

軽量化のための先端材料製造技術

オートデスク株式会社

シミュレーション スペシャリスト

梅山 隆



免責事項

本プレゼンテーションには、当社の現在または新しい製品およびサービスの計画中または将来の開発についての取り組みをご紹介します場合があります。かかる記述は、製品、サービス、または機能の将来的な提供を約束または保証することを意図するものではなく、単に現時点で知り得た事実に基づくオートデスクの現時点での計画を反映しているものです。これらの計画中または将来の開発取り組みは、通知することなく変更されることがあります。従って、購入に関する決定および計画は、今回ご紹介する内容に依存することはできません。

オートデスクは、本内容をご紹介した後日に起こった出来事、もしくは存在または変化した状況を反映して、将来的にご紹介した内容を更新する義務を負いません。ご紹介した後日、再検討された場合、今回ご紹介する内容は最新、あるいは正確ではない可能性があります。

アジェンダ

- 自動車業界マーケットのトレンド
- オートデスクの先端材料製造ソリューション



Image: BMW i3 Electric Vehicle

アジェンダ

- 自動車業界マーケットのトレンド
- オートデスクの先端材料製造ソリューション



Image: BMW i3 Electric Vehicle

燃費とCO₂排出基準

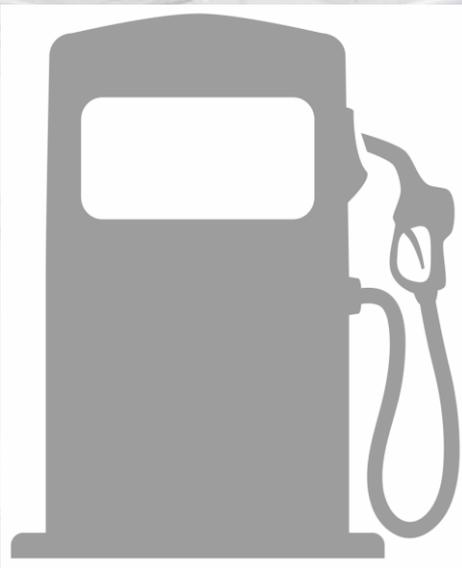
United States

54.5 MPG

Fleet Average by
2025

Corporate Average
Fuel Economy

※約23.2km/L



European Union

95 g/km

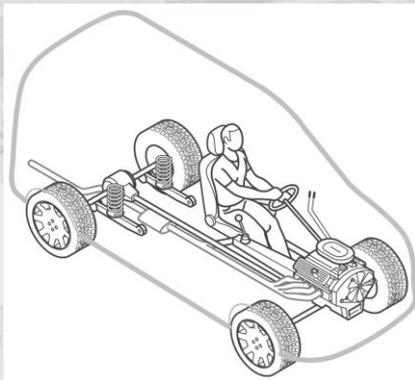
Fleet Average by
2021

CO₂ Emission
Standards

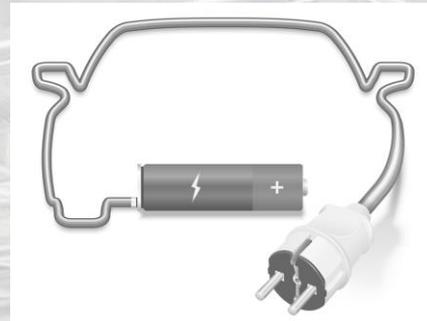
基準への適合方法



車両の軽量化
より軽い金属
プラスチック
複合材



パワートレイン効率
ターボチャージャー
より小さいエンジン
先進的なコントロール



代替エネルギー
ハイブリッド
電気自動車
燃料電池

車両の軽量化

10%



6-7%



車両重量削減

燃費向上予測

1,872kg

2011年モデルの
車両平均重量

1,804kg

2012年モデルの
車両平均重量

Sources: EPA light-duty automotive technology, carbon dioxide emissions, and fuel economy trends: 1975-2013

自動車に利用されている樹脂/複合材

- 典型的な自動車において

樹脂/複合材の体積 : 50%

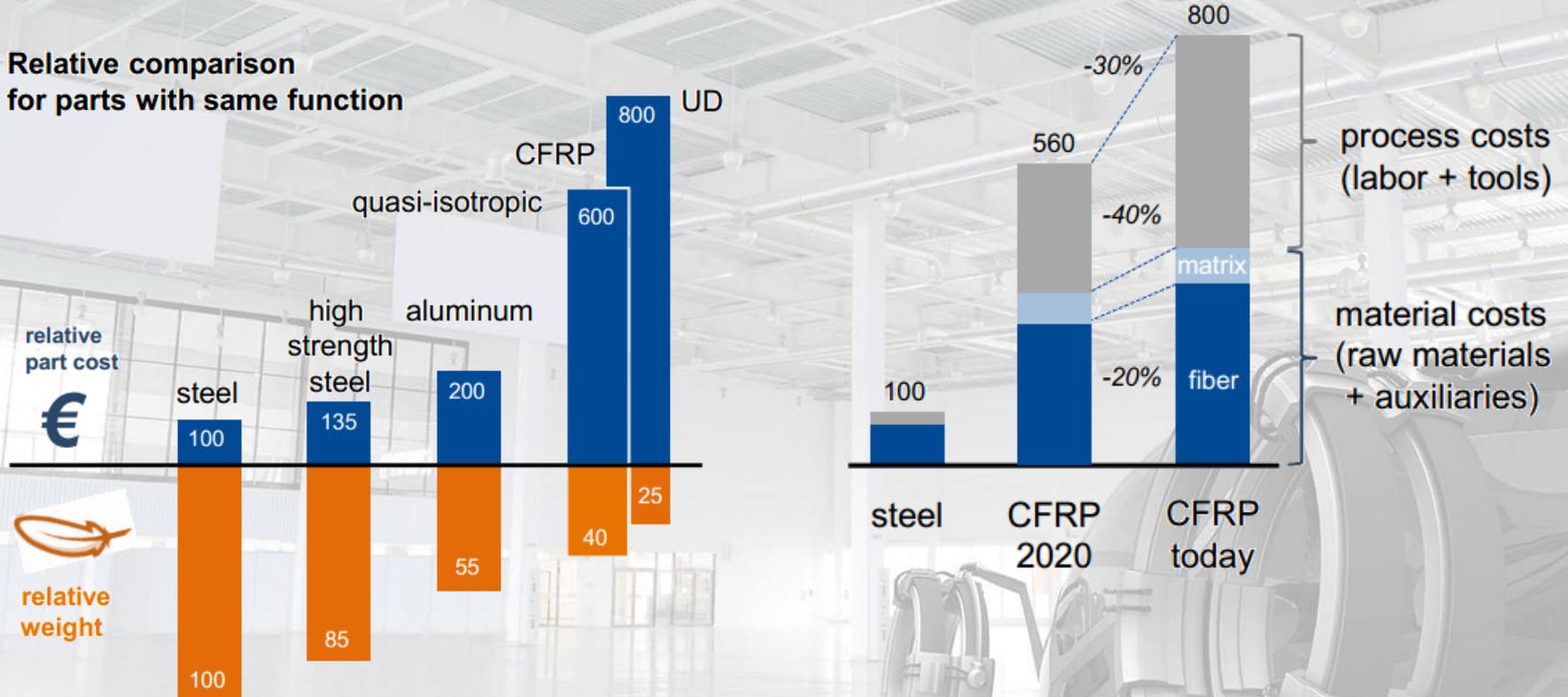
車両重量 : 10%

Source: [American Chemistry Council](#)



