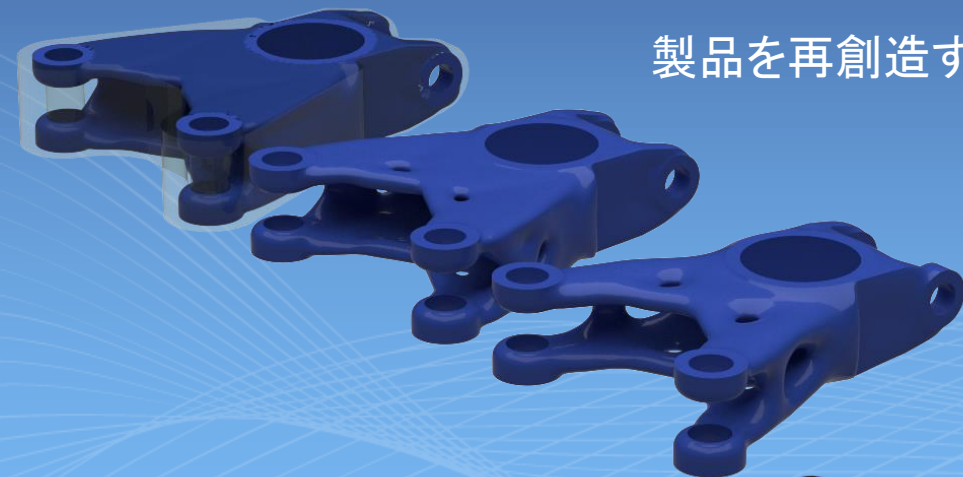


# シーメンスPLMソフトウェア、 NXでジェネレーティブ・デザイン 技術を推進

製品を再創造する



**CIMdata**<sup>®</sup> |

Global Leaders in PLM Consulting  
[www.CIMdata.com](http://www.CIMdata.com)

# 重要なポイント

## 知っておく必要のあるポイント

### 重要なポイント1

ジェネレーティブ・デザイン技術は、要件を製品のジオメトリと設計に変換するために、アルゴリズム的な方法を使用しています。

### 重要なポイント2

ジェネレーティブ・デザインは、最初にジオメトリを作成してから検証するのではなく、要件と制約から予め最適化された製品設計を作成するためのツールとテクノロジーです。それはエンジニアと製品設計者に、より多くのオプションを探索し、より短い時間で最良の設計を見つけるための手段を与えます。NXは、設計者やエンジニアがより効率的に要件を満たす設計を生み出すために、ジェネレーティブ・デザイン・ワークフローを可能にするトポロジーの最適化、ファセット / メッシュ・モデリング、ルールベースのCAD、および高度なフリーフォーム形状作成などの統合ツールを提供します。

### 重要なポイント3

ジェネレーティブ・デザインは、構想設計から製造までのワークフロー・アプローチが必要です。シーメンスPLMソフトウェアのコンバージェント・モデリング技術は、モデリングから3Dプリントまでの全ワークフローの基礎となっています。

### 重要なポイント4

今日のジェネレーティブ・デザインの導入は、設計要件を完全に満たすモデル・ジオメトリの自動作成というビジョンに向けた、最初のステップです。

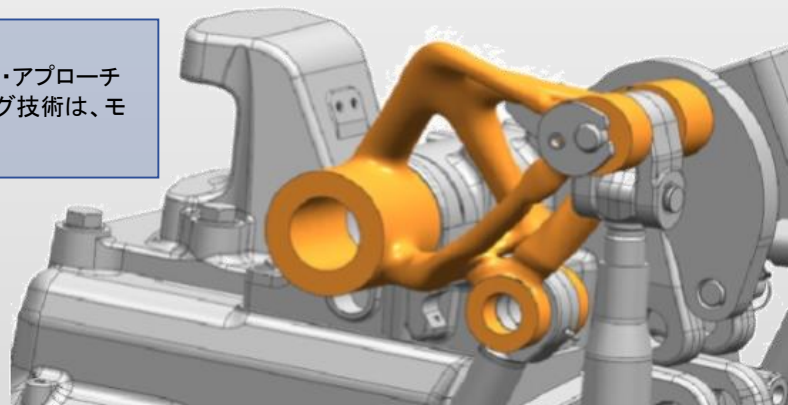


Image courtesy of Siemens PLM Software

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ



重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

## 製品を再創造するためのイノベーションを可能にする

### 新しい設計方法

設計技術における最近の進歩は、これまでにない形状と形態による製品の再創造が可能となりとなり、製品開発全体で新しいレベルのイノベーションが推進されています。このような新しい方法は、ジェネレーティブ・デザインと呼ばれています。

