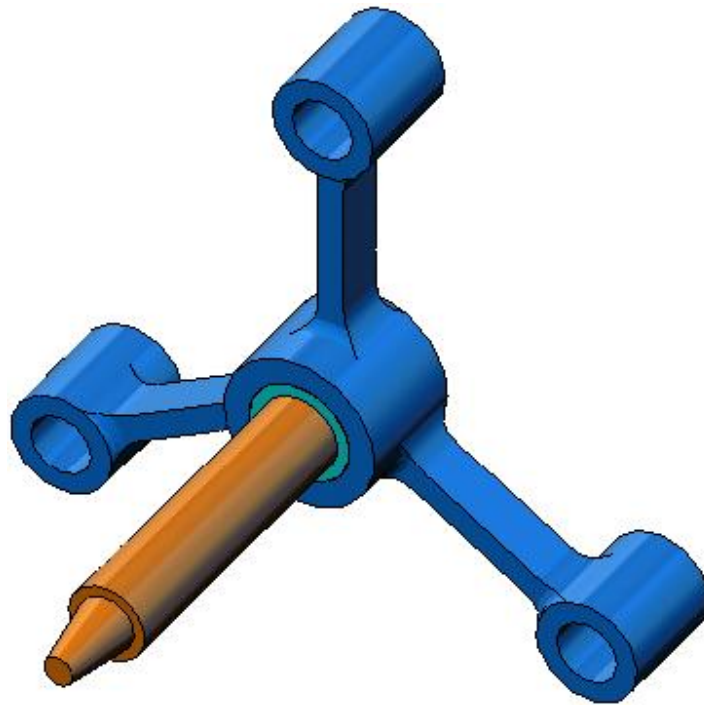




# SolidWorks Simulation を使った応力解析ア プリケーション入門、 教師用ガイド



© 1995-2010, Dassault Systemes SolidWorks Corporation, a Dassault Systemes 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 Systemes 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、使用許諾契約に規定されており、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、保証を含め使用許諾契約のいかなる条件の変更、あるいは補完を意味するものではありません。

#### 特許に関する注記

SolidWorks® 3D mechanical CAD software is protected by U.S. Patents 5,815,154; 6,219,049; 6,219,055; 6,611,725; 6,844,877; 6,898,560; 6,906,712; 7,079,990; 7,477,262; 7,558,705; 7,571,079; 7,590,497; 7,643,027; 7,672,822; 7,688,318; 7,694,238; 7,853,940; and foreign patents, (e.g., EP 1,116,190 and JP 3,517,643).

eDrawingsR software is protected by U.S. Patent 7,184,044; U.S. Patent 7,502,027; and Canadian Patent 2,318,706.

U.S. and foreign patents pending.

#### SolidWorks の製品およびサービスの商標と製品名

SolidWorks、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。

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

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

SolidWorks 2011、SolidWorks Enterprise PDM、SolidWorks Simulation、SolidWorks Flow Simulation、eDrawings Professional は DS SolidWorks の製品名です。

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 Systemes SolidWorks Corporation, 300 Baker Avenue, Concord, Massachusetts 01742 USA

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

Portions of this software © 1986-2010 Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. All rights reserved.

Portions of this software © 1986-2010 Siemens Industry Software Limited. All rights reserved.

Portions of this software © 1998-2010 Geometric Ltd.

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

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

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、Adobe のロゴ、Acrobat、Adobe PDF のロゴ、Distiller、および Reader は、米国およびその他の国において Adobe Systems Inc. の登録商標または商標です。

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 Simulation 製品の著作権情報

Portions of this software © 2008 Solversoft Corporation.

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

#### Enterprise PDM 製品の著作権情報

Outside In® Viewer Technology, c Copyright 1992-2010, Oracle © Copyright 1995-2010, Oracle. All rights reserved.

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

#### eDrawings 製品の著作権情報

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

Portions of this software © 1995-1998 Jean-Loup Gailly and Mark Adler.

Portions of this software © 1998-2001 3Dconnexion.

Portions of this software © 1998-2010 Open Design Alliance. All rights reserved.

Portions of this software © 1995-2009 Spatial Corporation.