複合材vs金属:比較分析

Relative comparison
for parts with same function

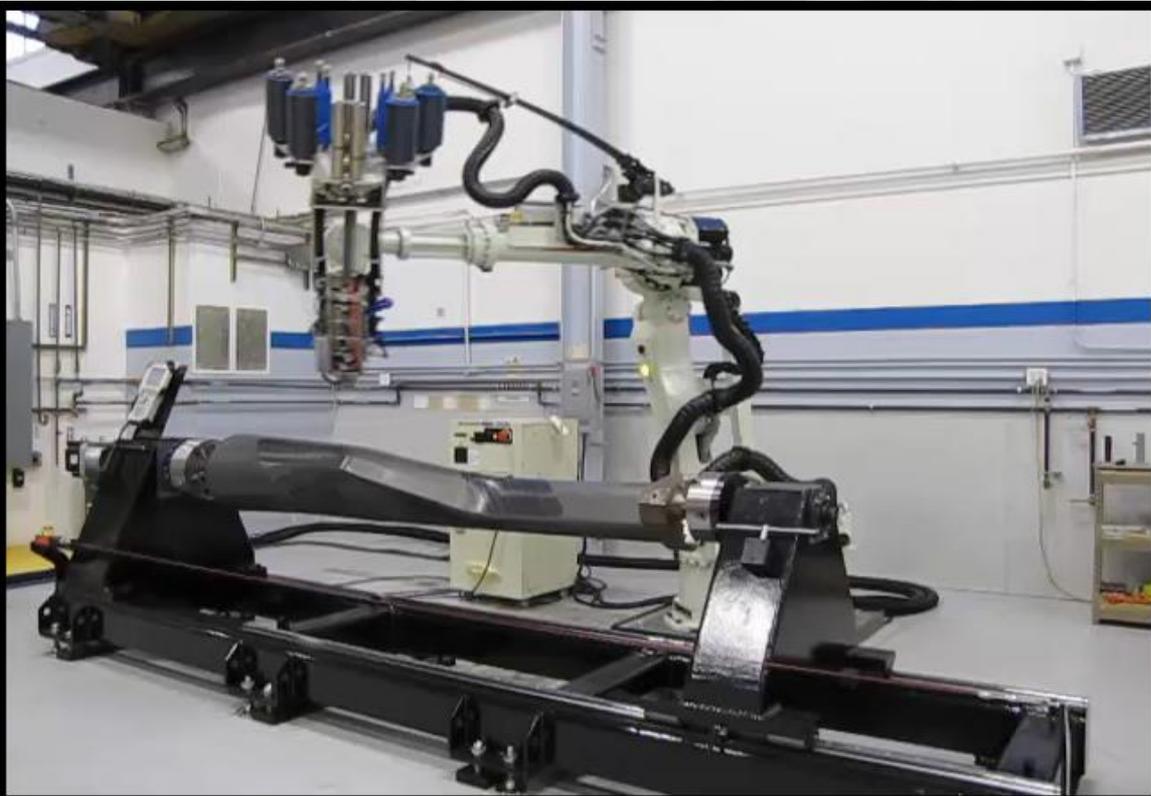


重量およびCO₂排出量の削減に複合材料の利用価値はあるが、製造コストが高い！

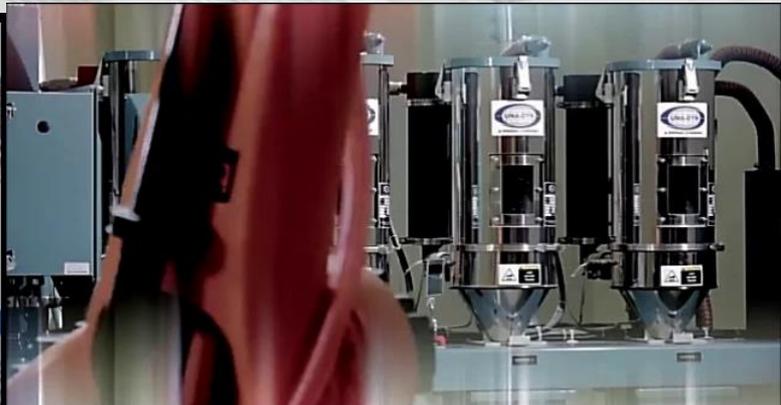
ハンドレイアップによる複合材の製造



自動化による複合材の製造が正しい戦略



Source Automated Dynamics



Electroimpact Proprietary

自動材料成型



アジェンダ

- 自動車業界マーケットのトレンド
- オートデスクの先端材料製造ソリューション



Image: BMW i3 Electric Vehicle

SCSK

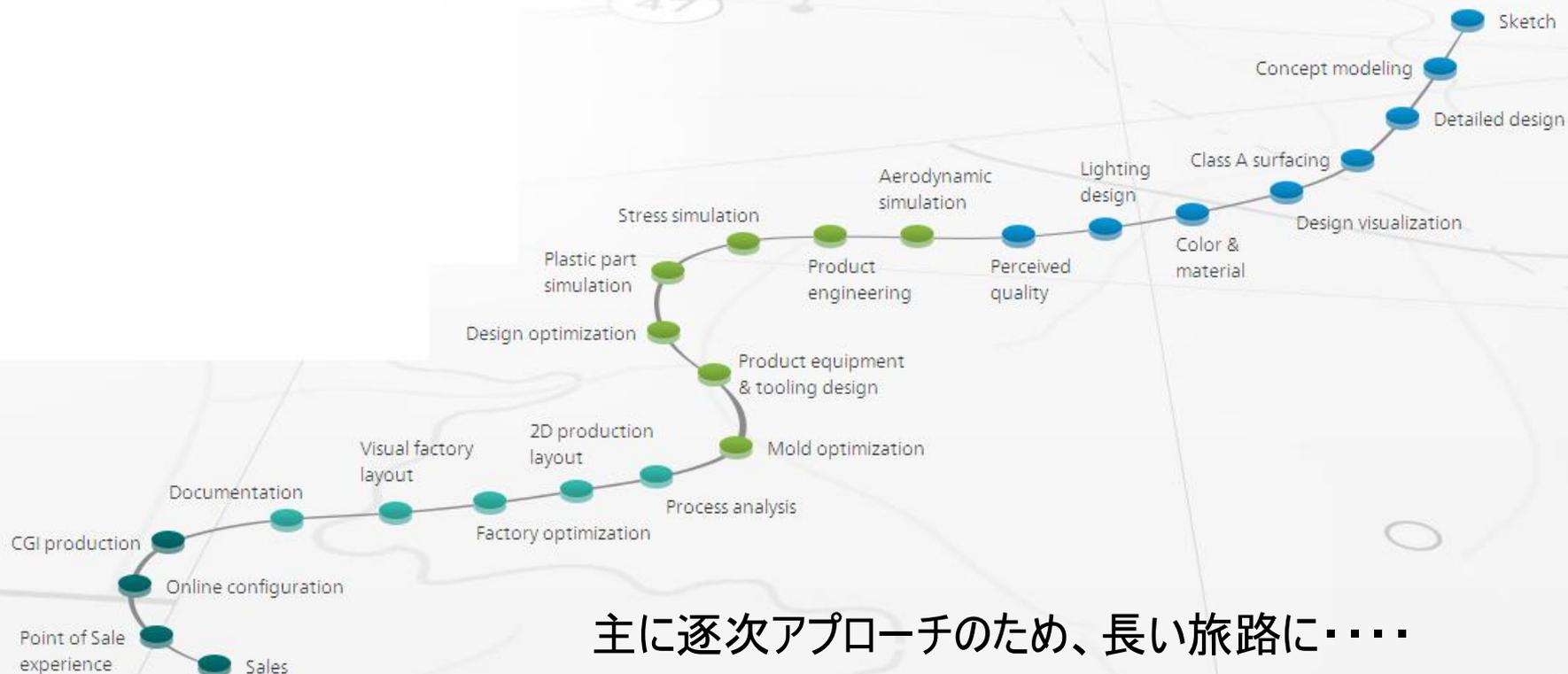
iSiD
IT Solution Innovator



最先端の複合材設計/製造



現状の複合材設計フロー



主に逐次アプローチのため、長い旅路に……

複合材=黒い金属？

- 金属の製造方法に基づいた設計システムを利用
