (Study name) ボックスに H-adaptive. を入力します。
- 3 使用するコンフィギュレーション (Configuration to use) で：クォータープレート (Quarter plate) を選択する
- 4 OK をクリックします。



### 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：
- ターゲット精度 (Target accuracy) スライダーを 99% まで移動します。
  - 最大ループ回数 (Maximum no. of loops) を、5 に設定します。
  - 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。

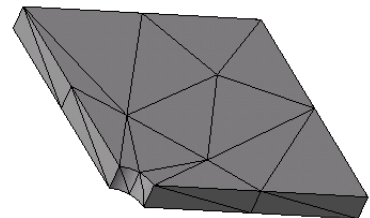


**注記：** スタディを複製することで、元のスタディのすべてのフォルダが新しいスタディにコピーされました。新規のスタディのプロパティが同じ場合は、材料特性、荷重、拘束などを再定義する必要はありません。

### ステップ 3 : モデルを再メッシュし、スタディを実行する

- 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。

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。



- OK をクリックします。

**メッシュ(Mesh) PropertyManager** が表示されます。

- 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。

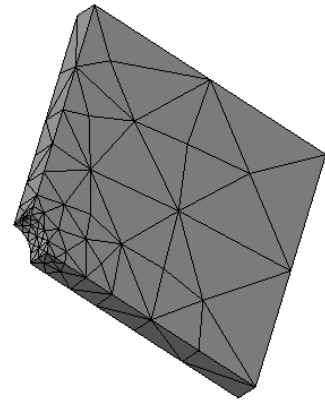
大きな要素サイズを得るためにこの大きな値を使うと、正確な結果を取得するためのアダプティブ h 法によるメッシュのリファインの仕方が分かります。

- 緑色のチェックマークアイコンをクリックします。上の図は初期の粗いメッシュを示しています。
- 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

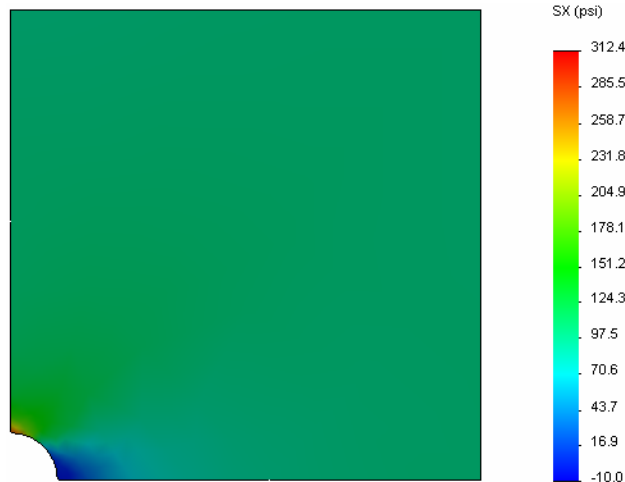
ここでは、アダプティブ h 法を適用して、もとのメッシュサイズを縮小します。中央の穴の位置で、粗いメッシュ（プレート境界）から微細なメッシュにメッシュサイズが変換することを確認してください。

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  の**応力2 (-X 垂直-) (Stress2 (X-normal))** 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  $SX = 312.4$  psi であり、解析ソリューション（近似誤差：3.2%）に非常に近くなります。



---

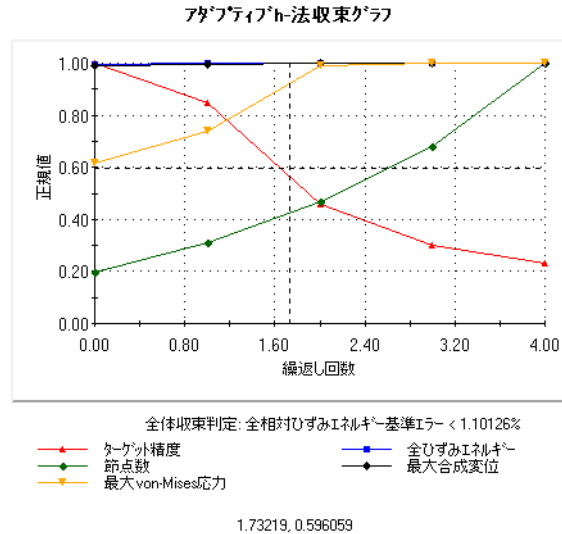
**注記：** スタディ プロパティで設定した要求精度（ここでは 99%）は、生成される応力が最大 1% 以内に収まることを意味するものではありません。有限要素法では、応力以外の基準がソリューションの精度評価に使用されます。しかしながら、アダプティブ アルゴリズムがメッシュを改善し、応力結果をより正確にすると結論づけることが可能です。