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

## 概要

### 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 Instructor Guide 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 Student Workbook* に対応するページがあります。

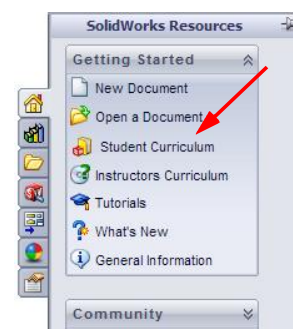
**注記：** このレッスンは SolidWorks Simulation のすべての機能を教えるためのものではありません。あくまでも、線形静解析の基本的な考え方、およびそれらのメリットを紹介し、使いやすさ、および実行する場合の簡潔なプロセスを説明することです。

### Education Edition Curriculum and Courseware DVD

このコースには *Education Edition Curriculum and Courseware 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。

Home > 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 2010. For SolidWorks 2009 resources, [click here](#).

**EDU Curriculum Introduction (2010)**  
 Overview of the guides and resources listed below.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Curriculum introduction		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resources		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**SolidWorks Teacher Guide (2010)**  
 Includes lesson plans, presentations, student goals, vocabulary, and assessments.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	NOR	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	X	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	X	X
Instructor Presentation		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Sustainability Project (2010)**  
 Perform life cycle assessment.

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

**SolidWorks® Simulation Educator Guide (2010)**  
 An introduction to the principles of analysis using SolidWorks Simulation.

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

**SolidWorks® Flow Simulation Educator Guide (2010)**  
 An introduction to the principles of fluid flow analysis using Solidworks Flow Simulation.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Student workbook		X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Presentation		X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Instructor guide		X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Lesson files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**SolidWorks® Motion Educator Guide (2010)**  
 From dynamics to kinematics, incorporate theory through virtual simulation.

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

Back to top

**SAE Car Project (2010)**  
 Design and Analyze Parts and Assemblies for Racing Competitions.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Student files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Bridge Design Project (2010)**  
 Use SolidWorks Simulation to analyze different loading conditions of the bridge.

Description	Type	ENG	FRA	DEU	ITA	ESP	JPN	CHS	CHT	PTB	SVE	KOR
Project workbook		X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-
Student files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Instructor files		X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Presentation		X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	-

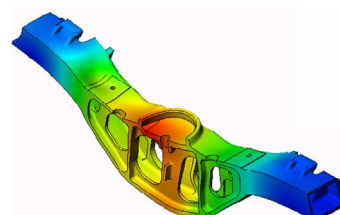
**CO2 Car Design Project (2010)**  
 Design and analyze a CO2 powered car. Make design changes to reduce drag.

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

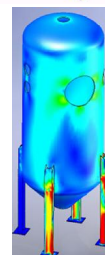
## SolidWorks Simulation 製品ライン

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が、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。

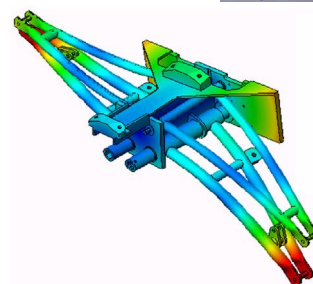
静解析スタディは静的な荷重をかけた部品およびアセンブリの線形応力解析ツールを提供します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：  
 通常の動作時の荷重の下で部品が破損しないか？  
 モデルは過剰設計されていないか？  
 設計を変更することにより安全率を向上できるか？



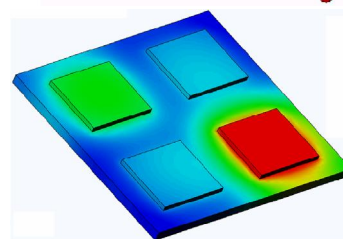
座屈解析は薄い部品が圧縮荷重を受けた際の振る舞いを解析します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：  
 容器の脚は降伏によって破壊しない強度を持っている、しかし安定性を失って崩壊しない強度を備えているか？  
 設計を変更することによりアセンブリに含まれる薄い部品の安定性を確保できるか？



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：  
 通常の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？