### ジェネレーティブ・デザイン

従来の方法は、「まずモデルを作成、そして解析」の繰り返しでしたが、ジェネレーティブ・デザインでは、製品設計者はまず最初に必要な設計空間（またはバウンディングボリューム）と設計目標（最軽量化など）を明確にします。形状制限は、材料およびコストの制約などの非形状パラメータの追加値とともに識別されます。ソフトウェア・アルゴリズムは、定義されたすべての制約に基づいて最適な解を求めるために、多数の形状モデルの並べ替えを自動的に繰り返す、という作業をします。

### 反復プロセス

繰り返しの各ステップにおいて、最適化アルゴリズムは、以前の結果から設計がその目標に向かって改善しているかどうかを調べ、指定された目標が達成されるまで実行し、次の反復への適切なモデル補正を行います。

### ジェネレーティブ・デザインの例

ある種のジェネレーティブ・デザイン手法は、トポロジーの最適化、形状最適化、製造最適化、さらには、ルール駆動型パラメトリックCAD技術さえも含んでいます。

自然界に存在する形状に似せることができることから、「オーガニック」とも呼ばれるこれらの最適化設計は、従来の設計方法では実現できず、また従来のサブトラクティブ・マニファチャリング手法（切削加工）を使用して製造することもできません。そのような設計を活用できる企業は、そうでない企業の脅威となり、立場が逆転する可能性もあるでしょう。

ジェネレーティブ・デザインのアプローチは、従来の方法と比べ、より多くの設計案を探索する機会を製品開発者に提供します。ただし、今日のCADソリューションでは、トポロジーの最適化手法を含むジェネレーティブ・デザインで作成されたジオメトリがファセット・モデルの形態であるため、それを受け入れることができない場合があります。ほとんどのCADシステムは、ファセット・ジオメトリを修正できないのです。