---



### ステップ 5 収束グラフを表示する

- 1 Simulation スタディ ツリーで結果 (Results) フォルダ  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 — 答え


- 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？

**答え：**材料、荷重および拘束は形状に適用されます。形状とメッシュのパラメータが変わらない限り、メッシュは有効なままです。材料、荷重あるいは拘束が変わると、結果は無効になります。

- 2 寸法が変わると、現在のメッシュは無効になりますか？

**答え：**はい。メッシュは、形状を概算するため、形状が変わるとメッシュの作成が必要になります。

- 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？

**答え：**ConfigurationManager タブ  をクリックし、リストから必要なコンフィギュレーションをダブルクリックしてください。スタディの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)** を選択すると、スタディに関連したコンフィギュレーションをアクティブにすることができます。

- 4 剛体モーションとは何ですか？

**答え：**剛体モードは、変形なしで全体としてボディを参照します。ボディ上の任意の 2 点間の距離は、常に一定です。モーションは、ひずみまたは応力を引き起こしません。

- 5 アダプティブ h 法とは何ですか？またそれはいつ使用されますか？

**答え：**アダプティブ h 法とは、応力フィールドでエラーを推測し、大きなエラーのある領域のメッシュを必要な精度レベルになるまで次第に改善することにより、静解析スタディの結果を自動的に改善する方法です。

- 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？

**答え：**メッシュコントロールでは、結果を改善する必要があるメッシュサイズと領域を手動で指定しなければなりません。アダプティブ h 法は、大きなエラーのある領域を自動的に認識し、規定精度レベルになるまで、あるいは最大繰返しの許容数までリファインし続けます。

- 7 アダプティブ p 法の繰返しでは、要素の数は変わりますか？


**答え：**いいえ。アダプティブ p 法では、ポリノミアルの次数を増加させ、大きな応力エラーのある領域の結果を改善します。

## ディスカッション — 固有値解析スタディを作成する

Plate-with-holeモデルのWhole plateとQuarter plateコンフィギュレーションについて固有値解析スタディを作成するように受講者に指示してください。プレートの固有振動数を抽出する場合、拘束（quarter plateモデルの対称性をコントロールするものをのぞき）は適用しません。

対称拘束は、対称モードのみが抽出されるので、固有値解析スタディと座屈スタディでは避けなければならないことを説明してください。非対称モードは、すべて外されます。また、拘束が存在しないことによる剛体モードの存在も説明してください。

### Whole plate コンフィギュレーションに基づいて固有値解析スタディを作成する

- 1 Whole plate コンフィギュレーションをアクティブにします。
- 2 画面上部のメイン SolidWorks メニューから **Simulation**、**スタディ** をクリックします。  
**スタディ (Study) PropertyManager** が表示されます。
- 3 **名前 (Name)** に Freq-Whole と入力する
- 4 **タイプ (Type)** から **固有値解析 (Frequency)** を選択します。
- 5  をクリックします。

### 固有値解析スタディのプロパティを設定する

- 1 SolidWorks Simulation Manager で、Freq-Whole アイコンを右クリックし、**プロパティ (Properties)** をクリックします。  
**振動数 (Frequency)** ダイアログボックスが表示されます。
- 2 **計算する固有値数 (Number of frequencies)** には、**15** を設定します。
- 3 **解析ソルバ (Solver)** の下で、**FFEPlus** を選択します。
- 4 **OK** をクリックします。

