

# SOLIDWORKS®

## **SOLIDWORKS Simulation**

Dassault Systèmes SolidWorks Corporation  
175 Wyman Street  
Waltham, MA 02451 U.S.A.

© 1995-2023, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, a Dassault Systèmes SE company, 175 Wyman Street, Waltham, Mass.02451 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く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、ライセンス契約書に規定されており、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。

本リリースに含まれる特許、商標、ならびにサードパーティ製ソフトウェアの全リストについては SOLIDWORKS ドキュメンテーションの Legal Notices セクションをご覧ください。

## 制限付き権限

This clause applies to all acquisitions of Dassault Systèmes Offerings by or for the United States federal government, or by any prime contractor or subcontractor (at any tier) under any contract, grant, cooperative agreement or other activity with the federal government. The software, documentation and any other technical data provided hereunder is commercial in nature and developed solely at private expense. The Software is delivered as "Commercial Computer Software" as defined in DFARS 252.227-7014 (June 1995) or as a "Commercial Item" as defined in FAR 2.101(a) and as such is provided with only such rights as are provided in Dassault Systèmes standard commercial end user license agreement. Technical data is provided with limited rights only as provided in DFAR 252.227-7015 (Nov. 1995) or FAR 52.227-14 (June 1987), whichever is applicable. The terms and conditions of the Dassault Systèmes standard commercial end user license agreement shall pertain to the United States government's use and disclosure of this software, and shall supersede any conflicting contractual terms and conditions. If the DS standard commercial license fails to meet the United States government's needs or is inconsistent in any respect with United States Federal law, the United States government agrees to return this software, unused, to DS. The following additional statement applies only to acquisitions governed by DFARS Subpart 227.4 (October 1988): "Restricted Rights - use, duplication and disclosure by the Government is subject to restrictions as set forth in subparagraph (c)(1)(ii) of the Rights in Technical Data and Computer Software clause at DFARS 252-227-7013 (Oct. 1988)."

In the event that you receive a request from any agency of the U.S. Government to provide Software with rights beyond those set forth above, you will notify DS SolidWorks of the scope of the request and DS SolidWorks will have five (5) business days to, in its sole discretion, accept or reject such request. Contractor/  
Manufacturer: Dassault Systemes SolidWorks Corporation, 175 Wyman Street, Waltham, Massachusetts 02451 USA.

文書番号 : PMT2440-JPN

# 目次

## はじめに :

このトレーニング コースについて .....	2
前提条件 .....	2
トレーニング コースの構成 .....	2
本書の活用方法 .....	2
演習 .....	2
トレーニング ファイルについて .....	3
Windows® .....	3
本書の表記法 .....	3
色の使い方 .....	4
色スキーム .....	4
その他の SOLIDWORKS トレーニング リソース .....	5
ローカル ユーザー グループ .....	5
SOLIDWORKS Simulation とは .....	6
有限要素解析 (FEA) とは .....	7
数学的モデルの構築 .....	8
デフィーチャー .....	9
理想化 .....	9
クリーンアップ .....	9
有限要素モデルの構築 .....	10
有限要素モデルを解く .....	10
結果の分析 .....	10
FEA の誤差 .....	10
有限要素 .....	11
SOLIDWORKS Simulation で使用できる要素タイプ .....	11
1 次オーダー四面体固体要素 .....	12
2 次オーダー四面体固体要素 .....	13
1 次オーダー三角形シェル要素 .....	14
2 次オーダー三角形シェル要素 .....	15
梁要素 .....	15