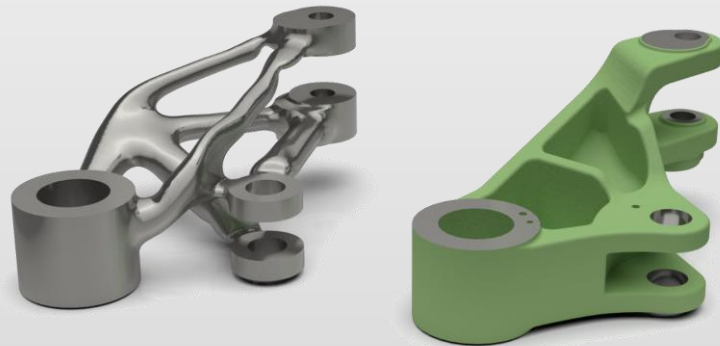


Image courtesy of Siemens PLM Software

## シミュレーション主導型の設計

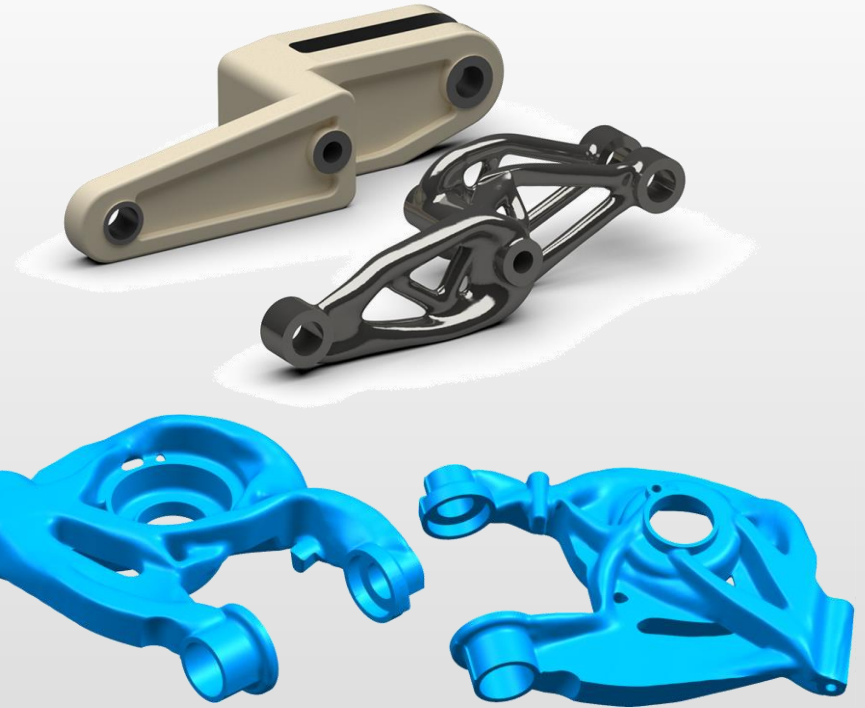
### ジェネレーティブ・デザインの定義

ソフトウェア・ソリューション・プロバイダー各社が、それぞれに異なる定義を提唱しているため、ジェネレーティブ・デザインを一言で説明することは困難です。CIMdataは、ジェネレーティブ・デザインを、「性能要件を考慮し、最小コストや重量などの目的に合わせて最適化する物理ベースのシミュレーションおよびその他の解析方法を使用した製品形状や構成を決定するプロセス、またはツールのセット」として定義しています。

### 従来の設計手法との違い

ジェネレーティブ・デザインは、設計と解析の反復のためのアルゴリズム・プロセスが、製品モデルを評価して改めるという点で、従来の方法とは異なります。最適化プロセスが開始されると、人の関与は不要です。

ジェネレーティブ・デザインの起源はメカ設計にあります。その技術は、電気または電子設計のような他の分野にも拡張することができます。



Images courtesy of Siemens PLM Software

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ



# トポロジーの最適化

## より軽量でより堅牢に

### トポロジーの最適化の定義

最も認知されているジェネレーティブ・デザイン・プロセスはトポロジーの最適化です。荷重・負荷、境界条件、拘束など、特定の機能要件群に対して特定の設計空間内の材料レイアウトを最適化します。

一般的に、最適化の目的は、モデルの構造的強度を満たすと同時にモデルの質量を最小限に抑え、それによってモデルの重量を減らし、材料を節約することです。

### 収益性を向上させる

ジェネレーティブ・デザイン手法は、迅速な意思決定を促進します。いったん初期設定を行うと、ジェネレーティブ・デザインは人手を介さずに行われます。与えられた一連の条件により、設計者は、従来の設計手法でかかった時間よりもはるかに短い時間で、より多くの実験を行うことができます。プロセスを容易にするために、シーメンスPLMソフトウェアのHEEDSを使用して設計を試すために入力パラメーターを変えることもできます。

トポロジーの最適化は材料の使用を削減します。このアプローチでは、材料の無駄とコストを削減する製品要件を満たす、必要な量の材料だけで製造可能なモデルを生成します。

### 生産を変革する

製造業者は、トポロジーの最適化をアディティブ・マニュファクチャリングと組み合わせることで、中リアの方法では構築することが不可能な複雑な形状を作り出すことが可能になります。この組み合わせにより、試作品と完成品の両方の生産がスピードアップします。

さらに、トポロジー最適化 / アディティブ・マニュファクチャリングの組み合わせは、より少ない材料の使用に加え、高価な装置や工具を使用する必要を排除することで、コスト削減を可能にします。



