



Z CORPORATION

## 米国Z社の3Dプリントテクノロジー

高速、低価格、多目的



## はじめに

米国Z社のプロトタイプングプロセスは、1993年にマサチューセッツ工科大学 (MIT) で開発された3Dプリントテクノロジー (3DP™) に基づいています。3DPテクノロジーとは、粉末レイヤーを液体接着剤で固化し、3次元の立体的なプロトタイプを作成する技術です。3DPの用途は非常に広く、どのように複雑な形状でも高速で処理できるほか、使用できる素材の種類も多岐にわたります。米国Z社は3DP技術を実用化したパイオニアとして、コンセプトモデルと製品プロトタイプを短期間で作成できる3Dプリンタを提供いたしております。比類ないスピードと価格を実現している米国Z社の3Dプリンタは、様々な用途にご利用いただけます。本資料では、そのコア技術と関連アプリケーションについてご説明いたします。

## 米国Z社の技術の仕組み

### ソースデータ

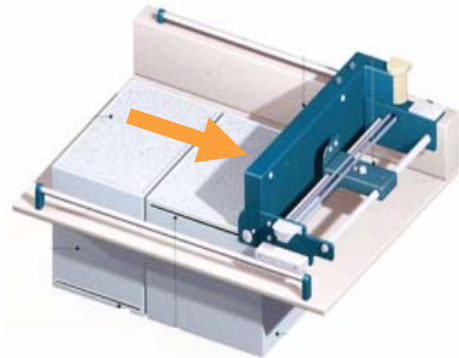
米国Z社の3Dプリントテクノロジーには、一般にCAD (コンピュータ支援設計) モデルの形をとる3Dソースデータが利用されています。機械CADソフトウェアパッケージは、3Dデータを作成するための最初のアプリケーションとして、現在ではほとんどの製品開発プロセスで使用されるようになりました。建築設計業界をはじめとする他の業界でも3Dテクノロジーが賞賛されているのは、物体を3次元で視覚的に捉えることができるほか、自動化できる範囲が広がり、更には3Dデータを様々な用途に再利用できるというコスト効果があるからです。3D設計テクノロジーの普及により、今日ではほとんどの業界で3D設計データが作成され、米国Z社の3Dプリンタを使用して立体的なモデルを作成できるようになりました。米国Z社の3Dプリンタに付属しているソフトウェアは、主な3Dソフトウェアで作成できるstl、wrl、ply、sfxファイルを含め、ほとんどの3Dファイル形式に対応しています。3Dプリントは、機械設計や建築設計などの主なアプリケーションに加え、医療、分子、地理空間のモデリングといった新しい市場にも広がりつつあります。利用できる他のソースデータとしては、CT/MRI診断データ、タンパク質分子モデリングデータ、デジタル化された3Dスキャンデータなどがあります。3Dテクノロジーを利用した設計とモデリングが普及するにつれ、特定の業界に合わせて開発された数多くのソフトウェアパッケージが提供されています。以下は、米国Z社の3Dプリンタに対応している3Dソフトウェアの一部です。

SolidWorks®	Maya®	RapidForm™	3D Studio Viz®
Pro/ENGINEER®	SketchUp®	Alias®	Form Z®
CATIA®	RasMol	Raindrop GeoMagic®	VectorWorks
3D Studio Max®	Rhino®	Inventor®	Mimics

3Dモデリングソフトウェアから出力されたソリッドファイルは、米国Z社製3Dプリンタのデスクトップインターフェースとして機能するZPrint™で開くことができます。ZPrintの主な機能は、物体をデジタルの断面形状、つまりレイヤーに切り分け、Z軸に沿って一層ごとに2Dイメージを作成することです。Zprintにはこの他に複数のパーツの表示、位置決め、拡大縮小、色付け、ラベリングといった機能もあります。3Dファイルのプリント時には、他のソフトウェアが画像や文書を標準的な2Dプリンタに送信するのと同様、ZPrintソフトウェアが断面の2Dイメージを標準的なネットワークを介して3Dプリンタに送信し、約10分でセットアップが完了します。

