

3D PRINTER

CARBON FIBER / METAL

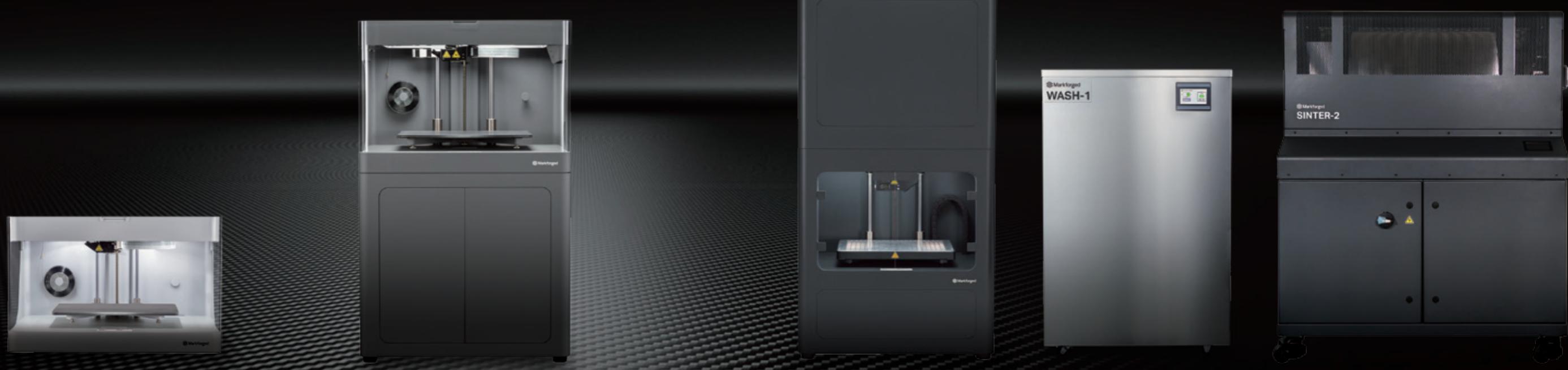
高精度と高強度を誇る
産業界特化型3Dプリンター



カーボンファイバーと金属に対応 強度・精度を備えた3Dプリンター



2020～2021年
Markforged製品
2年連続日本市場販売実績No.1



Onyx One / Onyx Pro / Mark Two

X3 / X5 / X7

Metal X

Wash-1

Sinter-2

連続纖維対応樹脂3Dプリンター

金属3Dプリンターシステム

APPLICATION



切削加工用ソフトクランプ



ロボットハンドリング用治具



溶接治具



CMM用治具



アセンブリ用治具



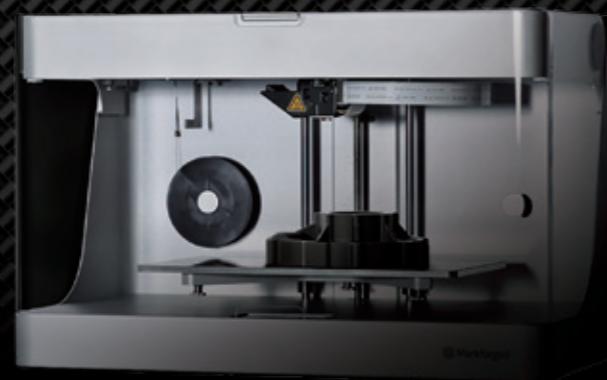
Markforged(マークフォージド)は革新的な技術を持った3Dプリンターメーカーです。

カーボンファイバー等の連続纖維材料によって、軽量かつ驚くべき強度のパーツを産業レベルで造形することができます。
強度と精度を必要とする領域でのコストダウンや、イノベーションを加速させることができます。



連続繊維対応樹脂3Dプリンター

デスクトップ
シリーズ



カーボンファイバーで複合造形可能
コンパクトエントリーモデル

Onyx One / Onyx Pro / Mark Two

造形エリア	320×132×154mm
本体サイズ	584×330×355mm
積層ピッチ	100μm(最小)

インダストリアル
シリーズ



レーザー機能搭載
高精度ハイグレードモデル

X3 / X5 / X7

造形エリア	330×270×200mm
本体サイズ	584×483×914mm
積層ピッチ	50μm(最小)

デスクトップシリーズ

高強度部品を手軽に作れるコンパクト3Dプリンター

インダストリアルシリーズ

比類のない強度、精度を誇る大型3Dプリンター

鉄の4分の1の重量で、10倍の強度を持ったカーボンファイバーは、加工が非常に困難な素材です。
「Mark Two」はカーボンファイバーによる複合造形を世界で初めて可能にした3Dプリンターです。