→ 複合材の利点をどのように活用するか の視点が必要



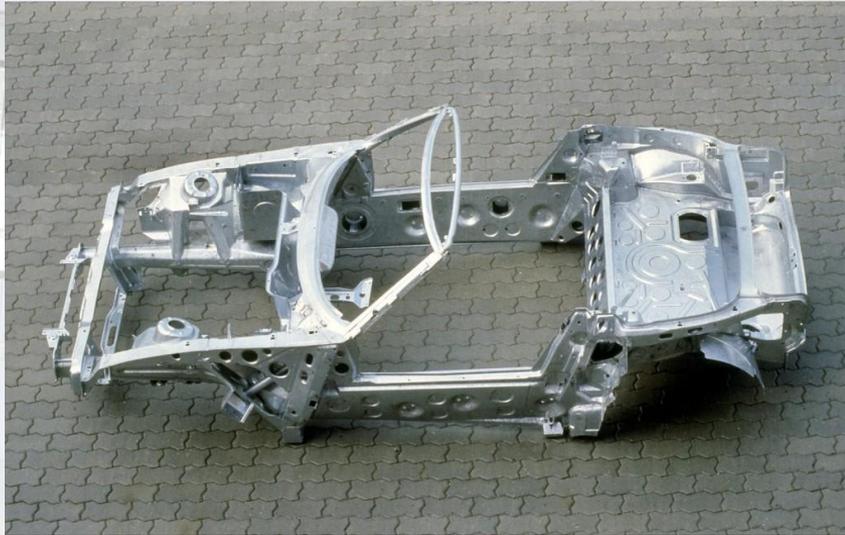
例：ボルト締結されたアルミニウム翼表面



CFRP 翼表面

複合材=黒い金属？

- 現状の自動車デザインフローは複合材に最適化されていますか？
→シミュレーションで複合材設計/製造プロセスを改善可能？



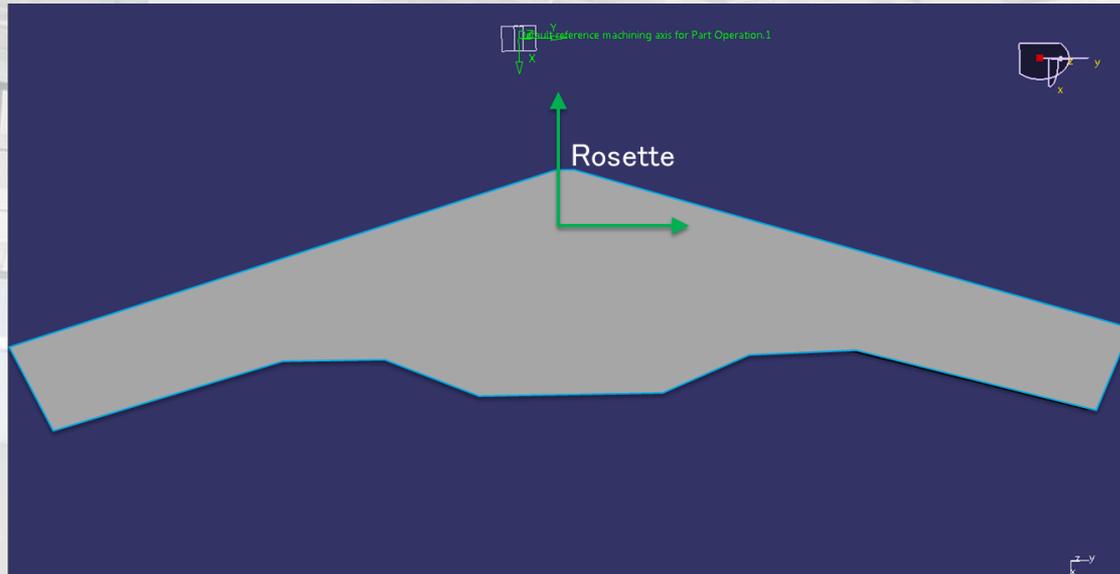
例：アルミニウムモノコック



複合材モノコック

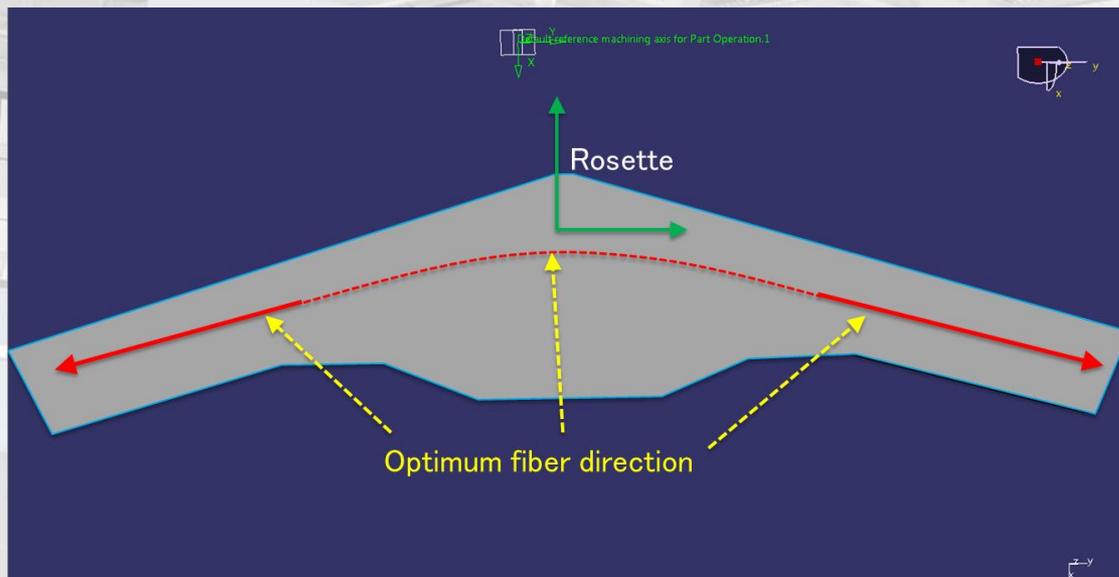
現状の複合材設計

- 従来の製造方法では、繊維配向方向は決められた向きのみ

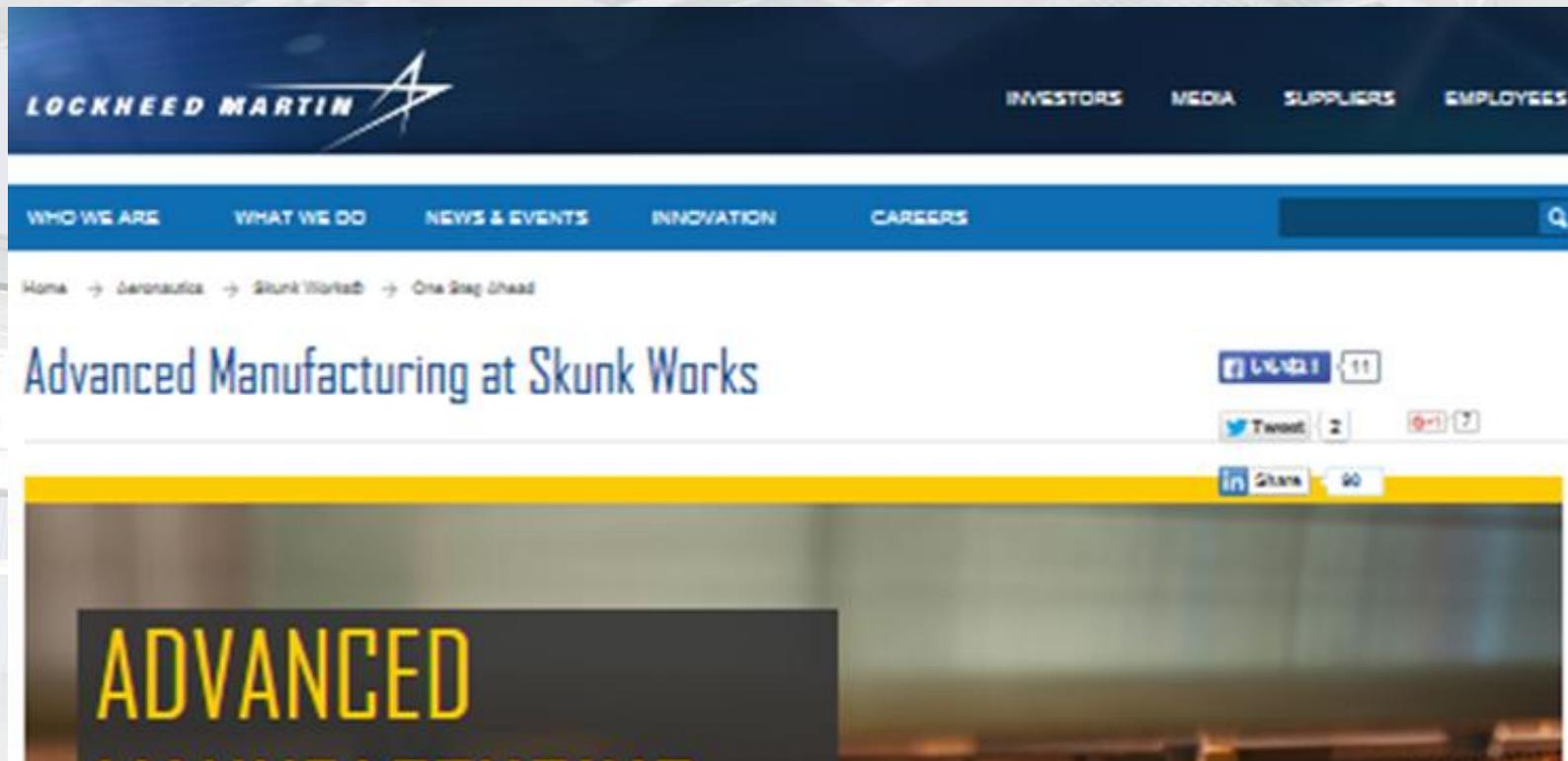


最先端複合材設計

- 最適な繊維配向方向は直線とは限らない
→ 複合材の価値を最大利用



自由な設計を助ける製造の自動化例



Source: <http://www.lockheedmartin.com/us/aeronautics/skunkworks/onestepahead/advanced-manufacturing.html>