### 材料を指定する

Whole plate スタディの Plate-with-hole フォルダを、Freq-Whole スタディにドラッグアンドドロップします。




Whole plate スタディの材料特性が新規のスタディにコピーされます。

### 荷重と拘束を適用する

**注記：** 固有値解析では、拘束と圧力は考慮されません。完全に拘束されていない、荷重を与えられていないプレートの固有振動数を解析します。

拘束をまったく適用しないモデルは、固有値および座屈スタディでのみ許可されています。その他すべてのスタディタイプにおいては、適切な拘束を適用しなければなりません。

部品をメッシュし、スタディを実行する

- 1 メッシュアイコンを右クリックし、**作成 (Create)** を選択します。
- 2 **オプション (Options)** を展開します。
- 3 **解析を実行 (Run the analysis)** をチェックします。
- 4 **メッシュ パラメータ** を展開します。
- 5 **自動徐変 (Automatic transition)** がチェックされていないことを確認してください。
- 6  をクリックし、**平均要素サイズ (Global Size)**  と **許容誤差 (Tolerance)**  のデフォルト設定を受け入れます。

固有振動数を表示し、モード形状を表示する

- 1 結果フォルダを右クリックし、**固有振動数表示 (List Resonant Frequencies)** を選択します。

**モード表示 (List Modes)** のテーブルには、最初の15の固有振動数が一覧されます。



モード次数	固有振動数(Rad/sec)	固有振動数(Hz)	周期(秒)
11	5263.8	837.76	0.0011937
12	9166.7	1458.9	0.00068543
13	9169.5	1459.4	0.00068523
14	9436.8	1501.9	0.00066581
15	10338	1645.3	0.0006078
16	11406	1815.4	0.00055085
17	15368	2446	0.00040884

モード次数	固有振動数(Rad/sec)	固有振動数(Hz)	周期(秒)
1	0	0	1e+032
2	0	0	1e+032
3	1.4901e-008	2.3716e-009	4.2166e+008
4	0.00077454	0.00012327	8112.1
5	0.0011157	0.00017756	5631.8
6	0.0011227	0.00017868	5596.5
7	2042.5	325.07	0.0030763
8	2994.1	476.53	0.0020985

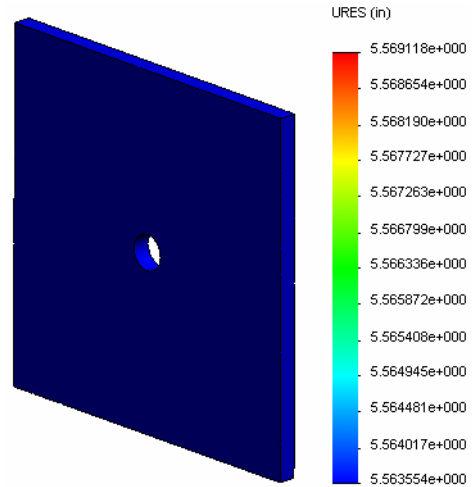
**注記 :** 最初のいくつかの周波数はゼロまたはゼロに近い値です。この結果は、剛体モードが検出され、非常に小さい（またはゼロ）の値が割り当てられたということです。このモデルは全く拘束されていないため、6つの剛体モードが検出されます。

ゼロでない最初の値は固有値 #7 で、大きさは 2042.5 Hz です。これは拘束されていないプレートの最初の固有振動数です。

**モード表示 (List Modes)** ウィンドウを閉じます。

- 2 結果を展開し、変位 1 プロットをダブルクリックします。  
最初の剛体モード形状が、グラフィックス領域に表れます。

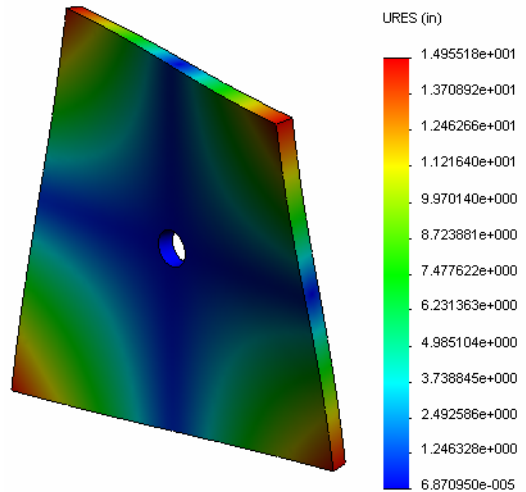
**注記：** 固有値#1はプレートが剛体としてグローバル X 方向に移動する剛体モードに対応しています。そのため変形は表示されません。