デスクトップシリーズの約3倍の造形体積を持ち、積層ピッチは最小50μmの高い再現力をもった産業用3Dプリンターです。
レーザー機能による高精度調整のほか、4倍の速さで造形する「ターボプリント」モードが利用可能です。

Onyx One

Onyx(オニキス)と呼ばれるナイロンベースに炭素短纖維を配合させた独自のフィラメントが造形可能。

対応材料

	Onyx One	Onyx Pro	Mark Two
Onyx	●	●	●
Onyx FR			
Onyx ESD			
Onyx FR-A			
Nylon White			●
Carbon Fiber			●
Fiberglass	●	●	
HSHT Fiberglass		●	
Kevlar			●
Carbon Fiber FR-A			

Onyx Pro

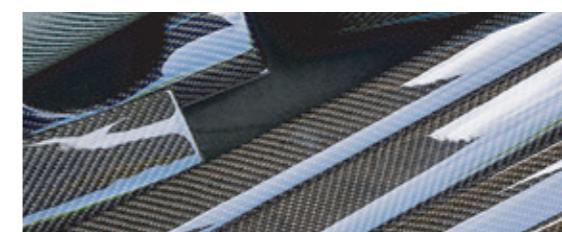
OnyxにFiberglass(ファイバーグラス)を複合造形させる事により高強度造形が可能。

Mark Two

最高強度のCarbon(カーボン)、高い韌性を誇るKevlar(ケブラー)等、全纖維材料の造形が可能。

アルミの20分の1のコストで、50倍早いリードタイム

カーボンファイバーは、6061アルミニウムと比べて40%軽量であり強力な剛性を持っているため、厳しい要件に耐えることができます。X7で造形された部品は、機械加工されたアルミニウムに比べ、50倍の早さで20分の1のコストで製作することができます。



対応材料

	X3	X5	X7
Onyx	●	●	●
Onyx FR	●	●	●
Onyx ESD	●	●	●
Onyx FR-A	●	●	●
Nylon White			●
Carbon Fiber			●
Fiberglass	●	●	
HSHT Fiberglass			●
Kevlar			●
Carbon Fiber FR-A			●

複合造形工程について

Markforged特許の3D造形技術は、樹脂材と繊維材の複合造形によって形成されます。

鉄筋コンクリートの様に、繊維材を骨組とし、樹脂材を外表面に覆い被せる事により非常に高強度なパーツの造形を可能とします。

※Onyx One / X3では、繊維材は使用不可です。



3DCAD等で作成したSTLデータを専用スライサー(Eiger)*にアップロードします。造形したい材質を選択しスライシングを開始します。※P10



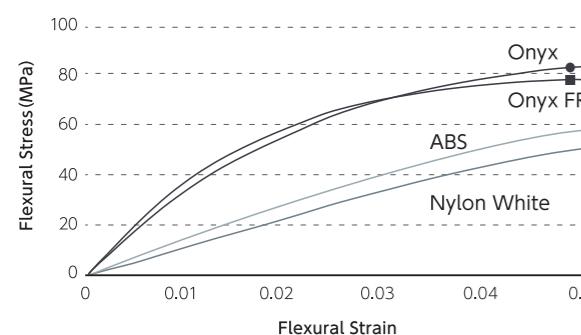
繊維材を複合造形させることができます。各レイヤー毎に対応する繊維材を自由に複合させて造形しています。



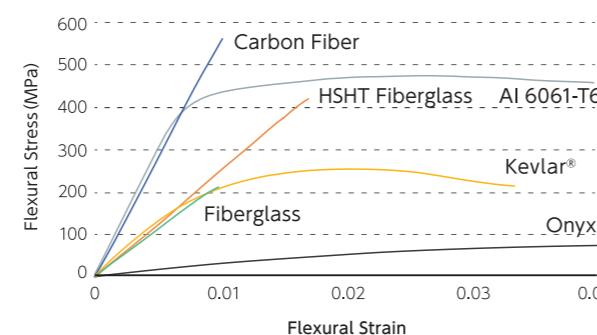
造形が完了したパーツは、アルミより高い曲げ強度を持ち、且つ軽量です。機械加工された治具等の置き換えとして、造形台から取り外してすぐに使用可能です。

フィラメントデータシート：曲げ強度 (MPa)