Images courtesy of Siemens PLM Software

重要なポイント

はじめ

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ



# ワークフローおよび設計空間

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

## 問題を切り分ける

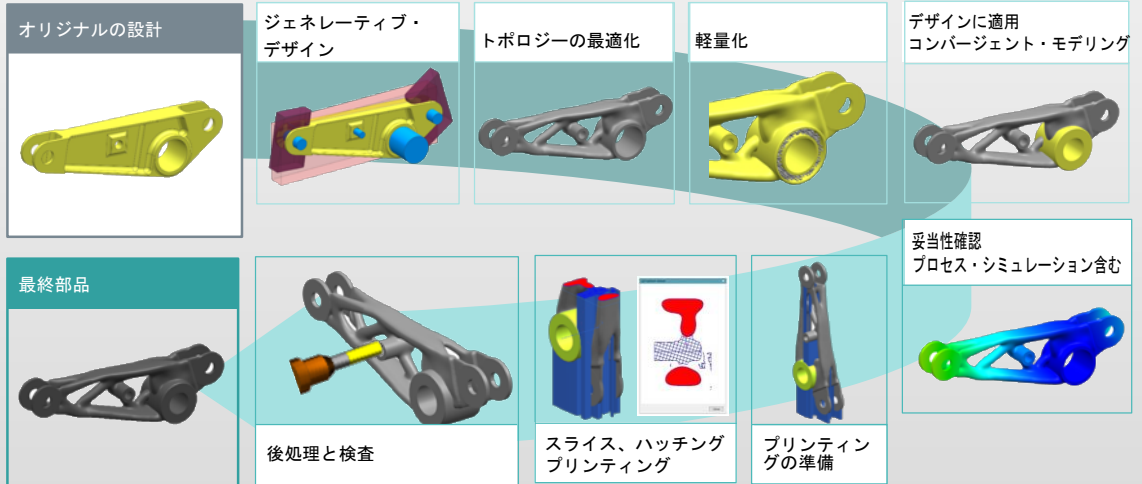
### ワークフロー

ワークフローは、最適化の対象部品を特定することから始まります。設計者は、荷重・負荷、制約、および目標を設定することによって、ジェネレーティブ・デザインを設定します。トポロジーの最適化が実行されると、設計者は、軽量化格子構造の追加、最終解析検証の実行、3Dプリンターへの支持構造の設定、そして最終3Dプリントを実行など、必要に応じて正確なジオメトリを編集することで、部品モデルを完成させます。

### 設計スペース

重要なステップの1つは、ワークフローの初期の段階で発生します。それは、構成部品またはアセンブリーの設計空間に境界を設けることで、トポロジー最適化のアルゴリズムのベースを作ることです。設計者は、結果として得られる最適化されたジオメトリを制限する必要があるスペースの容量を指定します。さらに、設計者は、特定の禁止領域、荷重・負荷、材料タイプなどその他の関連情報を追加します。

## 設計と製造トポロジー最適化のワークフロー



Courtesy of Siemens PLM Software



重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

## 多面的で正確なブレンド

### CAD ジオメトリ

従来のCADソリューションは、正確なジオメトリに基づいて構築された基盤を持っています。あらゆる産業分野での製品開発は、品質管理のための厳しい公差に注意を払いながら、長い間簡潔な形状定義に依存してきました。市場の大多数のCADソリューションでは、トポロジー最適化アルゴリズムの出力であるファセットジオメトリデータを処理できないため、製品設計者は窮地に陥っています。

### コンバージェント・モデリング

シーメンスPLMソフトウェアは、自社のNX CADソリューションの基盤となっているParasolidジオメトリ・カーネル内の拡張機能を利用して、ジェネレーティブ・デザインを実現しています。Parasolidは、NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline) を使用した正確なジオメトリ、的確な分析関数、およびメッシュ / 平面ファセット / ジオメトリの混在・組み合わせをサポートします。シーメンスでは、これらをコンバージェントモデリング (Convergent Modeling™) と呼んでいます。ジェネレーティブ・デザインのアルゴリズムは、NX内で修正できるメッシュ・ジオメトリを生成し、設計者が解析を必要とせずに、トポロジーの最適化を実行できるようにしています。また、下流の多く設計機能がファセット・ジオメトリで動作するように、積極的に機能を更新しています。