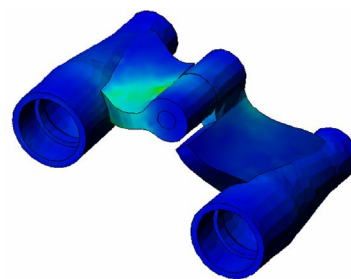
熱伝達スタディでは、伝導、対流、輻射による熱伝達の解析ツールを提供します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：  
 温度変化はモデルに影響するだろうか？  
 温度が変動する環境でモデルは正しく動作するだろうか？  
 モデルが冷却される、または過熱するまでにかかる時間は？  
 温度変化によりモデルは膨張するか？  
 温度変化による応力によって製品が壊れないか？（静解析と熱解析の組み合わせによりこの問題を調べることができます）



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：

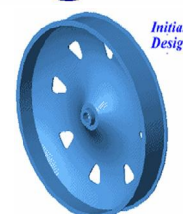
製品が輸送中に乱雑に扱われたり、落とされたりしたらどうなるか？

製品がフローリング、カーペット、コンクリートなどの上で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？



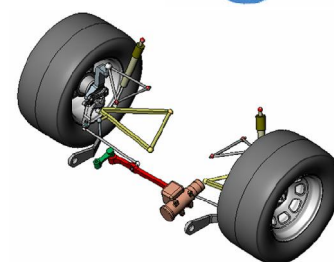
疲労解析スタディは、長い期間に渡り繰り返し荷重を受ける部品およびアセンブリの耐久性を解析します。このスタディタイプで調べることのできる代表的な問題は次のようなものです：

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？

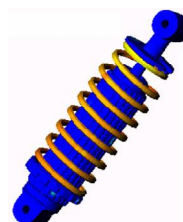
モデルを再設計することにより力や温度の変化による損傷を最小化できるか？



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：

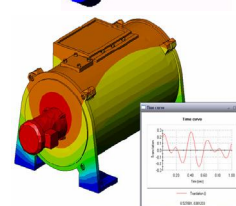
与えられた荷重の下で、ゴム（Oリングなど）やフォームで作られた部品はうまく動作するか？

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？

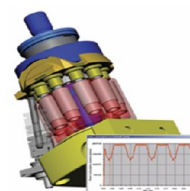
複合モジュールでは、積層複合材料で作成されたストラクチャのシミュレーションを行うことができます。

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？

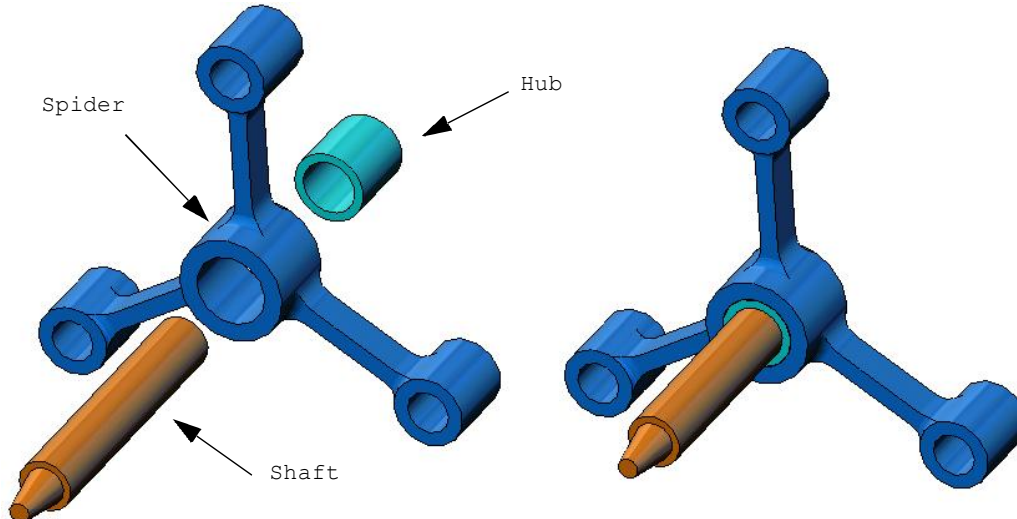
積層複合材料が剥離しないか？



## 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します。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紹介します。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。