プラスチック母材



連続ファイバー補強



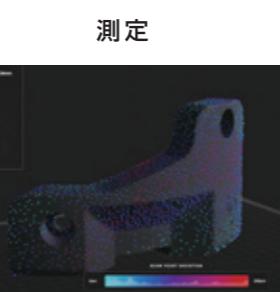
部品の設計から造形検査までを結びつけるAIプラットフォーム

Blacksmith

*X7のみ対応となり、別途有償サブスクリプション契約となります。

「Blacksmith」ではX7に搭載されたレーザー機能を使って、造形物の点群データを生成します。

STLデータと、取得した点群データを比較し、パーツの造形誤差を検出する事ができるので、効率的な運用が可能となります。



対応材料一覧

これらの材料は、Markforged社製3Dプリンターのために開発された専用材料です。

樹脂材料をベースとして、繊維材料と複合造形を行う事が可能です。

各繊維材には異なる特性があるので、アプリケーションに合わせ最適な組合せを選ぶ事が重要となります。

*繊維材のみで造形を行う事は不可以です。

Plastic / 樹脂材料



Onyx

ナイロン素材に短纖維カーボンファイバーを混ぜ、145度の高耐熱性を兼ね備えた材料です。

Onyx FR

オニキスの機能性に加え、難燃性を備えた材料です。また、塗装した際の発色が極めて良く、塗装を前提とした製品に向いています。

Nylon White

光沢のある白色の材料です。また、塗装した際の発色が極めて良く、塗装を前提とした製品に向いています。

Onyx ESD

非導電性の材料です。Onyxと比較すると剛性が高まっており、色合いはやや青みがかっています。電子部品周辺パーツの造形に適しています。

Onyx FR-A

Onyx FRと同じ物理であり、同じ難燃性の特性を持っています。こちらはトレーサビリティを有しており、最終製品を見込んで造形する場合に適しています。

Fiber / 繊維材料



Carbon Fiber

重量あたりの強度と熱伝導率が最も高い材料です。オニキスのみの造形と比べて6倍の強度と18倍の硬度が備わり、アルミ並みの頑丈な造形が可能です。

Fiberglass

ファイバー素材で最もコストパフォーマンスに優れた材料です。カーボンファイバーの約40%の強度を持ち、コストは1/2のほどに抑えられます。また、オニキスのみの形と比べて2.5倍の強度と8倍の硬度が備わっています。

HSHT Fiberglass

150度以上の高温環境下で高い強度を持つ、高耐熱性ファイバーグラスです。

Kevlar

非常に優れた韌性と耐衝撃性を備えた材料です。また、非常に軽量であるため、タイヤ補強材などの製品に使われています。

Carbon Fiber FR-A

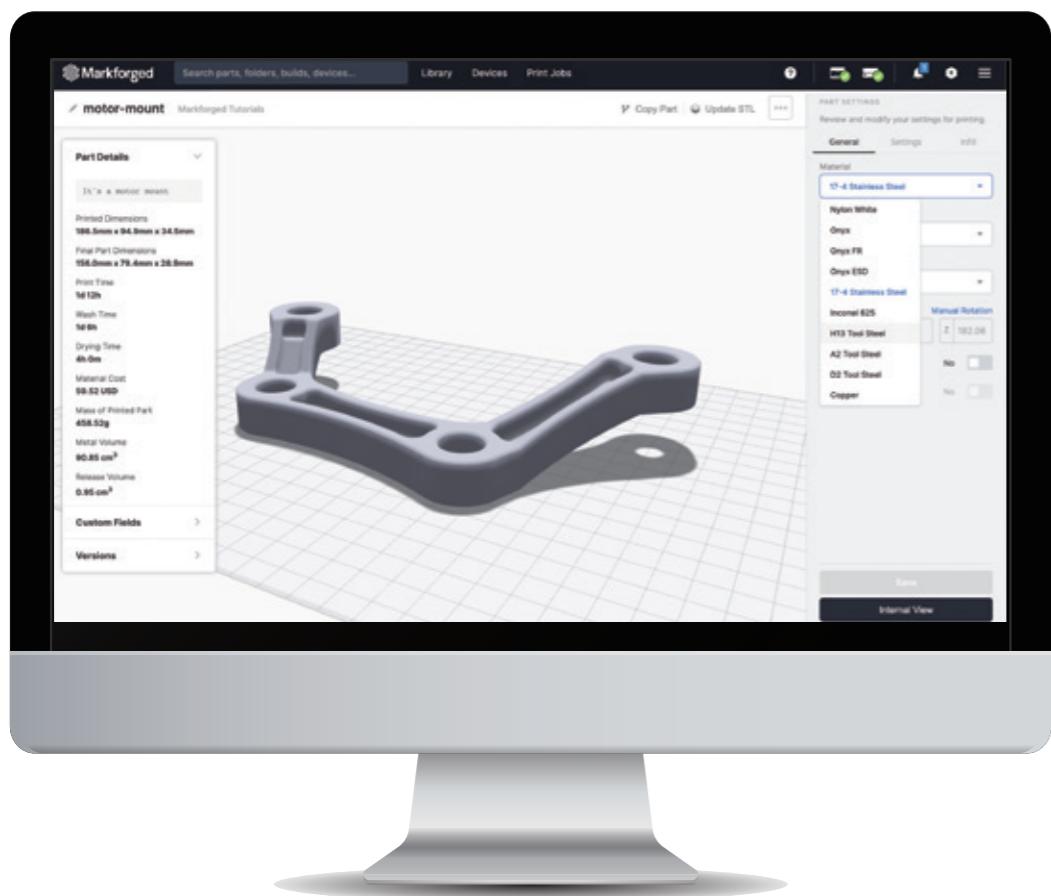
カーボンファイバーと類似した物性値を持つ、トレーサビリティを有した素材になります。