**実際のプレートの 1 番目の固有振動数を表示**

- 1 結果を右クリックして、**モード形状 / 変位プロットの定義 (Define Mode Shape/ Displacement Plot)** を選択します。
- 2 **プロットステップ (Plot Steps)** で、**モード形状**に 7 を入力します。
- 3 **OK** をクリックします。

**注記：** 固有値#7はプレートの最初の実際の固有振動数を表します。



**モード形状プロットをアニメーション表示する**

- 1 モード形状アイコン (変位 6 など) をダブルクリックし、アクティブにします。  
次に、アイコンを右クリックし、**アニメーション (Animate)** を選択します。  
**アニメーション (Animation) PropertyManager** が表示されます。
- 2  をクリックします。  
アニメーションは、グラフィックス領域でアクティブになります。
- 3  をクリックし、アニメーションを停止します。
- 4  をクリックし、アニメーションモードを終了します。

### 他のモード形状プロットをアニメーション表示する

- 1 他の振動数のモード形状アイコンをダブルクリック（または高次モードの新しいモード形状プロットを定義）して **アニメーション** を選択します。
- 2 また、固有値 #1 から #6 に対する剛体モードアニメーションを解析します。

### Quarter plate コンフィギュレーションに基づいて固有値解析スタディを作成する

- 1 Quarter plate コンフィギュレーションをアクティブにします。
- 2 前述のステップに従って、Freq-quarter という名前の固有値解析スタディを作成します。

---

**注記：** Quarter plate スタディの拘束フォルダを Freq-quarter スタディにドラッグ&ドロップし、参照ジオメトリ -1 拘束を抑制します。

---

### 固有振動数を表示する

最初の 5 つの固有振動数が、図のように一覧されます。

Freq-quarter スタディのモード形状プロットをアニメーションにし、それらを Freq-Whole スタディと比較してください。

モード次数	固有振動数 (Rad/sec)	固有振動数 (Hz)	周期(秒)
1	0	0	1e+032
2	2998.6	477.24	0.0020954
3	3637.8	578.97	0.0017272
4	9433.8	1501.4	0.00066603
5	17158	2730.8	0.0003662
6	17964	2859.1	0.00034977

---

**注記：** モデルの 1/4 モデルを解析しただけですので、Freq-quarter スタディでは非対称モードは含まれていません。そのため、全体モデルでの固有値解析を強くおすすめします。


Symmetry-1 拘束がモデルを特定の向きに制限しているため、剛体モード 1 個（ゼロ振動数モード）だけが検出されます。

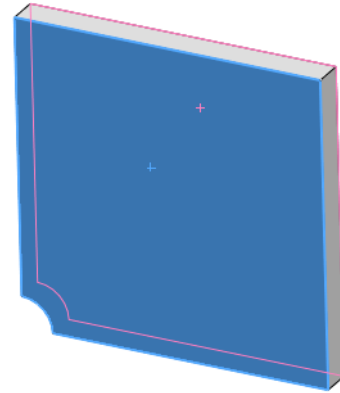
---

## プロジェクトー 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 画面上部のメインSolidWorksメニューから**挿入、サーフェス、中間サーフェス**をクリックします。
- 2 図のようにプレートの前面と背面を選択します。
- 3 **OK** をクリックします。
- 4 Shells-quarter という名前の**静解析**スタディを作成します。
- 5 Plate-with-holeフォルダを展開し、SolidBodyを右クリックして**解析から除外**を選択します。
- 6 FeatureManager デザイン ツリーでソリッドボディを展開し、既存のソリッド ボディを**非表示**にします。
- 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フォルダのSurfaceBodyを右クリックして**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 フォルダを右クリックし、**全てのボディに材料を適用 (Apply Material to All Bodies)** を選択します。
  - b) SolidWorks 材料ライブラリを展開し鋼鉄カテゴリから**Alloy Steel**を選択します。
  - c) **適用**をクリックし、**閉じる**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。