SCSK

iSiD
IT Solution Innovator



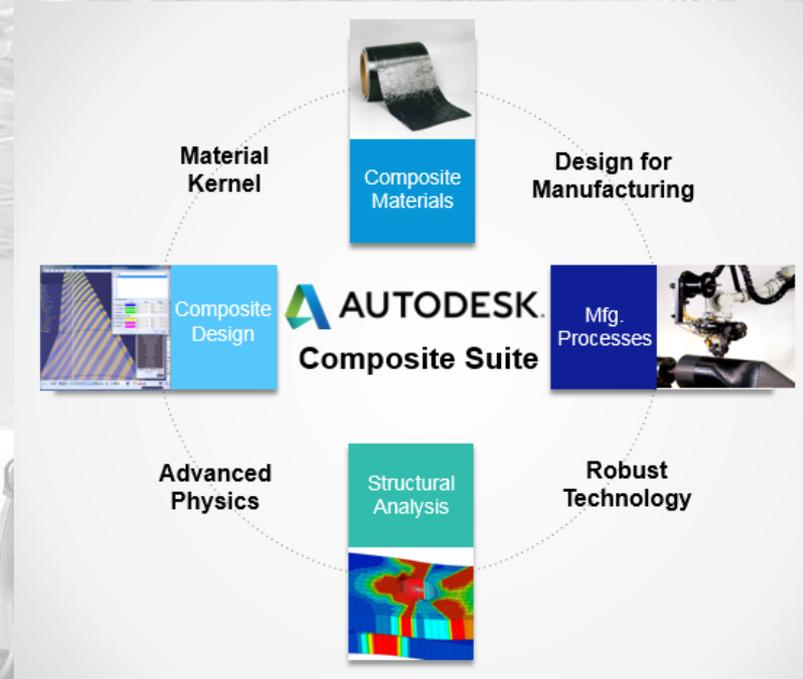
複合材設計/製造

オートデスクのビジョン



オートデスクの複合材設計/製造に対するビジョン

- 包括的なアプローチに基づく革新的なプラットフォーム
- コンカレント設計
- 製造を考慮した設計を可能に
- ジェネレーティブ複合材設計
・・・黒い金属ではない！



オートデスクの戦略

- 戦略的なOEM提携により、要求項目を理解
- 戦略的な材料サプライヤと研究所へのパイロットプログラムの提供
- 製品ポートフォリオの拡大/活用(連携)



新しいテクノロジーへの継続的な投資



2005

2007

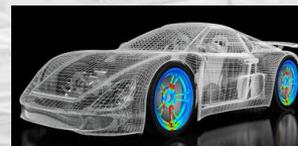
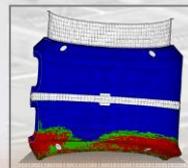
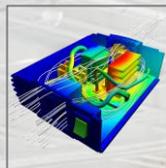
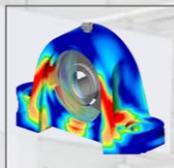
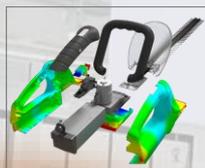
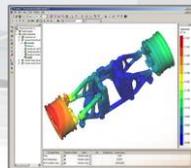
2008

2009

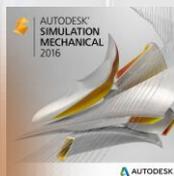
2011

2013

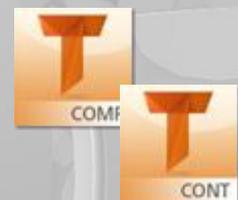
2014



230人+
シミュレーション
開発スタッフ



600億円+
シミュレーション
分野への投資



Autodesk
Product/Factory
Design Suite

Autodesk
Simulation
Mechanical

Autodesk
CFD

Autodesk
Nastran

Autodesk
TruNest
TruLaser

SCSK

iSiD
IT Solution Innovator



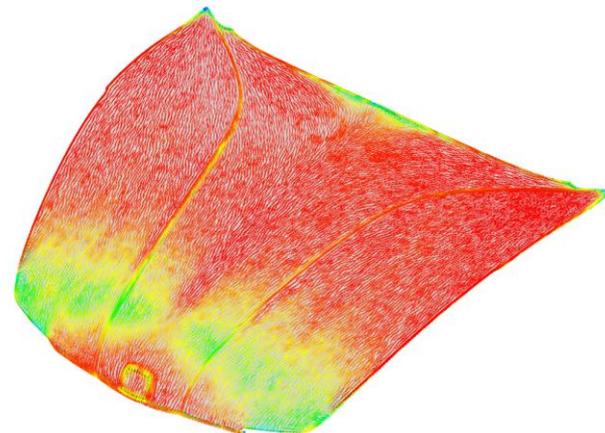
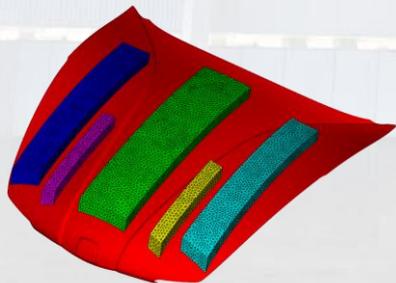
複合材設計/製造

オートデスクのシミュレーション



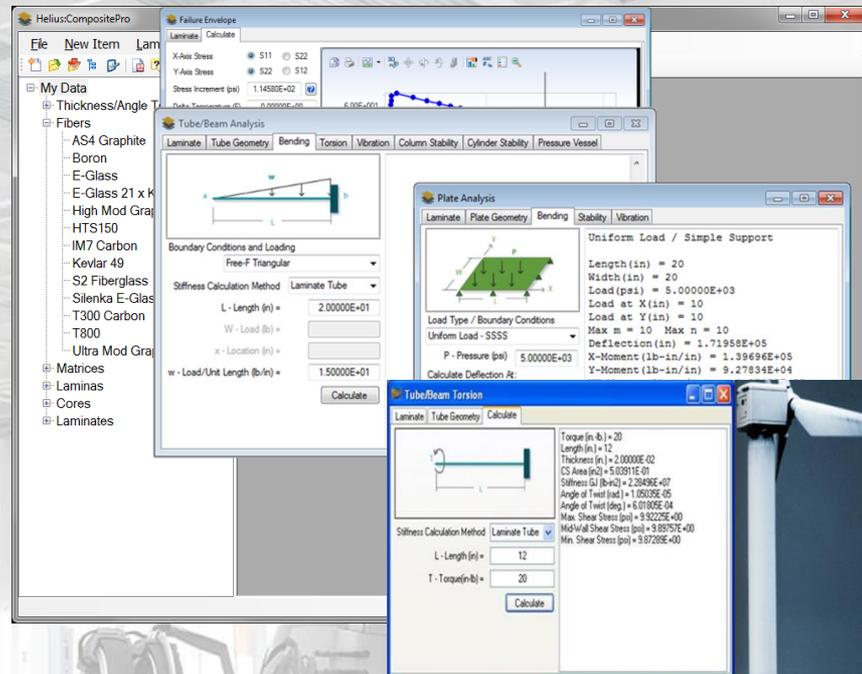
Autodesk Moldflow

- 樹脂の射出成形/圧縮成形のシミュレーション
- 短繊維/長繊維の配向方向を予測
- ガスアシスト成形
- 超臨界発泡成形



Autodesk Heliuss Composite

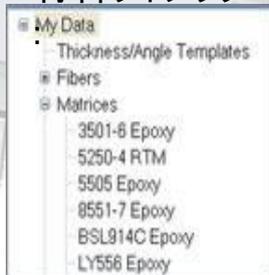
- 複合材料設計用の
エンジニアリングデスクトップツール
- フロントエンド設計と解析ツール
(構造解析実施前 or
構造解析を所有していない人用)
- 単一のインターフェースで
複数の複合材料用
解析ツールを提供
- 費用対効果の高いツール
- 1000社以上の顧客



Autodesk Helius Composite 機能概略

材料解析

材料ライブラリ



微細構造からの薄層



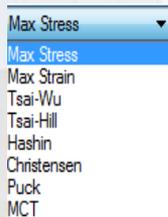
繊維/母材, 薄層 複合材データの入力

積層体解析

等価な積層体物性

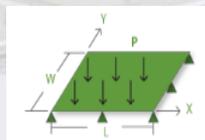
Title	Value
Ex (psi)	1.32512E+07
Ey (psi)	1.76764E+07
Ez (psi)	9.16388E+06
Gxy (psi)	3.28911E+06
Gxz (psi)	3.17308E+06
Gyz (psi)	3.23109E+06
NUxy	1.58603E-01
NUyx	2.11967E-01
NUxz	3.93142E-01
NUzx	2.71878E-01
NUyz	3.67837E-01

積層体応答 安全率 複合材の破損基準

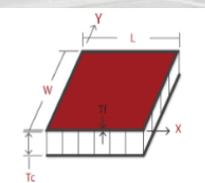


簡易構造解析

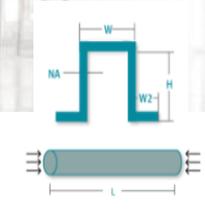
平板解析



積層体解析:



ビーム/チューブ解析

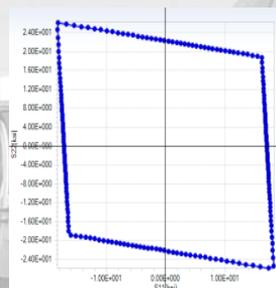


アドバンスド 積層体解析

進行性破損

Inc	SIGMAx (psi)	SIGMAy (psi)	SIGMAz (psi)	EPSILONx (in/in)	EPS
1	2.00000E+03	-1.55431E-13	0.00000E+00	1.54778E-04	-2
2	4.00000E+03	-3.10862E-13	0.00000E+00	3.09557E-04	-4
3	6.00000E+03	-4.66293E-13	0.00000E+00	4.64235E-04	-6
4	8.00000E+03	-6.21725E-13	0.00000E+00	6.19114E-04	-8
5	1.00000E+04	-7.77156E-13	9.86076E-30	7.75828E-04	-1
6	1.20000E+04	-9.32587E-13	4.93036E-30	9.28571E-04	-1
7	1.40000E+04	-1.08797E-12	9.86076E-30	1.08349E-03	-1
8	1.60000E+04	-1.24296E-12	9.86076E-30	1.23827E-03	-1
9	1.80000E+04	-1.39795E-12	6.16298E-31	1.42417E-03	-4
10	2.00000E+04	-1.55112E-12	-3.38954E-30	1.58241E-03	5