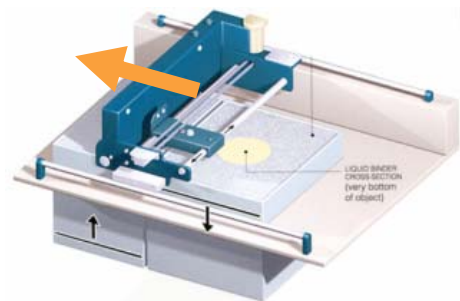
## 3D プリント

米国Z社の 3D プリンタは、標準的なインクジェット方式のプリントテクノロジーを利用しております。この技術では、薄い粉末レイヤーに液体接着剤を塗布しながら粉末レイヤーごとにパーツを造形していきます。2D プリンタのようにプリントヘッドの下に用紙を供給する代わりに、3D プリンタはプリントヘッドを粉末レイヤーの上で移動させ、Zprint ソフトウェアから送信された断面データを造形していきます。米国Z社のシステムでは、粉末が製作プラットフォーム上に正確かつ均一に延ばされます。3D プリンタはフィードピストンとプラットフォームをレイヤーごとに上昇させてこの作業を行います。ローラーがフィードピストンから供給される粉末を製作プラットフォーム上に延ばします。このとき高密度の粉末レイヤーを形成するため、レイヤーごとに約 3 割増の粉末が意図的に敷かれます。余分な粉末はオーバーフローシュートを通してコンテンツに集められ、次の造形時に再利用されます。



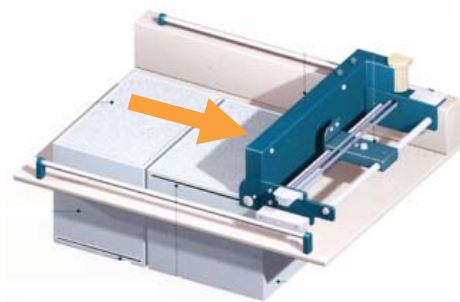
粉末を延ばしてレイヤー化

粉末レイヤーが形成されると、インクジェットプリントヘッドがパーツの最初のスライス、つまり一番下のスライスの断面部分を平らな粉末レイヤーの上にプリントし、粉末を固化します。その後、ピストンによって造形テーブルが一層分 下がり、その上に新しい粉末レイヤーが形成されます。プリントヘッドが次の断面データを新しいレイヤーにプリントし、そのレイヤーが前のレイヤーに結合されます。ZPrint によってパーツのすべてのレイヤーでこのプロセスが繰り返され、3D データが表現する形状とまったく同じ立体的なモデルが造形されます。プロセスに要する時間は、造形するパーツの高さによって異なります。通常、米国Z社の 3D プリンタでは、垂直方向に 25mm~50mm (1~2 インチ) / 時間の速さでパーツを造形することができます。



断面のプリント

3D プリントプロセスが完了した時点では硬化されていない粉末が造形エリア内のパーツを覆い、サポートの役割を果たしています。素材が硬化したらパーツを造形エリアから取り出し、硬化されなかった未使用の粉末は、供給エリアに戻して再利用することができます。次にエアガンを使用して、パーツに付着している余分な粉末を取り除きます。これらの作業には 10 分もかかりません。このように米国Z社の 3D プリンタは造形する際サポートを使用する必要がなく、硬化されなかった材料はすべて再利用できます。

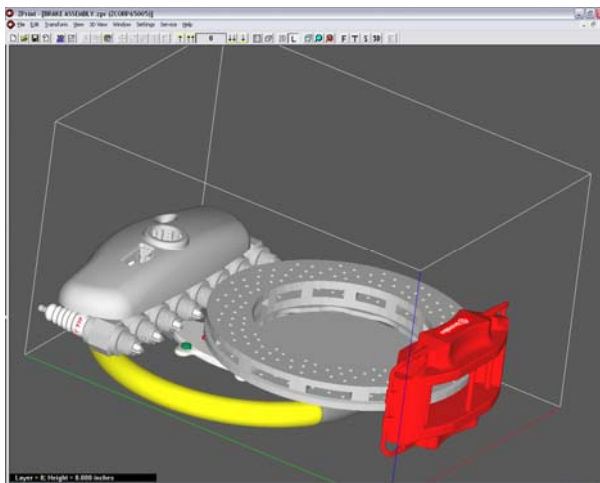


粉末のレイヤーをプリント

## 米国Z社の高速 3D プリント

米国Z社の 3D プリントテクノロジーは、実用化されている技術としては世界最速です。 自社の装置を 3D プリンタと称している企業もありますが、これらのシステムでは造形素材の射出にベクター方式やシングルジェット技術を使用しています。 米国Z社では、ドロップオンデマンド方式を採用した解像度 600 dpi (インチ当たりドット数) のインクジェットプリントヘッドを使用して、真の 3D インクジェットプリンタのみを製造しています。 この技術により、わずかな時間で パーツを造形できるほか、複数のパーツを同時に造形することも可能です。「レーザーの方が高速で、ベクター方式の方が正確」と考えられがちですが、必ずしもそうとは限りません。特に 3D プリントでは、いかに適時適所に接着剤を塗布できるかによってモデルの精度が左右されます。つまり、ノズルのサイズとモーション制御機能が重要な意味を持ちます。米国Z社の 3D プリンタには精密なインクジェット機構が搭載されているため、高解像度、高品質のパーツを造形することができます。