専用ソフトウェア

Eiger

Markforged全機種対応専用スライスソフト

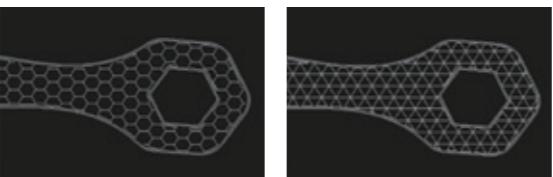
Markforgedは世界有数の先進的な3Dプリンター専用ソフトウェアを提供しています。より簡単に造形できるように設計されたソフトウェアは、ユーザーのデータ情報共有を簡易化しただけでなく、それぞれのプリンターを管理する機能も備えています。



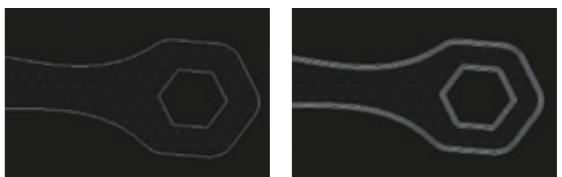
設定の詳細

● インフィル形状、密度、壁の枚数を変更可能

トライアンギュラー、ヘキサゴンなど計4種からインフィル形状を選択可能



壁の枚数を1~15の間で変更可能
※推奨数は2~4

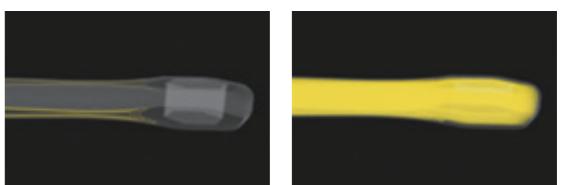


● ファイバー配向を変更可能

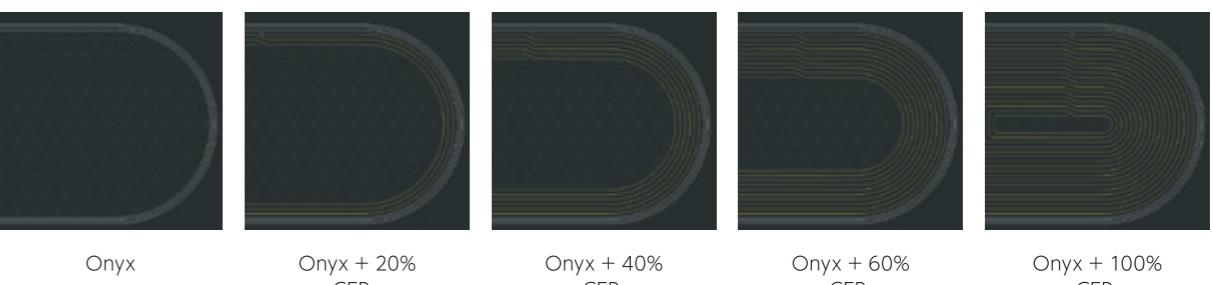
同心円状、等方性からファイバーフィル形状を選択可能



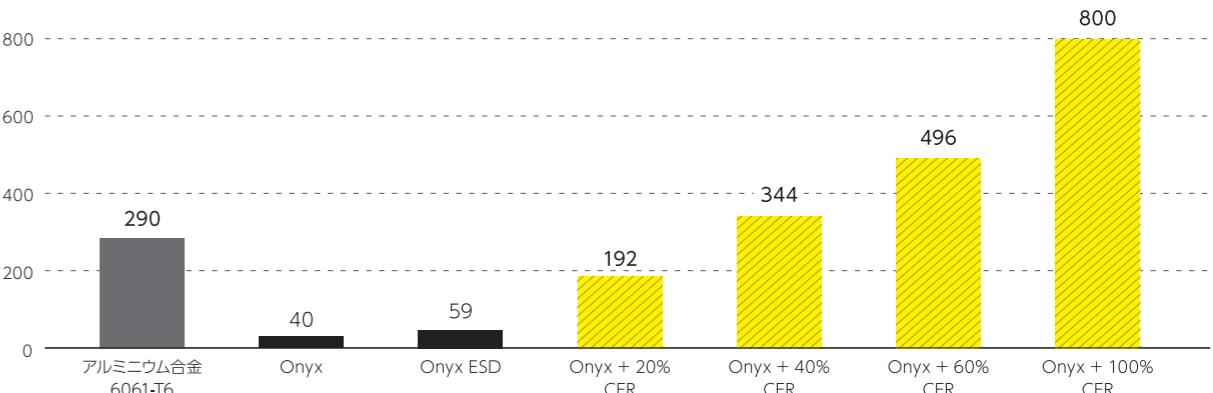
ファイバーの配向量は各レイヤーごとに変更可能



● ファイバー量と強度の相関



引張強さ (MPa) ASTM D638規格に準拠

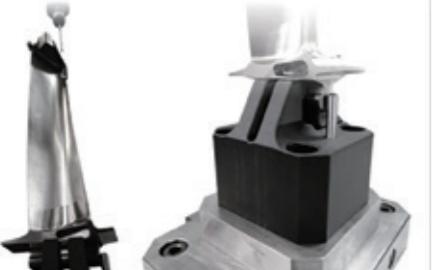


IoT化されたオペレーションが可能

Markforgedは3Dプリンターメーカーとしてはじめて「ISO27001認証」を取得しました。Eigerソフトウェアと3Dプリンターは、この高度なセキュリティで保護されたクラウドサーバーを通じてIoT化されます。Google ChromeからEigerにサインインする事で、物理的な距離に関係なく3Dプリンターのオペレーションが可能で、リモートオフィスや出張先、海外拠点からの運用を実現します。

また、IoT化された3Dプリンターシステムは今注目されているテレワーク環境にも最適です。Eigerソフトウェアは権限付与されたメンバー全員で1つのクラウド領域を共有可能です。また材料の使用量やプリント履歴が記録されるため、試作コストの監視、モニタリング等の管理コスト削減も可能です。

Case Study

1	タービン修理用 丸鋸ガイドツール	機種	材質	コスト	時間	
		X7	Onyx,Carbon	\$8,000カット	35週間カット	
ユーザー / SIEMENS Gas&Power						