## 正確なジオメトリとファセット・ジオメトリの組み合わせ

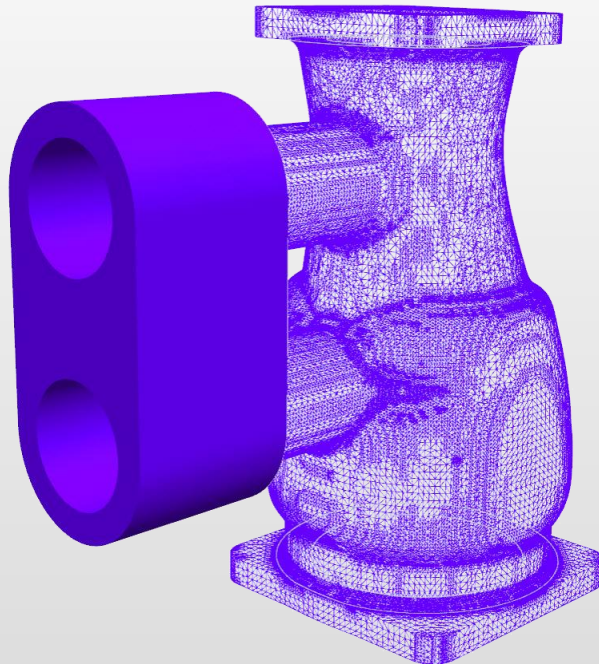


Image courtesy of Siemens PLM Software

# 設計に適用する

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

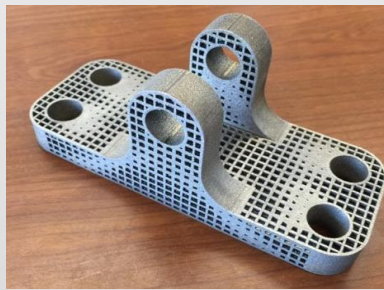
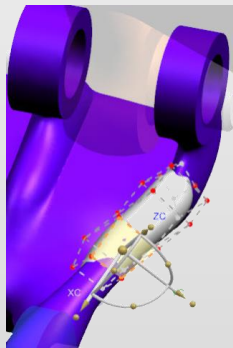
## モデル編集と軽量化

### モデル編集

コンバージェント・モデリングの実用的な利点は、設計者にとってなじみのある編集機能を使用し、ファセット・ジオメトリをNXの正確なジオメトリと同等にランク付けできることです。製品設計者は、フィレットを追加したり、穴を開けたり、製品モデルの完成に役立つ編集などを簡単に行うことができます。

### アディティブ・マニファクチャリングのための設計

軽量化または製品質量の削減は、重量の軽減に使用されるすべてのプロセスを表します。ファセット・ジオメトリによって定義されたラティスの使用は、そのような手法の1つとして、増大しています。



Images courtesy of Siemens PLM Software

3Dプリンティングの活用が増え、注目を集めています。精巧なラティス構造を有する製品を製造する能力は、従来の製造技術を使用しても事実上不可能です。そのような構造は、3Dプリンティングによってのみ可能で、重量と材料消費量を減らすと同時に、コンポーネントを強化するために使用される入り組んだ複雑な幾何学的構造なので。

ユーザーは、選択ツールを使用して、ラティス構造にしたい部分とその外観と密度を指定します。それらは多くの異なるラティス・セルタイプから選択することができ、セル端部の長さやロッドの直径、そして配置や配向を選ぶことができます。ラティスはアディティブ・マニファクチャリングによって製造され、構造的に一体化された製品設計を実現し、最終製品に使用される材料の量を減らし、ひいては重量を削減します。

3Dプリンティングへの設計の妥当性を確認することは、アディティブ・マニファクチャリングのためのコストのかかる部品の再設計を排除することができる、プロセスの重要なステップです。NXの統合された機能により、設計者は、製造に設計情報がリリースされるかなり前に、プリンティング可能かどうかを知ることができるため、時間を節約し、効率化が図れます。部品がプリンターに対してに大きすぎないか、追加のサポートが必要か、壁の厚さはどうか、部品の中の欠落した部分があるかなどのチェックもできます。

- Body Centered Cubic (BCC)
- Face Centered Cubic (FCC)
- Edge of Face Centered Cubic (EDGE)



BCC



FCC



EDGE

- Octahedral (OCTA)
- FCC + OCTA (OCTET)
- BCC + EDGE (BCCUB)



OCTA



OCTET



BCCUB

- FCC + EDGE (FCCUB)
- BCC + FCC (BC-FC)
- BCC + FCC + EDGE (BFECB)