破壊包絡線

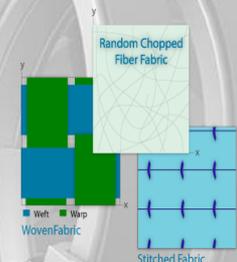


ユーティリティ

薄層/積層体の 構造解析への出力

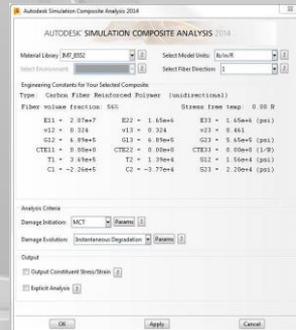
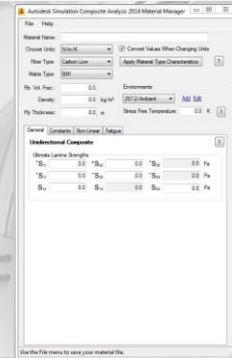
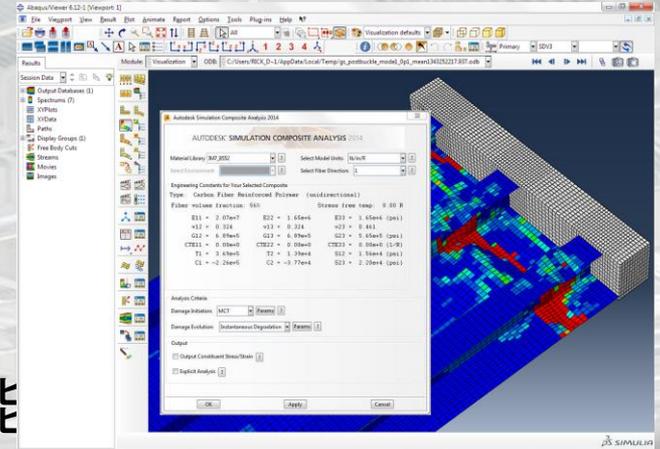


ファブリックビルダー



Autodesk Heliux PFA

- 汎用構造解析のための複合材用の解析機能を提供
- プラグインとしてシームレスに統合
- 損傷を含めた非線形複合材解析が可能
- 効率的に複合材の構成レベルの応力/歪情報を提供
- 簡単な材料特性設定
- Autodesk Moldflow 繊維配向結果から Abaqus/ANSYS に非線形材料物性をマッピング (Advanced Material Exchange)



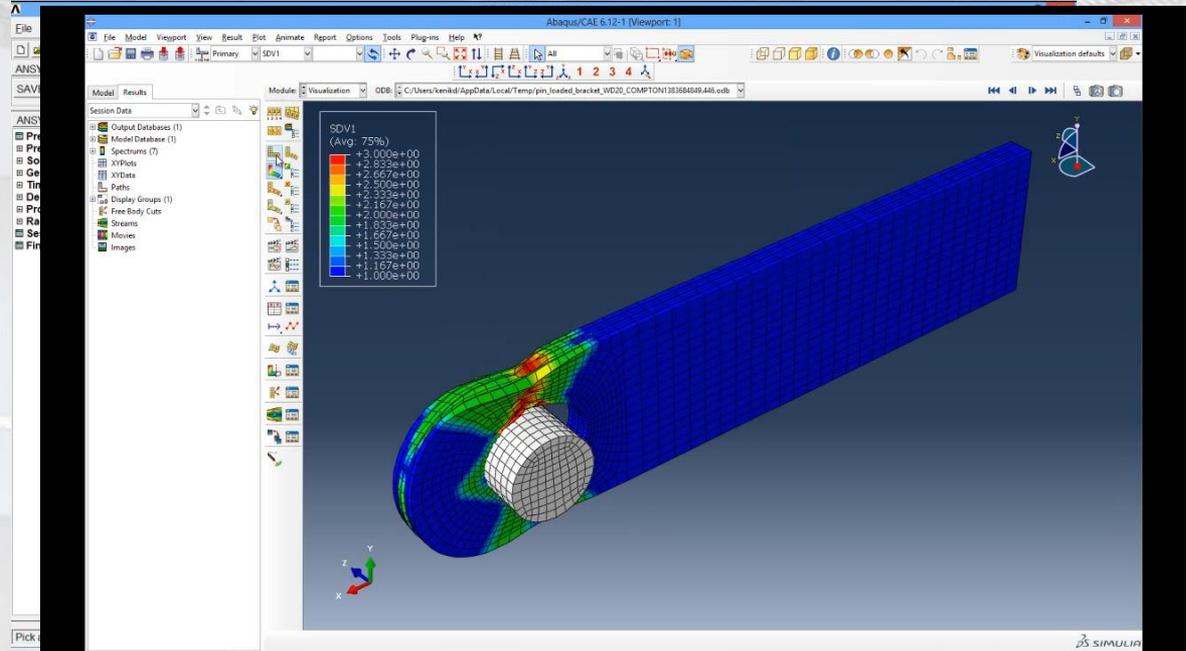
Autodesk Heliu PFAの利点

- 汎用FEA上でアドインとして動作
- 簡易な操作
- 良好な収束

No Failure

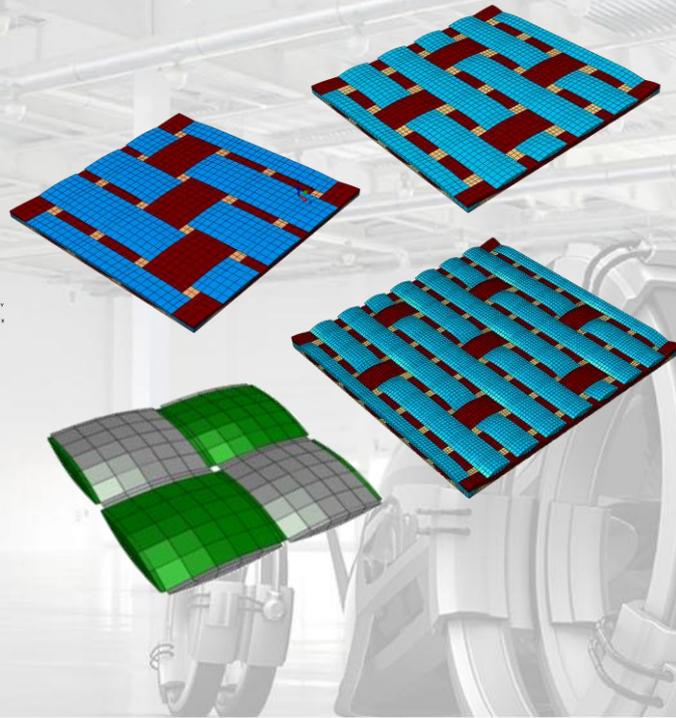
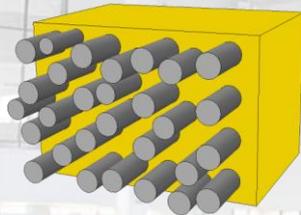
Matrix Failure