 <p>タービン修理には、タービンの輪郭に正確に丸鋸の刃を沿わせる必要があり、タービンごとに異なる形状に合わせ、ガイドツールをカスタムオーダーしていました。カスタムオーダーでは、ガイドツール作成に数週間の時間と多くのコストが必要でした。Markforged X7の連続炭素繊維プリント部品によって、カスタム部品を数日で製作することができなり、この部品1つあたりでトータル\$8,000のコスト削減と、35週間の工数削減を実現しました。SIEMENS社では、従来の方法で製造されたコンポーネントよりも、3Dプリントされたパーツにフォーカスしており、100人以上のエンジニアがMarkforged のテクノロジーを活用しています。所有する100台以上のプリンターは、ダウンタイムなしでほぼ24時間稼働しており、各種治具など新しいアプリケーションを常に模索し、ビジネスのスピードを加速させています。</p>						
2	溶接用固定治具	機種	材質	コスト	時間	
		Mark Two	OnyxFR	99%カット	97%カット	
ユーザー / SDHQ Off-Road						
 <p>従来、オフロードトラック用荷台ラックの溶接中の固定治具として、鋼板を使用し固定していました。しかしこの方法では、曲がった溶接・タッキング(仮付溶接)等によって手作業で固定治具を作成しなければならず、再現性の低さや、人為的ミスがあり、品質低下の原因を持っていました。Markforged Mark Twoの難燃性短炭素繊維プリント部品によって、固定具は手作業で製作する必要がなくなり、溶接部品に合わせた、より効果的な固定具を製作できるようになりました。またこれらの固定具は腐食に強く、破損したとしてもまた再プリントできます。彼らはMarkforged Mark Twoを使用することにより、大幅なコストダウンと優れた部品品質を実現しました。また外部委託することなく、オンデマンド製作することで、開発のスピードが向上しました。</p>						
3	CMM用固定治具	機種	材質	コスト	時間	
		Mark Two	Onyx,Carbon	80%カット	70%カット	
ユーザー / JJ Churchill						
 <p>CMM(三次元測定機)の部品固定治具は、高いレベルの精度を確保するために、たわみを最小限に抑える必要があります。従来の治具製作では金属を複数回にわたる荒削りと磨きの作業が必要であり、製作の待ち時間がワークフローのボトルネックとなっていました。Markforgedのカーボンファイバープリント部品は優れた方向強度特性を持っており、たわみを最小限に抑え正確な測定を保証することができます。さらに樹脂素材であるOnyxは、タービンブレードやその他のコンポーネントに傷つけることがなく、位置決めピン用のインサートの挿入も可能です。カスタムプリント部品と既存のパーツを組み合わせることにより、生産の効率化と機能性の向上を可能にしています。</p>						