FCCUB



BC-FC



BFECB





# 妥当性確認

## 結果をシミュレーションする

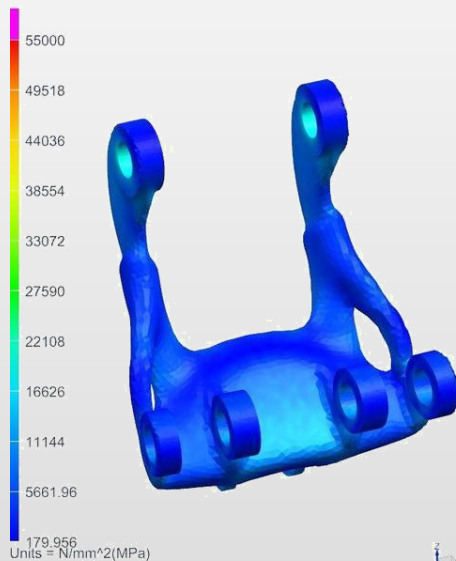
### 従来の設計プロセスに従う

トポロジーが最適化されたモデルを設計者が入手し、必要な編集を行ったら、当初の部品の設計要件に対する評価を行うため、部品の最終的な分析が行われます。

トポロジーの最適化の目的は、例えば、モデルの質量を最小にしながモデルの指定された構造強度目標を満たすことであるので、最終結果は、適切に評価・記録されるべきです。

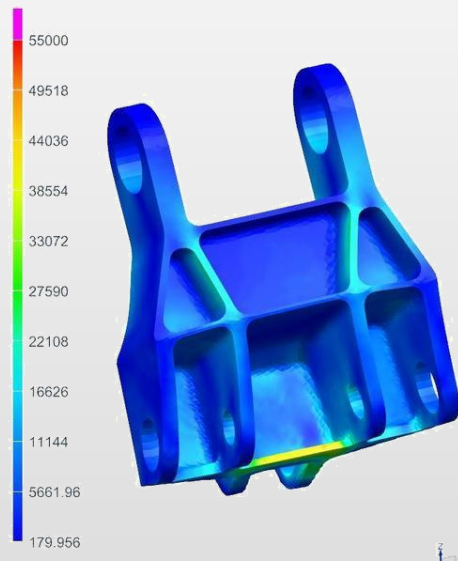
設計者がトポロジーの最適化の結果に合わせてジオメトリを編集した場合、剛性と耐久性について、物理学的で精巧な最終シミュレーションが特に重要です。シーメンスPLMソフトウェアの製品は、それを、単一の解析入力データで実行できます。

topoptonly\_fem1\_sim1 : Solution 1 Result  
Subcase - Static Loads 1, Static Step 1  
Stress - Elemental, Averaged, Von-Mises  
Min : 179.956, Max : 94362.2, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)

Imported Result : original\_scaled\_fem1\_sim1\_solution\_1  
SUBCASE - STATIC LOADS 1  
Stress - Elemental, Averaged, Von-Mises  
Min : 36.6803, Max : 50029, Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)  
Deformation : Displacement - Nodal Magnitude



Units = N/mm<sup>2</sup>(MPa)

Courtesy of Siemens PLM Software

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ



# プリンティングの準備

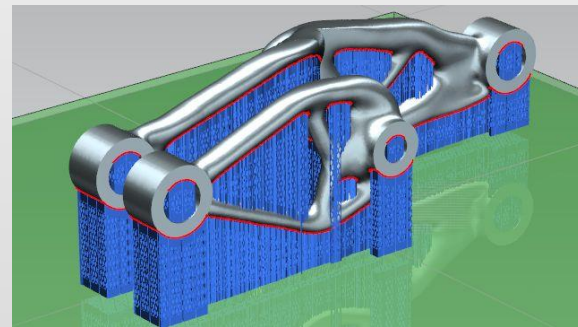
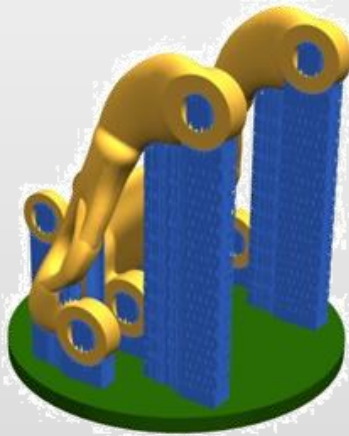
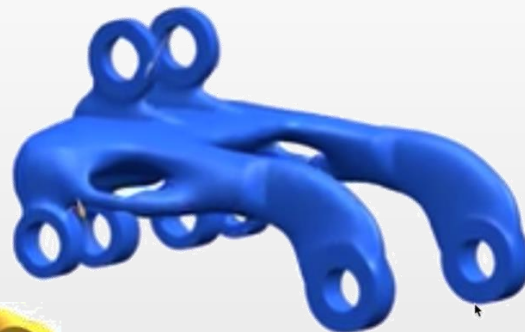
## 製造に向けた設定を迅速化する

### 幅広いハードウェアを使用してプリントする

3Dプリントされる部品は、新しいレイヤーごとに重ね合わされ製造されるため、新規のレイヤーは、その下にくるレイヤーが必要です。どの3Dプリンティング技術を使用するかと、どのくらい部品モデルが複雑かによって、支持構造が必要になる場合があります。これらの支持構造の配置とそれらの材料の選択は、3Dプリンティングから良い成果を得るための重要な決断となります。