米国Z社の 3D 印刷プロセスが高速である理由は、素材の付着方法にあります。素材の 90% 以上が、非常に効率的かつ高速な圧延方式で付着されます。プリントヘッドから射出されるのは、製作素材のわずかな割合にすぎない接着剤だけです。その他多くの造形機は、造形素材のすべてをノズルから射出するため、造形速度が非常に遅く、パーツの造形に長時間を要します。



パーツの積み重ねを造形エリア内で行えるため、時間を効率的に使えます

このインクジェット方式が高速処理を可能にしている主な要因ですが、米国Z社のシステムが世界最速である理由は他にもあります。一部の造形機ではツールパスがすべて処理されるまでジョブを開始することができませんが、ZPrint ソフトウェアは、パーツの造形と並行してデータを処理することができます。3D プリンタが最初のレイヤーを付着させている間に、ZPrint ソフトウェアは 5 番目のレイヤーのスライスと処理を実行します。この方法の場合、処理時間は速いように思えるかもしれませんが、その時間はパーツ造形にかかる合計時間のわずかでしかないことがほとんどです。実際には、こうした技術では複数のパーツを造形するジョブの準備に 1 時間かかることもあります。

米国Z社の 3D プリンタはサポートを必要としないため、造形エリア内にパーツを垂直に積み重ねることができます。他の造形機でのパーツ造形では垂直軸に沿ったサポート構造が必要とされるため、パーツを積み重ねられる範囲に限界があります。米国Z社の 3D プリンタを使用すれば 1 回のセットアップで造形エリア全体を使って複数のパーツを製作できるため、造形回数を減らし、処理時間を短縮することができます。

## 米国Z社の 3D プリンタが実現するカラーモデル

米国Z社は、2D カラーインクジェット方式を 3D プリントに応用し、24 ビットのフルカラー機能を持った 3D プリンタのみを製造しています。 デジタルファイルから 2D イメージを印刷する場合、コンピュータは RGB 値 (モニタに表示される赤、緑、青) を CMYK (シアン、マゼンタ、イエロー、ブラック) に変換します。 一般的な 2D カラープリンタには、CMY の 3 つのカラーチャンネルがあるプリントヘッドと、ブラック (K) 用のプリントヘッドがあります。 プリンタはこの 4 色のインクを使用し、指定されたディザパターンに基づいて 1 ピクセルにつき数個のドットを組み合わせることで多彩な色を表現します。 3D プリントの原理もこれと同じです。 米国Z社の 3D プリンタは、シアン、マゼンタ、イエロー、クリアの 4 色の接着剤を使用し、パーツの表面に色をプリントします。 色情報はスライスデータとともに ZPrint ソフトウェアによってプリンタに伝達されます。 フルカラー 3D プリントにより、実際の製品と同じ色のプロトタイプを製作できます。 また、色を使ってモデル上に直接分析結果を表示したり、設計変更の注釈またはラベルを付加したりすることで、モデルの完成度をさらに高めることができます。



Reebok® の靴と色のプロトタイプ



これらのカラーモデルは、製品のラベリング、形状分析、生産計画などを含め、カラー 3D 印刷の特徴を活かしたクリエイティブなアプリケーションの例を示しています。

色は重要なコミュニケーションツールですが、大半の 3D ソフトウェアには色データを含んだ 3D ファイルを作成する機能がありません。 この問題を解決するため、米国Z社は ZEdit™ ソフトウェアを開発しました。 Microsoft® Windows® に対応したこのソフトウェアを使用すれば、色データを 3D パーツファイルに容易に追加できます。 ZEdit はパーツの色付け、マークアップ、ラベリング、テクスチャマッピングを行うためのツールです。また、ZEdit を使用して、jpeg ファイルを 3D パーツの形状にマッピングすることも可能です。 ZEdit ソフトウェアは、主な 3D ソフトウェアパッケージで作成されるファイル形式をサポートしています。

## 米国Z社の3Dプリンタで作成できる高解像度モデル

2005年、米国Z社は世界初の高解像度3Dプリンタ(HD3DP™)を発売いたしました。HD3DPは、プリントヘッド技術、高性能素材、ファームウェア、機械設計を1つのコンセプトに統合したものです。600dpiの高解像度を実現したインクジェット方式のプリントヘッドは、米国Z社の数年に及ぶ研究の成果です。このプリントヘッドと独自開発のファームウェアの組み合わせにより印刷プロセス中のプリントヘッドの制御が可能となり、ZPrintソフトウェアが指定する領域にカラー接着剤を正確に塗布することができます。また、米国Z社の3Dプリンタは、粉末にごく近いところでプリントヘッドの動きを制御し、より正確に接着剤を塗布します。