	Onyx One	Onyx Pro	Mark Two
型番	F-PR-4011	F-PR-4002	F-PR-2027
造形エリア	320mm x 132mm x 154mm		
ノズル本数	1	2	2
選択積層ピッチ	100μm, 125μm, 200μm		
樹脂材料	Onyx	Onyx	Onyx / Nylon white
繊維材料	なし	Fiberglass	Carbon Fiber Fiberglass HSHT Fiberglass Kevlar
樹脂材料トラブル検知	○	○	○
繊維トラブル検知	-	-	-
電源	100-240VAC, 150W(ピーク時2A)		
重量	16kg		
本体サイズ	584 x 330 x 355mm		
同梱物	800cc Onyxスプール 樹脂材料用替ノズル × 3本 必要工具等 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス	800cc Onyxスプール 50cc Fiberglass 樹脂材料用替ノズル × 3本 繊維材料用替ノズル × 3本 必要工具 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス	800cc Onyxスプール 50cc Carbon Fiber × 2 50cc Fiberglass 50cc HSHT Fiberglass 50cc Kevlar 樹脂材料用替ノズル × 3本 繊維材料用替ノズル × 3本 必要工具 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス
	X3	X5	X7
型番	F-PR-3014	F-PR-3015	F-PR-3012
造形エリア	330mm x 270mm x 200mm		
ノズル本数	1	2	2
選択積層ピッチ	50μm, 100μm, 125μm, 200μm		
樹脂材料	Onyx / Onyx FR Onyx FR-A / Onyx ESD	Onyx / Onyx FR Onyx FR-A / Onyx ESD	Onyx / Onyx FR / Onyx FR-A Nylon white / Onyx ESD
繊維材料	なし	Fiberglass	Carbon Fiber Carbon Fiber FR-A Fiberglass HSHT Fiberglass / Kevlar
電源	100-240VAC, 150W(ピーク時2A)		
レーザーによる高さ調整	○	○	○
レーザーによるキャリブレーション	○	○	○
樹脂材料トラブル検知	-	○	○
繊維トラブル検知	-	○	○
造形途中の寸法測定	-	-	○
重量	48kg		
本体サイズ	584 x 483 x 914mm		
同梱物	800cc Onyxスプール 樹脂材料用替ノズル × 3本 必要工具等 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス 電子スケール	800cc Onyxスプール 50cc Fiberglass 樹脂材料用替ノズル × 3本 繊維材料用替ノズル × 3本 必要工具 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス 電子スケール	800cc Onyxスプール 150cc Carbon Fiber 50cc Fiberglass 50cc HSHT Fiberglass 50cc Kevlar 樹脂材料用替ノズル × 3本 繊維材料用替ノズル × 3本 必要工具 プリントベッド 樹脂材料保管用ドライボックス 電子スケール

**金属
シリーズ**

Metal X

**新技術を搭載した
安全性の高い金属3Dプリンター**

金属シリーズ
様々な金属材料に対応した金属3Dプリンター

Markforged社設立当初から蓄積した3Dプリント技術と培った経験を元に、Metal Xは今までにない技術を搭載した3Dプリンターです。樹脂とワックスが混合した金属粉末を1本の長いフィラメント形状で利用する事で、粉じん爆発等のリスクを排除しています。