Fiber Failure



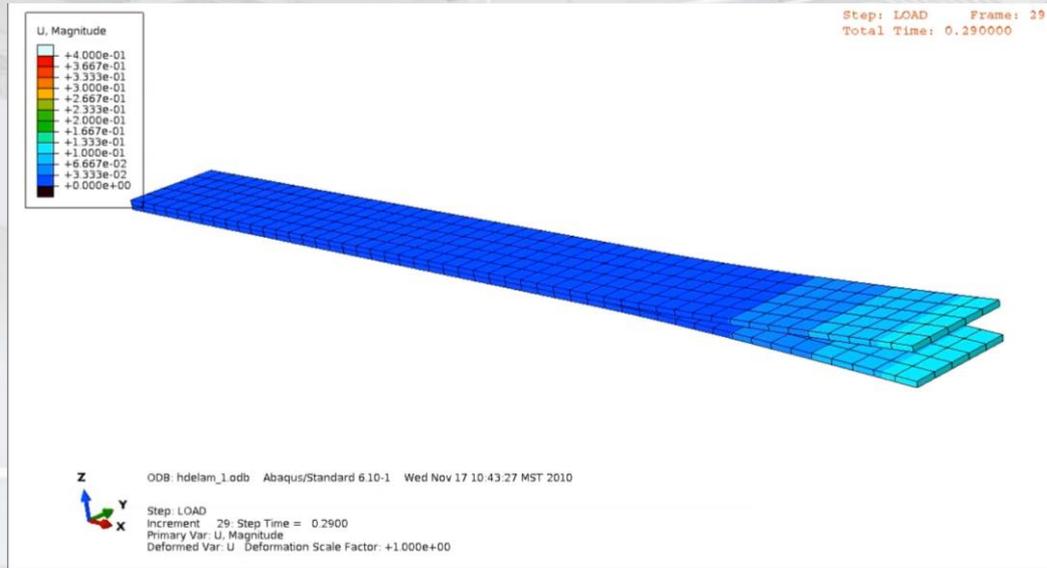
Autodesk Heliux PFAの機能

- 複数の材質



Autodesk Heliuss PFAの機能

- 複数の材質
- 剥離



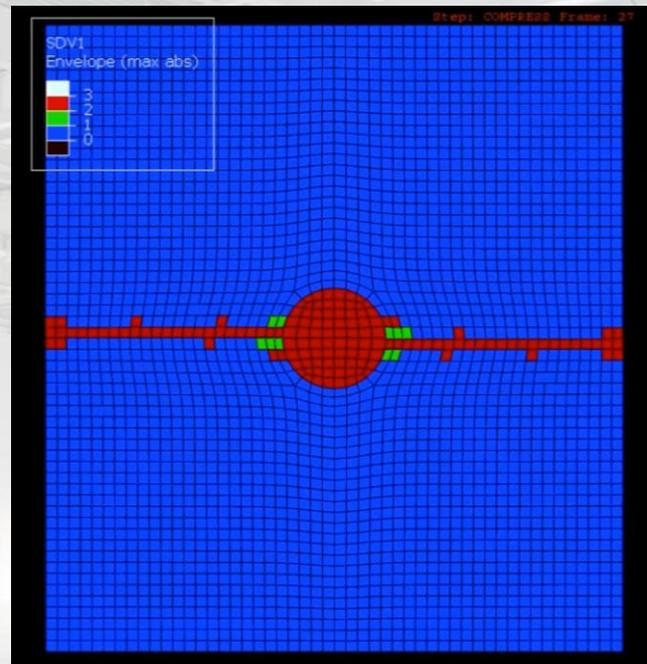
AUTODESK HELIUS PFAの機能

- 複数の材質
- 剥離
- 疲労蓄積
- 衝突解析
- 損傷許容設計

No Failure

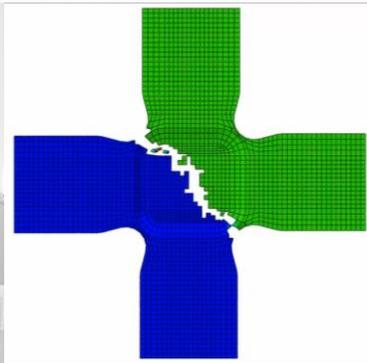
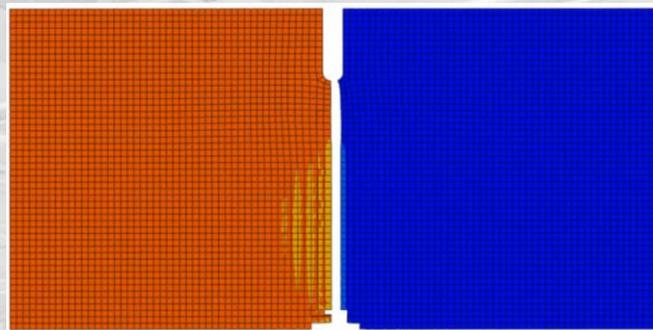
Matrix Failure

Fiber Failure



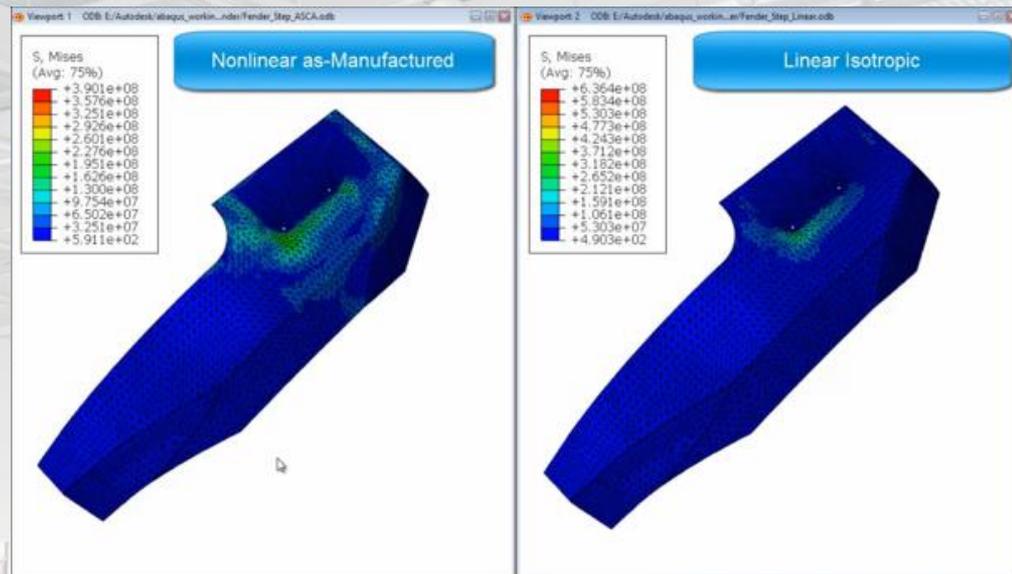
Autodesk Heliuss PFAの機能

- 複数の材質
- 剥離
- 疲労蓄積
- 衝突解析
- 損傷許容設計
- 破損部分の要素除去
(Abaqus)



Autodesk Heliux PFAの機能

- 複数の材質
- 剥離
- 疲労蓄積
- 衝突解析
- 損傷許容設計
- 破損部分の要素除去
(Abaqus)
- Moldflowの繊維配向結果
マッピング (Abaqus/ANSYS) ... Advanced Material Exchange



SCSK

iSiD
IT Solution Innovator



複合材設計/製造

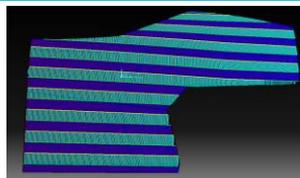
オートデスクの製造ソリューション



オートデスクの製造技術ソリューション



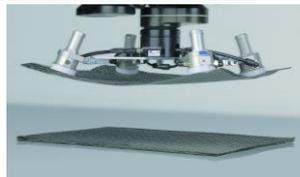
CAM



truPLAN

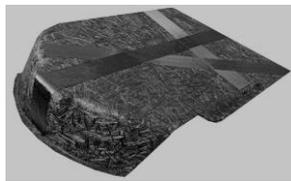
複合構造体用の先進「生産設計」アプリケーション

Delcam



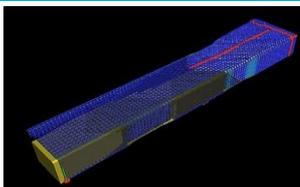
AUTODESK®
TRUNEST

プレフォーム用ネ스팅ソリューション



truFIBER

繊維配置を制御するプログラミングスイート

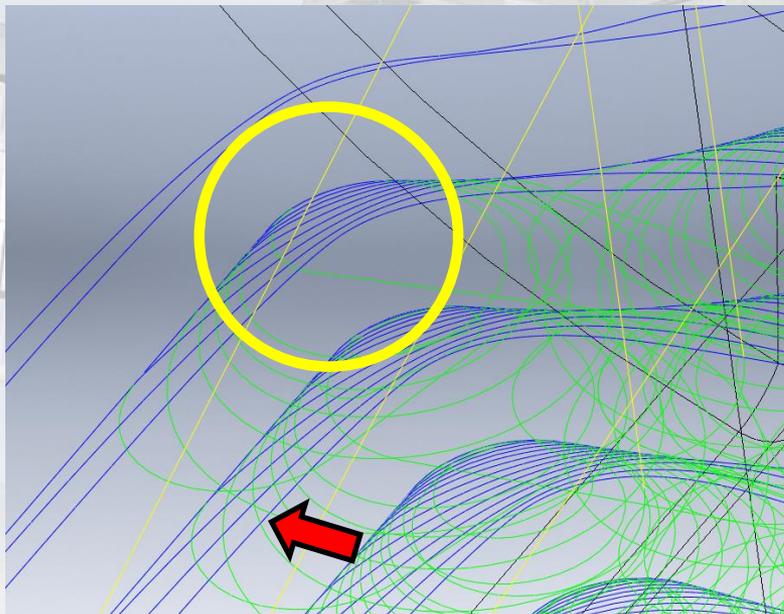


truFORM

プリプレグ等の成形プロセスの設計および予測

Autodesk CAM(Inventor HSM)の強み

- 負荷制御加工 (2003年に世界で初めて負荷制御加工を実装)
- Ease of use (簡単操作)
- 完全統合型CAD/CAM



負荷制御加工

円内はコーナ部分の工具中心軌跡、
矢印部分は等高線で、壁面に対する工具軌跡です。
Autodesk CAMは、過負荷となるコーナ部分を見事に
処理します。
通常コーナ部分は負荷が大きく、壁部分は負荷が小さ
くなります。
つまり工具に対する負荷率は常に変化します。
ワークに対する除去量を完全コントロールしてこそ、
トロコイド切削の恩恵を受ける事ができるのです。