固体要素またはシェル要素の選択	16
1次オーダーと2次オーダーの固体要素とシェル要素	16
自由度	17
FEAでの計算	17
FEA結果の解釈	18
主応力：P1、P2、P3	19
入出力の単位	20
SOLIDWORKS Simulationの制約	20
線形材料	21
構造の微小変形	21
静的荷重	22
まとめ	22
<b>Lesson 1:</b>	
<b>解析プロセス</b>	
目標	23
解析プロセス	24
作業手順	24
ケーススタディ：プレートの応力	24
プロジェクトの説明	25
SOLIDWORKS Simulationのインタフェース	26
SOLIDWORKS Simulationのオプション	28
プロットの設定	30
前処理	32
新しいスタディ名	32
材料特性の指定	33
拘束	35
拘束タイプ	35
外部荷重	38
シンボルのサイズと色	41
前処理のまとめ	42
メッシュ作成	43
標準メッシュ	43
曲率ベースのメッシュ	43
ブレンド曲率ベースのメッシュ	43
メッシュ密度	43
要素サイズ	44
円内の最小要素数	44
比	45
メッシュ品質	46
解析処理	48
後処理	48
結果プロット	48
結果プロットの編集	49
節点応力と要素応力	50
テンソルプロット表示オプション	51
中間節点の平均応力	51
結果プロットの管理	56
他のプロットコントロール	56
その他のプロット	60
複数のスタディ	63
新しいスタディの作成	63
パラメータ（材料、拘束、荷重など）のコピー	63

収束と精度を確認する .....	66
解析結果のまとめ .....	67
理論値との比較 .....	68
レポート .....	69
まとめ .....	71
参考文献 .....	71
質問: .....	71
演習 1: ブラケット .....	72
演習 2: 圧縮スプリングの剛性 .....	81
問題の説明 .....	81
演習 3: 容器のハンドル .....	84

## Lesson 2:

### メッシュコントロール、 応力集中、境界条件

目標 .....	85
メッシュ コントロール .....	86
ケース スタディ: L字型ブラケット .....	86
プロジェクトの説明 .....	86
作業手順 .....	86
スタディを実行する .....	89
局所メッシュ改善での解析 .....	90
メッシュ コントロール .....	91
結果 .....	96
結果の比較 .....	96
応力の特異性 .....	97
抑制されたコンフィギュレーション .....	100
ケース スタディ: フィレットのあるブラケットの解析 .....	100
力の結果 .....	105
ケース スタディ: 溶接したブラケットの解析 .....	107
境界条件の影響の理解 .....	108
結論 .....	109
まとめ .....	109
質問: .....	109
演習 4: C字型ブラケット .....	110
演習 5: ボーン レンチ .....	120

## Lesson 3:

### アセンブリの相互作用解析

目標 .....	125
相互作用解析 .....	126
ケース スタディ: グローバル相互作用のあるペンチ .....	126
プロジェクトの説明 .....	126
作業手順 .....	126
コンポーネント相互作用 .....	128
コンポーネント相互作用: オプション .....	128
コンポーネント相互作用: デフォルト設定 .....	129
コンポーネント相互作用: 階層と競合 .....	129
スタディ プロパティ .....	131
アセンブリの結果を確認する .....	134
強度は十分か? .....	135
接触相互作用とボンド相互作用 .....	136
ローカル相互作用のあるペンチ .....	137

ローカル相互作用	137
ローカル相互作用のタイプ	138
自己接触	139
必要な荷重	139
ローカル相互作用の接触プロパティ	141
接触定式化	142
接触応力	144
まとめ	145
質問	146
演習 6: 2つのリングから成るアセンブリ	147

#### Lesson 4: 対称および未拘束の 自己平衡アセンブリ

目標	151
シュリンク接合の部品	152
ケース スタディ: シュリンク接合	152
プロジェクトの説明	152
対称	152
作業手順	152
デフィーチャー	153
剛体モード	154
非拘束のボディ	155
シュリンク接合接触条件	156
局所座標系による結果プロット	159
円筒座標系	159
全プロットの保存	163
エラー内容	163
ソフト スプリングを使用した解析	164
ソフト スプリング	164
慣性力	164
ツリー アイテムを折りたたむ	165
まとめ	167
演習 7: BoneWrench アセンブリ	168