FFFタイプの3Dプリンター同様に、パーツの充填を格子状に造形する事ができるため、材料コスト削減と軽量化を実現します。


ADAM (Atomic Diffusion Additive Manufacturing)

3D積層造形法と金属粉末射出成型法(メタル・インジェクション・モールド)を組み合わせた、全く新しいメタル3Dプリント技術です。金属粉末射出成型の原理に基づき、焼結後の金属は最大密度99.7%を実現し、かつ滑らかな表面精度を得ることができます。

- 設計**
- 造形**
- 脱脂**
- 焼結**
- 完成**

CADで部品を設計した後、STLデータをアップロードし使用する金属素材を選択します。その他のデータ処理はクラウドベースの専用ソフトウェア:Eigerで誰でも簡単に行うことができます。

金属粉末とバインダー(結合剤)を混ぜた材料をFFF方式で積層造形し、グリーンパーツと呼ばれる脱脂処理前のモデルを製作します。あらかじめ焼結処理で収縮する比率が自動計算され、CADモデルも自動補正されます。

造形を終えたグリーンパーツに含有されているバインダーを取り除き、ブラウンパーツと呼ばれる焼結処理前の状態にする工程です。

焼結炉で焼結処理を行い、バインダーを原子拡散させることで、密度の高い均一な金属パーツに仕上げます。

焼結後のパーツには金属のみが残り、最大99.7%の高密度を持つ実用可能な金属パーツが完成します。通常の金属パーツと同様に切削加工や表面仕上げ加工、メッキ処理などを行うことが可能です。

Post Equipment
後処理工程における付帯設備

脱脂工程
Wash-1 (脱脂機)

グリーンパーツに含まれているバインダーを有機溶剤で除去するための装置です。


焼結工程

Sinter-1 (焼結炉)

ブラウンパーツを焼結し、金属パーツを完成させるための装置です。

※金属粉末射出成型法(MIM)に基づき設計


Sinter-2 (焼結炉)

バッジ処理や大型造形物の処理が可能な、Sinter-1より大きな焼結炉です。

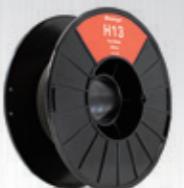
対応材料一覧
Metal / 金属材料

D2 ツール鋼 (SKD11)

優れた耐摩耗性を持ち、高い圧縮強度、鋭利なエッジを必要とする冷間加工用途で広く使用されています。


A2 ツール鋼 (SKD12)

空気焼入れにより耐衝撃性を備えた材料です。


H13 ツール鋼 (SKD61)

高温下でも高い強度と硬度、耐摩耗性を保持し、急激な冷却にも耐えることができます。射出成形金型や押出ダイスなどの部品に最適な材料です。


17-4 PH ステンレス鋼 (SUS630)

高い強度と耐腐食性、硬度を併せ持ち、航空宇宙産業や医療、石油産業で幅広く使われています。


インコネル 625

高い耐熱性による熱および圧力遮蔽用途に最適です。ジェットエンジンや医療にて活用されています。


銅 (Copper)