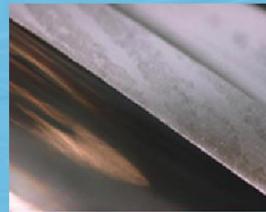
Autodesk CAM(Inventor HSM)の強み: 負荷制御加工



三菱日立ツール株式会社様ご提供

Autodesk CAM(Inventor HSM)の強み: 負荷制御加工

従来のポケット加工

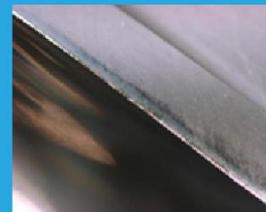


摩耗幅未使用

摩耗幅:0.053mm

摩耗幅:0.064mm

負荷制御加工



摩耗幅:0.023mm

摩耗幅:0.033mm

摩耗幅:0.029mm

均一な
摩耗幅

TRUPLAN: 複合材設計解析ツール

- コスト/生産速度最適化のための施設レイアウト評価
- 異なる複合材製造プロセスのコスト影響比較
- 概念設計フェーズでの複数の「仮想試作」シナリオとレイアップ戦略の分析
- ファブリック、ロール、テープ、トウの最適な材料サイズを計算
- 材料積層方法の分析、最適化
- 最適化エンジンによるプロセス効率の向上
- 材料ブリッジ、ステアリング、角度偏差の問題の評価と最適化
- 製造コストと施設要件を考慮したスタッキングの最適化

TRUPLAN: 複合材設計解析ツール

- コスト/生産速度最適化のためのレイアウト評価



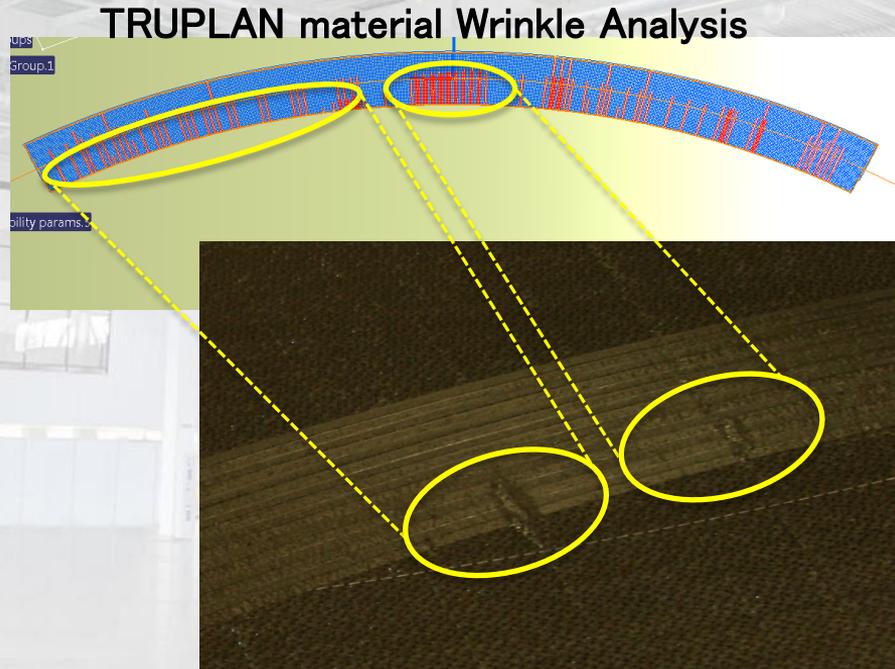
ギャップ



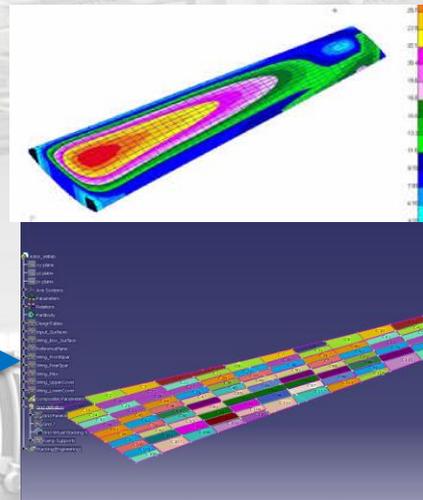
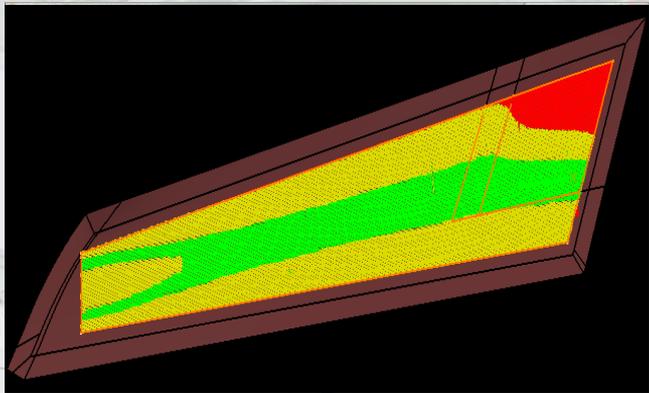
不良の最小化

TRUPLAN: 複合材設計解析ツール

- たわみ/しわの発生をTRUPLANで予測



設計した情報を構造解析へ



Analyze As Built

Autodesk TRUNEST: ネスティング最適化

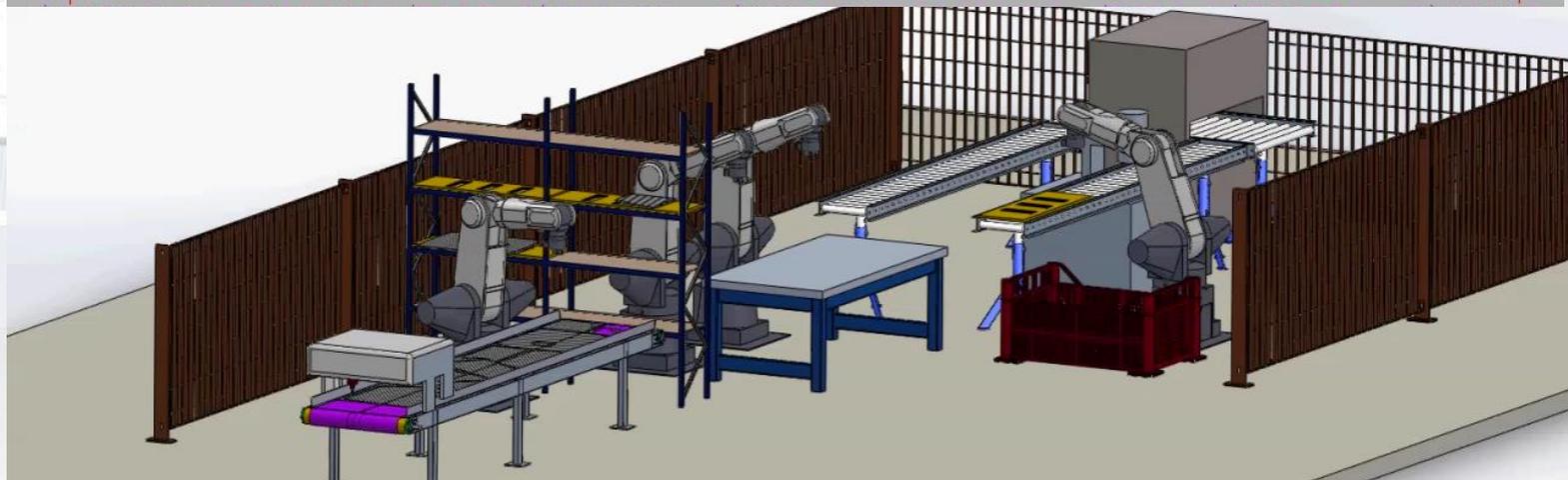
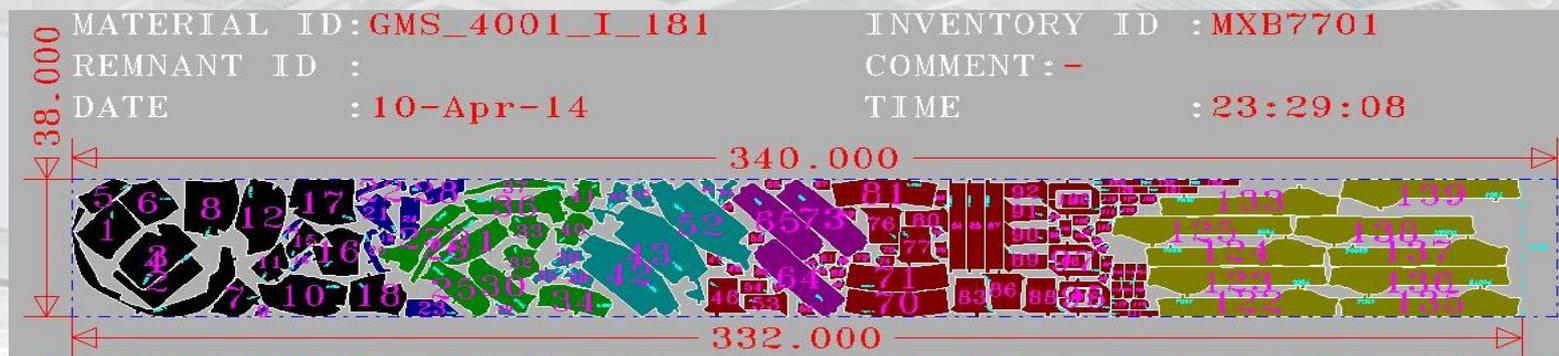
The screenshot displays the Autodesk TRUNEST software interface. The main window shows a nesting layout of parts on a blue background. The parts are arranged in two rows. The top row consists of seven purple gear-like parts with a green center, followed by a red gear-like part with a yellow center. The bottom row consists of seven purple gear-like parts with a yellow center, followed by a red gear-like part with a yellow center. The layout is bounded by a red rectangle with dimensions 300.000 (width) and 96.000 (height). The parts are numbered 1 through 5, corresponding to the legend below the layout.