#### Lesson 5: 結合を使ったアセンブリ解析とメッシュ改善

目標	173
ケース スタディ: カルダン (ユニバーサル) ジョイント	174
問題の説明	174
リモート荷重 / 質量	175
荷重の位置	176
参照座標系	176
荷重タイプ	176
結合タイプ	176
結合	178
結合タイプ	178
Toolbox ファスナーをボルトに自動的に変換	180
分布 (分配) カップリング	181
ボルト強度データ	182
ボルトの予圧	182
ボルトのタイトフィットと直径	183
相互作用ビューア	185

自動でローカル相互作用を検索 .....	187
ローカル相互作用の接触プロパティ .....	189
ピン結合 .....	191
回転剛性と軸剛性 .....	191
仮想壁、軸剛性、正接剛性 .....	193
アセンブリ内でメッシュ コントロール .....	194
薄いフィーチャーに必要な固体要素数 .....	194
ピン/ボルト荷重 .....	198
メッシュプロット .....	200
特性プロット .....	200
安全率プロット .....	204
まとめ .....	207
演習 8: チェーン リンク .....	208
演習 9: リフトアセンブリ .....	224
ベアリング .....	226
ベアリング結合 .....	226
ベアリング拘束 .....	226
ベアリング荷重 .....	226
演習 10: スポット溶接 - 固体メッシュ .....	231
部品間の相互作用 .....	235
演習 11: ボルト結合 .....	239
演習 12: 薪割り機 .....	243
<b>Lesson 6:</b>	
<b>ボンド条件に対する</b>	
<b>メッシュ オプション</b>	
目標 .....	249
ボンド条件に対するメッシュ オプション .....	250
ケース スタディ: ローター .....	250
プロジェクトの説明 .....	250
遠心力 .....	250
周期対称 .....	252
ボンド条件に対するオプション .....	254
ギャップ範囲 .....	254
共通の節点 .....	254
自動切り替え .....	255
ボンド定式化 .....	255
点 - 面 .....	255
面 - 面 .....	256
まとめ .....	261
演習 13: バイスグリップ プライヤー .....	262
スプリング結合のタイプ .....	267
スプリング結合のオプション .....	267
<b>Lesson 7:</b>	
<b>薄肉構成部品の解析</b>	
目標 .....	275
薄肉構成部品 .....	276
ケース スタディ: プーリー .....	276
プロジェクトの説明 .....	277
パート 1: 固体要素でメッシュ作成 .....	277
対称拘束 .....	278
パート 2: 固体メッシュの改善 .....	282

固体とシェル	284
シェル要素の作成	284
パート 3 : シェル要素 - 中立面	284
薄肉と厚肉	286
シェル メッシュの色	288
メッシュ方向の変更	289
シェル要素の整列	290
シェルの厚みを 3D でレンダリング	291
対称拘束付加	294
結果の比較	298
計算負荷	298
ケース スタディ : 梁受金物	299
プロジェクトの説明	299
収束診断プロット	305
まとめ	306
質問	307
演習 14: ブラケット	308
演習 15: 外側面 / 内側面を使用するシェル メッシュ	314
演習 16: エッジ溶接結合	318
演習 17: 容器のハンドル溶接	326

**Lesson 8:****シェルと固体の混在メッシュ**

目標	327
固体とシェルの混在メッシュ	328
シェルと固体のボンド	329
混在メッシュ : サポートされる解析タイプ	329
ケース スタディ : 圧力容器	329
プロジェクトの説明	330
アセンブリの解析	330
モデルの準備	331
材料	334
鋼鉄の識別システム	334
UNS インデックス	334
他のインデックス	334
体積弾性係数とせん断弾性係数	335
シェル間のボンド	337
シェル - 固体間のボンド	338
メッシュ診断	341
小さいフィーチャーのメッシュ作成	341
増分メッシュ	342
まとめ	347
質問	347
演習 18: 混在メッシュ解析	348
シミュレーション評価	353
まとめ	354