柔らかく延性のある金属です。熱交換器および電気用途で広く使用されています。

Case Study

1	ツールクーラー	機種	材質	コスト	時間	
		MetalX	Copper	\$6,993カット	111時間カット	
ユーザー / Prototypenzentrum GmbH						
 <p>このツールクーラーは、元々はアルミニウムを機械加工して製造されていました。クーラーの目的は熱膨張と収縮を通じて、エンドミルのシャンクにある切削工具を、接続したり外したりすることであり、高精度ミルの特徴的な部品です。アルミニウムを機械加工で製造することは容易ではありましたが、熱性能が低いために、望ましいサイクルタイムを達成できませんでした。Metal Xで製作された新しいツールクーラーは、以前の設計よりも38%速い冷却を提供できます。2台のCNCマシンで1日あたり工具交換を40回減らすことで、年間約111時間も節約できます。1時間あたりの平均マシンコストを考えると、毎年\$6,993の節約に成功しました。</p> <p>Markforgedテクノロジーは、低いコストで最高性能の材料の両方を提供しています。</p>						
2	ハンドツール、電動工具 及び関連アクセサリー	機種	材質	コスト	時間	
		MetalX	17-4PH	83%カット	95%カット	
ユーザー / Stanley Black&Decker						
 <p>少量の交換部品を機械加工にて製作する場合、かなりのコストと多くの工数が必要となります。在庫保管をすることで解決することもできますが、多くの部品を抱えることは、複雑な在庫管理・多大な維持コストを考えると非常に厳しい問題でした。</p> <p>Markforged のMetal Xプリンターを導入したユーザーは、少量の交換部品を必要に応じてオンデマンド製造し、複雑な在庫管理が必要なくなり、交換部品に関するコストを12分の1、リードタイムを20分の1に削減しました。機械加工された部品とは異なり、Metal Xによりプリントされた部品は、生産量に関係なく固定コストです。保管と倉庫の必要性をなくしコストを削減した上で、顧客に迅速かつ安価なソリューションを提供できるようになりました。</p>						
3	エンドツーリング グリッパー	機種	材質	コスト	時間	
		MetalX	17-4PH	93%カット	90%カット	
ユーザー / Dixon Valve						
 <p>Markforgedの連続繊維対応プリンターを使用し、ロボットアームのエンドツーリングを製造・使用しておりましたが、金属のネジ面を掴むグリッパーに課題がありました。樹脂で製造されたグリッパーでは、すぐに摩耗が進み耐久性を確保できませんでした。</p> <p>そこで、MarkforgedのMetal Xプリンターを導入し、耐久性を確保したグリッパーを従来の機械加工に比べ、コストを30分の1、リードタイムを10分の1の節約することに成功しました。今まで外部委託していた他の部品についても内製化に成功し、かつてないほど迅速かつ安価に部品の製造ができるようになりました。</p>						

Metal X	
型番	F-PR-5201
造形エリア	300 × 220 × 180mm
最大パートサイズ・重量	250 × 183 × 150mm, 10kg
ノズル本数	2
積層ピッチ	50μm, 125μm, 129μm
材料	<ul style="list-style-type: none"> ○ステンレス鋼 : SUS630 ○工具鋼 : SKD61 / SKD12 / SKD11 ○アロイ鋼 : インコネル625 ○銅 : 銅 Cu <p>同じプリントヘッドと同じノズルで複数の材料が使えます。</p>
付帯設備	Wash-1(脱脂機) Sinter-1 / Sinter-2(焼結炉)
剥離用材料	セラミック
電源	100-120 / 200-240VAC, 1200W / 600W(12A / 6A)
圧力式接触式高さ調整	○
圧力式接触式キャリブレーション	○
機器材料検知	○
金属材料トラブル検知	○
剥離用材トラブル不足検知	○
重量	75kg
本体サイズ	575 × 467 × 1432mm
同封物	200ccステンレス鋼 20ccセラミック 金属材料用替ノズル × 2 剥離用材料用替ノズル × 2 プリントシート 1パック(25枚) プレスシート 必要工具等

付帯設備

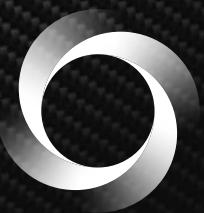
Metal Xは、ADAM方式により3Dプリントした造形物を洗浄し焼結するための付帯設備が必要です。

	Wash-1(脱脂機)	Sinter-1(中型焼結炉)	Sinter-2(大型焼結炉)
型番	F-PR-5001		F-PR-5002
本体サイズ	609mm × 685mm × 1067mm	1270mm × 510mm × 720mm	1778mm × 1016mm × 1270mm
焼結容量	-	4760cm ³	22,283cm ³
最大温度	-	1300度	1300度
電源	110V~120V, 11A, 50~60Hz	単相200~240VAC, 30A, 50~60Hz	三相200~240VAC, 30A, 50~60Hz

※ハードワイヤー接続にて、
専用分歧回路が必要

※ハードワイヤー接続にて、
専用分歧回路が必要

Markforged Professional 3D Printers.
Strong Parts. Right Now.



JAPAN 3D
PRINTER

<https://3dprinter.co.jp>

日本3Dプリンター株式会社 日本正式代理店

本社

〒135-0063
東京都江東区有明3丁目7番26号有明フロンティアビルB棟1階

[TEL] 03-6683-9789(ご購入、企業に関するお問い合わせ)

[FAX] 03-6800-7771

[MAIL] info@3dprinter.co.jp

西日本事業所

〒530-0011
大阪府大阪市北区大深町3番1号
グランフロント大阪北館ナレッジキャピタル8階

[TEL] 06-6136-3191(ご購入、企業に関するお問い合わせ)