シーメンスのNXは、プリント準備用統合ソフトウェアに必要とされる事前プリンティングの設定操作のすべてを提供します。特定の3Dプリンターを選択すると、NXは、プリント・プロセスを管理するための設定や構築量を含む、該当のプリンター用のテンプレートが表示されます。

このツールには、部品の位置決め、方向付け、およびネスティング機能が含まれます。さらに、設計者はプリンティング・プロセス中にモデル全体を維持するための支持構造（シーメンスPLMソフトウェアのパートナーであるマテリアライズ社 <Materialise> によって提供）を作成できます。



Images courtesy of Siemens PLM Software

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ



# 3D プリンティング

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

## アディティブ・マニュファクチャリングをサポートする

### ハードウェアの範囲

シーメンスPLMソフトウェアのNXソリューションは、幅広いアディティブ・マニュファクチャリングのハードウェア・プラットフォームをサポートしています。シーメンスは、自社製品をサポートするために、業界の主なハードウェア企業とのパートナーシップを構築しています。CIMdataは、シーメンスが構築した広範なパートナー関係を認知しています。

NXは、さまざまなタイプの3Dプリンターとのインターフェースに使用される3MF (3D Manufacturing Format) およびSTL (STereoLithography) データ規格に対応しています。

金属プリンティングに一般的に使用されている Powder Bed Fusion テクノロジーのプリンターをサポートしているのに加え、シーメンスは、HPと提携してMulti Jet Fusion デバイスをサポートしています。

ハイブリッド型の製造装置もサポートしており、これらの装置は、金属部品の 3Dプリンティングに DMD (Direct Metal Deposition) プロセスを使用しているため、すべて同じデバイス内で、通常のサブトラクティブ・マニファクチャリングも可能にします。それらの多軸性は、使用される堆積経路が平面ではなく 3Dであることを意味しています。



Images courtesy of Siemens PLM Software



# まとめ

重要なポイント

はじめに

ジェネレーティブ・デザイン

トポロジーの最適化

ワークフローと設計スペース

コンバージェント・モデリング

設計への適用

妥当性確認

プリンティングの準備

3D プリンティング

まとめ

## CIMdata の最終的な考え

### 将来の設計に向けたパートナーシップ

ジェネレーティブ・デザインという新しい技術、特にトポロジーの最適化は、製品開発に関わる人々の中で関心を集めています。導入理由の多くは、プロトタイプ、もしくは、1点物の部品用ですが、将来的には、実際の生産現場における利用の例が増えることは確実です。今後数年間かけて、どのような方向に変化が起こるかは不確定です。しかしCIMdataは、シーメンスPLMソフトウェアのNXソリューションがすでに基本的なレベルを設定し、ジェネレーティブ・デザインを採用する同社の顧客をどのような状況においてもサポートしつづけるであろう、と考えています。

NX内でのコンバージェント・モデリングの導入は、そのユーザーにとって、確実に多くの利点をもたらすでしょう。

ジェネレーティブ・デザインの現在のプロセス・ワークフローには、多少の手作業の部分もありますが、シーメンスPLMソフトウェアは今後改善に取り組んでいくことでしょう。

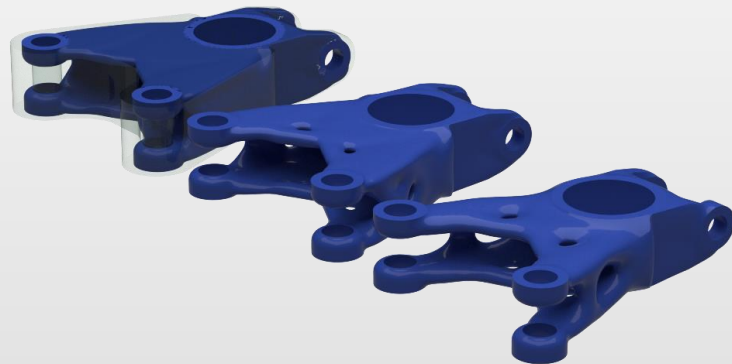


Image courtesy of Siemens PLM Software

# SIEMENS

# CIMdata®

Global Leaders in PLM Consulting  
[www.CIMdata.com](http://www.CIMdata.com)