**Lesson 9:****梁要素 - コンベヤ フレームの解析**

目標	355
プロジェクトの説明	356
要素選択	356
梁要素	356



トラス要素	356
作業手順	356
細長比	358
断面特性	358
ジョイントの結合と非結合	359
梁ジョイントを定義する球体直径	360
梁ジョイント：位置	360
梁ジョイントのタイプ	360
梁プロファイルのレンダリング	363
梁の応力成分	364
断面の第1および第2方向	364
曲げモーメントとせん断力の図表	367
まとめ	372
質問	372
<b>Lesson 10:</b>	
<b>固体、梁およびシェルの混在メッシュ</b>	
目標	373
混在メッシュ	374
ケース スタディ：粉体分離器	374
プロジェクトの説明	374
作業手順	374
梁メッシュ	377
梁のインプリント	383
まとめ	385
演習 19: キャビネット	386
演習 20: フレーム剛性	396
<b>Lesson 11:</b>	
<b>デザイン スタディ</b>	
目標	397
デザイン スタディ	398
ケース スタディ：サスペンション設計	398
プロジェクトの説明	398
作業手順	398
パート 1：複数の荷重条件	398
デザイン スタディ	400
パラメータ	400
デザイン スタディの結果	405
デザイン スタディのオプション	406
パート 2：ジオメトリの変更	408
デザイン スタディのグラフ	411
まとめ	413
演習 21: デザイン スタディ	414
<b>Lesson 12:</b>	
<b>熱応力解析</b>	
目標	421
熱応力解析	422
ケース スタディ：バイメタル ストリップ	422
プロジェクトの説明	422
材料特性	423
温度と圧力のインポート	429

モデルを変形形状で保存する	436
まとめ	437
<b>Lesson 13:</b>	
<b>アダプティブ メッシュ</b>	
目標	439
アダプティブ メッシュ	440
ケース スタディ: 支持ブラケット	440
プロジェクトの説明	440
ジオメトリの準備	441
アダプティブ h-法による解析	444
アダプティブ h-法オプション	445
アダプティブ h-法のプロット	448
収束グラフ	448
アダプティブ h-法のレビュー	449
ひずみエネルギー誤差は、応力誤差ではない	450
アダプティブ p-法による解析	451
アダプティブ p-法	451
h-要素と p-要素	453
解析手法の比較	456
h-要素と p-要素—まとめ	457
どちらの解析手法がよいか?	458
まとめ	458
<b>Lesson 14:</b>	
<b>大変位解析</b>	
目標	459
微小変位解析と大変位解析	460
ケース スタディ: クランプ	461
プロジェクトの説明	461
パート 1: 微小変位線形解析	461
結果の検証	463
微小変位解析および大変位解析における接触	463
パート 2: 大変位非線形解析	464
永久変形	467
SOLIDWORKS Simulation Premium	467
まとめ	468
質問:	468
<b>付録 A:</b>	
<b>メッシュ作成、ソルバ、 ヒントとテクニック</b>	
メッシュ作成の方法	470
ジオメトリの準備	471
デフィーチャー	471
理想化	472
クリーンアップ	472
メッシュ品質	473
アスペクト比チェック	473
ヤコビアンチェック	474
メッシュ コントロール	476
ソリッドの自動トライアル	478
メッシュ作成のステージ	478

メッシュ診断.....	479
部品のメッシュ作成のヒント .....	480
アセンブリのメッシュ作成のヒント .....	480
シェル要素の使い方のヒント .....	481
メッシュ作成におけるハードウェア上の考慮.....	482
SOLIDWORKS Simulation のソルバ.....	483
ソルバの選択.....	484
FFEPlus .....	485
Intel 直接スパースソルバ .....	485
大規模な問題の直接スパースソルバ .....	485
電子メール通知設定.....	486
<b>付録 B:</b>	
<b>カスタマーヘルプとサポート</b>	
カスタマーヘルプとサポート.....	488
質問 :.....	490