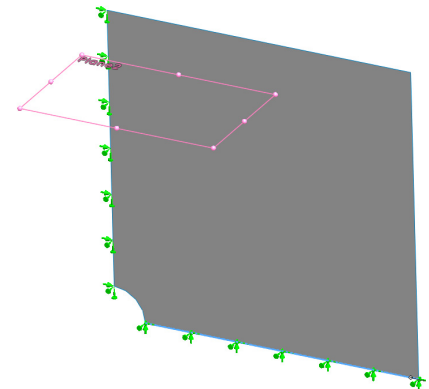
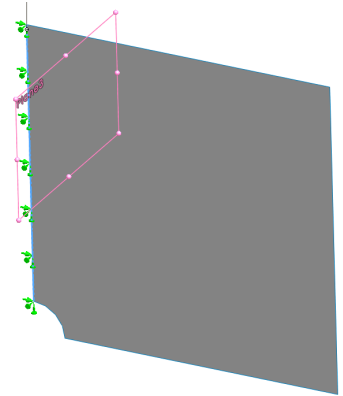
---

**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。

---

**答え：**以下を実行します：

- 拘束フォルダを右クリックし、**詳細拘束条件 (Advanced Fixtures)** をクリックします。
  - 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。
  - 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。
  - 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。
  - 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。

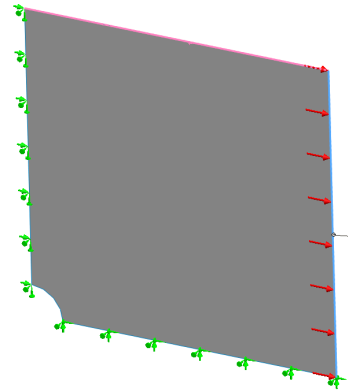




11 図のように、**100 psi** の圧力をエッジに適用します。

**答え :** 以下を実行します :

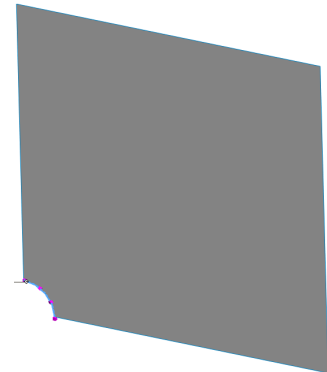
- 外部荷重フォルダを右クリックし、**圧力荷重設定 (Pressure)** をクリックします。
- タイプ (Type)** で**参照ジオメトリ使用 (Use reference geometry)** を選択します。
- 圧力のための面、エッジ (Faces, Edges for Pressure)** フィールドで、図に示す垂直なエッジを選択します。
- 方向を指定するための面、エッジ、平面、軸 (Face, Edge, Plane, Axis for Direction)** フィールドで、図に示すエッジを選択します。
- 圧力値 (Pressure Value)** ダイアログに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



12 図のように、メッシュコントロールをエッジに適用します。

**答え :** 以下を実行します :

- 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、**メッシュコントロールの適用 (Apply Mesh Control)** をクリックします。**メッシュコントロール (Mesh Control) PropertyManager** が表示されます。
- 図に示す穴のエッジを選択します。
- をクリックします。



13 部品のメッシュ作成を行い、解析を実行します。

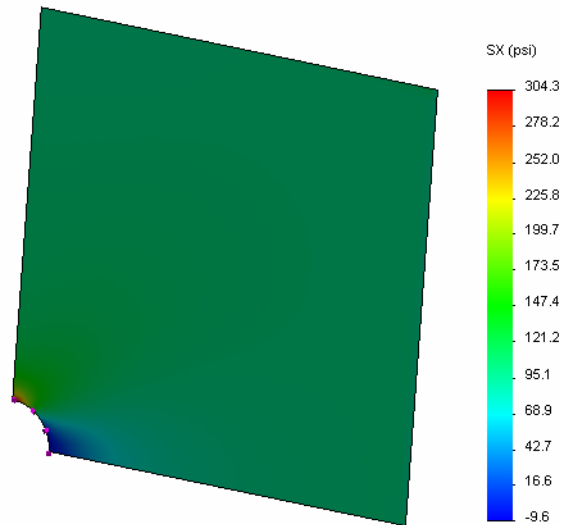
**答え :** 以下を実行します :

- SolidWorks Simulation Manager 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)** をクリックします。
- デフォルトの**平均要素サイズ (Global Size)**  と **許容誤差**  を使用します。
- 解析を実行 (Run the analysis)** をチェックします。
- をクリックします。