PROGRAM ID : 1422
NESTING ID : AAAJ_001 000
MATERIAL ID : C33 2
REMNANT ID :
DATE : 19-Jun-12

MACHINE ID : BURNY
QUANTITY : 001
INVENTORY ID : WOTCO2
COMMENT : TEST
TIME : 10:37:22

1) ITEM-5|TEST(16) 2) ITEM-1-1|TEST(14) 3) ITEM-7-1|TEST(22) 4) ITEM-7-2|TEST(12)
5) ITEM-3|TEST(2)
TORQUE 2 = 47.750

Autodesk TRUNEST: ネスティング最適化

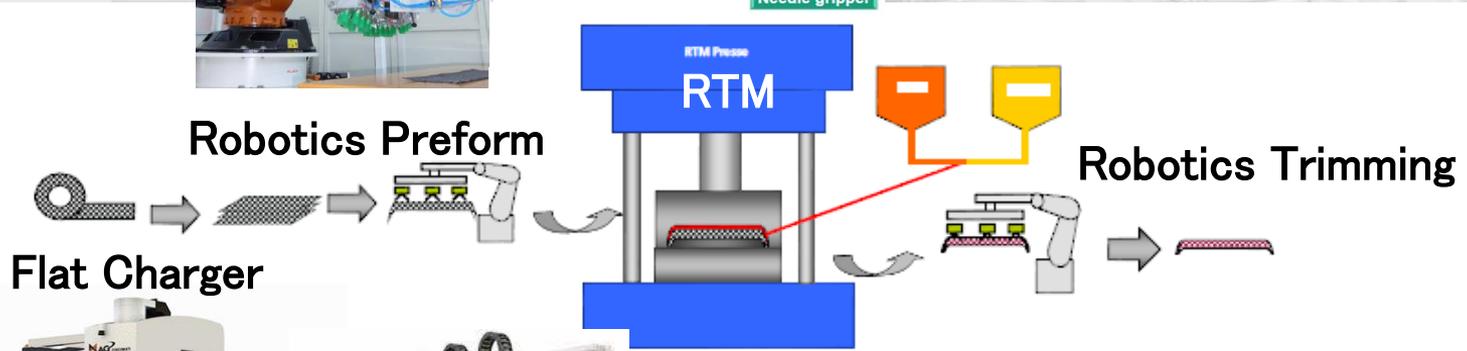


TRUFIBER: 複合材製造用プログラムスイート

- 多種の製造装置に対応
- 材料配置の最適化
- 干渉チェックとNCコードの検証
- 単方向材料とテープの
高度なレイアップ戦略
- AFP/ATLプログラミングをサポート
- 材料の効率化と製造時間の
レポート作成



TRUFORM: 複合材形成シミュレーション



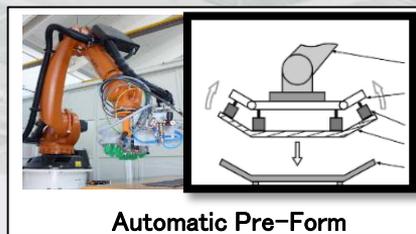
将来像：製造全行程のシミュレーションを提供 材料から最終製品まで



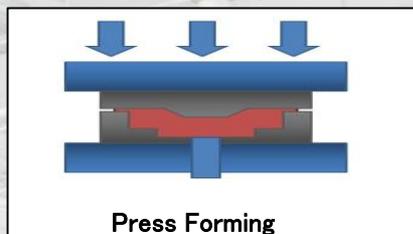
Dry Fiber



Nesting



Automatic Pre-Form



Press Forming



Final Part

AUTODESK
材料データベース

truFORM

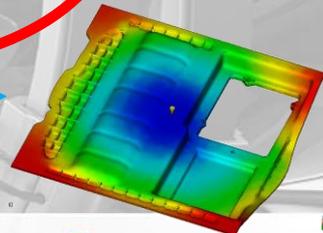
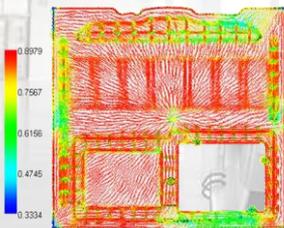
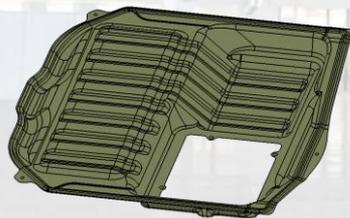
生産性の確認

金型形状最適化

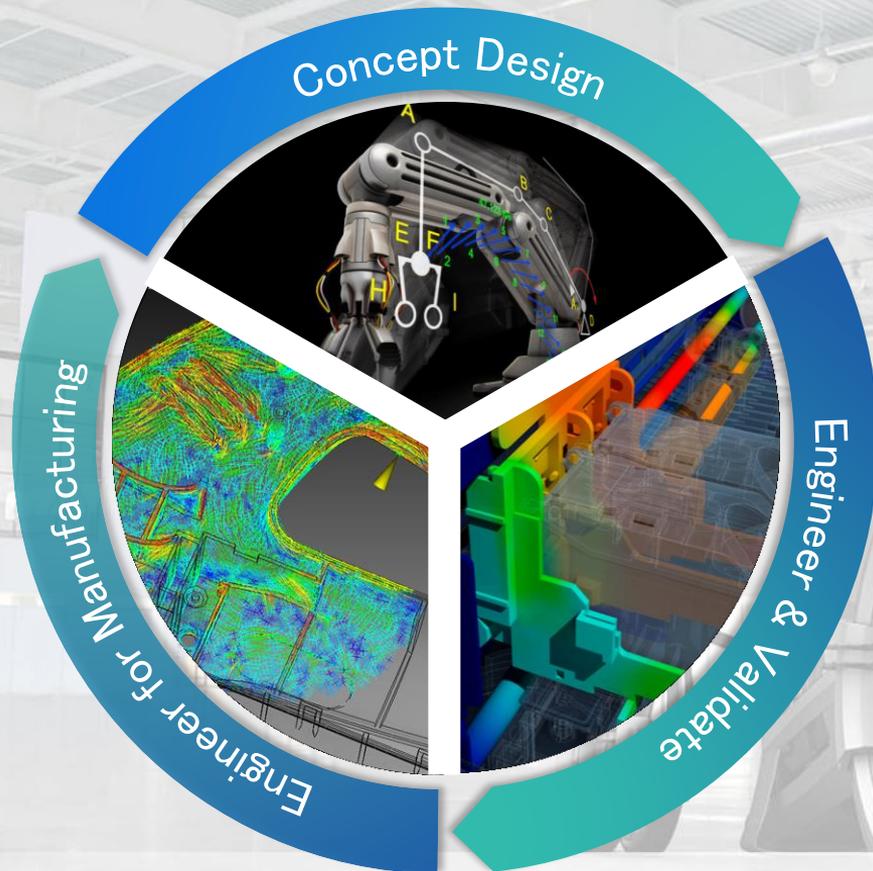
繊維配向

AUTODESK
アドバンスド複合材スイート

繊維配向を用いたFEA



概念設計から製造工程までの幅広いソリューションを提供





Autodesk is a registered trademark of Autodesk, Inc., and/or its subsidiaries and/or affiliates in the USA and/or other countries. All other brand names, product names, or trademarks belong to their respective holders. Autodesk reserves the right to alter product and services offerings, and specifications and pricing at any time without notice, and is not responsible for typographical or graphical errors that may appear in this document.