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 :** 以下を実行します :

- a) SolidWorks Simulation Manager ツリーで結果フォルダを右クリックし、**応力図プロット定義 (Define Stress Plot)** をクリックします。**応力図プロット (Stress Plot)** ダイアログ ボックスが表示されます。
- b) **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。
- c) **単位 (Units)** で **psi** を選択します。
- d)  をクリックします。
- e) 最大 SX 垂直応力は、**304.3 psi** です



15 以下の比較式を使用して、SX 垂直応力におけるエラーを計算します :

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

**答え :**

最大 SX 応力の理論的なソリューション :  $SX_{max} = 302.452 \text{ psi}$

最大 SX 垂直応力のエラーの割合は、**0.6%** です。

ほとんどの設計分析アプリケーションでは、約 **5%** のエラーは許容できます。

## Lesson 2 用語に関するワークシート — 答え

---

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：h-アダプティブ
- 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：p-アダプティブ
- 3 四面体要素の節点を持つ自由度のタイプ：並進
- 4 シェル要素の節点を持つ自由度のタイプ：並進と回転
- 5 すべての方向に均等な弾性特性の材料：等方性
- 6 かさばったモデルに適切なメッシュタイプ：固体メッシュ
- 7 薄いモデルに適切なメッシュタイプ：シェルメッシュ
- 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：混在メッシュ

## Lesson 2 テスト — 答え

---

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？

**答え :** 1 次オーダーシェル要素には 3 つ、2 次オーダーシェル要素には 6 つあります。

- 2 シェルの厚さを変更すると再メッシュが必要ですか？

**答え :** いいえ。

- 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？

**答え :** アダプティブ法とは、静解析スタディの精度を自動的に改善しようとする反復法です。それは、応力フィールドのエラープロファイルの推測を基準にしています。節点が複数の要素に共通の場合、ソルバーは各要素の同じ節点で異なる答を出します。そのような結果のバリエーションによって、エラー推定値が得られます。これらの値が互いに接近しているほど、節点の結果は正確になります。

- 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？

**答え :** 1 つのドキュメントのモデルの形状で実験することができます。各スタディは、コンフィギュレーションに関連づけられます。コンフィギュレーションの形状を変更すると、それに関連したスタディのみが影響されます。

- 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？

**答え :** 既存のスタディのアイコンを、SolidWorks Simulation Manager ツリーの最上部のアイコンへのドラッグアンドドロップし、フィーチャーの編集、追加、削除を行ない、スタディを定義します。

- 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？

**答え :** より小さな要素サイズを持ったモデルで再メッシュし、スタディを再実行します。結果の変化が大きい場合は、結果が収束するまで、プロセスを繰り返してください。

- 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？

**答え :** プログラムは、変位、ひずみ、応力の順序で計算します。

- 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？

変位の方が、応力より早く収束します。これは、応力は変位から派生するという事実によります。

## レッスンのまとめ

---

- アダプティブ法の利用は、応力フィールドの連続したエラー推定を基準にしています。アダプティブ法は、静解析スタディのみに利用できます。
- アダプティブ法は、ユーザーの影響を排除して精度を改善します。
- 点にかかる集中荷重の理論的な応力は、無限です。特異性の周囲でより小さなメッシュを使用したり、あるいはアダプティブ h 法を使用することによって、応力は増加し続けます。
- スタディを実行する前に、メッシュコントロールを使用する場合は、危険域を識別することが必要になります。アダプティブ法では、ユーザーは危険域を確認することは必要ありません。
- 必要に応じて、問題サイズを低減するために対称を使用できます。モデルは、対称面にわたって、形状、拘束、荷重および材料特性が対称でなければなりません。
- 固有値解析で拘束は使用できず、このことは剛体モード（ゼロまたはゼロに近い値の振動数）の存在によって表されます。
- 対称拘束は、対称モードのみが抽出されるので、固有値解析スタディと座屈スタディでは避けなければなりません。
- 薄い部品は、シェル要素でモデルの作成が最適に行われます。シェル要素は、薄膜と屈曲力に耐えることができます。
- かさばったモデルは、ソリッド要素でメッシュされなければなりません。
- 同じモデルに薄くかさばった部品がある場合は、混在メッシュを使用しなければなりません。