## コスト効果の高い米国Z社の3Dプリンタ

米国Z社の3Dプリンタから出る廃棄物はほとんどありません。造形中は硬化されなかった粉末がパーツを覆い、サポートの役目を果たします。又、使用されなかったサポート粉末はすべて再利用できます。そのため造形されたパーツ部分のコストのみが、パーツ造形全体のコストとなります。他の造形機では、造形中にモデルを支えるためモデルとは別の材料でサポートを造形する必要があるため無駄なコストがかかります。

米国Z社の3Dプリンタは信頼性と操作性に優れ、運用コストを低減します。モジュラー設計と標準的なインクジェット印刷技術の組み合わせにより、操作と保守が容易な、信頼性の高いシステムとなっています。市販のプリントヘッドを使用しているため、システムの主な消耗品を安価で入手でき、すばやく交換できます。また、プリンタの電子部品、印刷部品、保守部品にはモジュラー設計手法が用いられているため短時間で効率的に保守を行うことができ、さらにコストを抑えることができます。

## 操作性に優れた米国Z社の3Dプリンタ

ユーザーインターフェースが簡潔で、パーツ造形プロセスがシンプルな米国Z社の3Dプリンタは、製品設計に関わる誰もが簡単に使用できます。使用される素材は安全で、研究所や工場といった特殊な操作環境は必要ありません。米国Z社の3Dプリンタは、特別な条件が与えられた空間ではなく、オフィスですぐに使用することができます。ZPrintソフトウェアの直感的なインターフェースと簡単なセットアップにより、米国Z社の3Dプリンタは誰もが効率的に操作でき、専門のオペレータを配置する必要がありません。信頼性に優れた米国Z社の3Dプリンタでは、造形プロセスを監視する必要はなく、ユーザーの作業を必要とするのは簡単なセットアップとパーツの取り出しを行うときだけで、その作業にはわずかな時間しかかかりません。

## 用途の広い米国Z社の3Dプリンタ

米国Z社の当初の目標とビジョンは、コンセプトモデルと視覚化モデルの3Dプリンタを製造することでした。3Dプリンタが普及するにつれ、アプリケーションの数も増加してきました。米国Z社の3Dプリンタは、その造形機構の柔軟性により、広範囲の用途に使用できます。粉末レイヤーを固化しパーツを造形するプロセスは、多くの素材に適しています。一台の3Dプリンタで材料を変更することにより、様々なアプリケーション要件に合った素材特性のパーツを造形することができます。米国Z社では5種類の素材を用意しており、さらに用途の範囲を広げるため他の素材の開発も進めています。ユーザーは用途に応じた最適な素材を選択できます。



エンジニアリングラベルが貼付された複合素材モデル

**高機能複合素材**は強度があり、高精度のパーツを造形できるほか、カラーモデルの造形にも適しています。細部にわたる解像度の高さと強度に優れたこの素材は、コンセプトモデリングから砂鋳型の作成にわたる様々な用途に適しています。この素材は、合成された石膏材に表面処理、外観の解像度、パーツの強度を最大限に引き出す多数の添加剤を加えて作られています。高機能複合材料は次のような場合に最適です。

- 高い強度を必要とする
- 繊細な、または薄肉のパーツ造形
- カラー造形
- デザインを細部にわたり忠実に表現する

**直接鋳造用素材**は、非鉄金属用の砂鋳型の作成に使用できます。この素材は、鋳物砂と石膏に、優れた表面処理効果を発揮する強度の高い鋳型を造形するための添加剤を混合させたものです。直接鋳造用素材は、非鉄金属鋳造時の熱にも耐えます。この「ZCast®」プロセスにより、金型設計に時間とコストをかけることなく、プロトタイプを製作できます。



ZCast 3D 鋳型と鋳造アルミニウムパーツ

**インベストメント鋳造用素材**は、鋳型や形状の制約を受けることなく鋳造パターンを作成するために、ワックス含浸が可能なパーツの造形に使用できます。この素材は、セルロースと特殊繊維に、焼成プロセスにおいてワックス吸収を最大限に高め焼成残渣を最小限に抑えながら精度の高いパーツを造形するための添加剤を混合させたものです。インベストメント鋳造用素材は様々な業界で、表面仕上がりが美しい高品質の鋳物を製作するために使用されています。

**スナップフィット素材**は、スナップフィット方式のパーツに理想的な、樹脂のような曲げ特性を持つパーツの造形に使用されます。米国Z社はこの素材を、Z-Snap™ エポキシ樹脂への浸漬用に最適化しました。スナップフィット素材を使用すれば、他のコンポーネントやアセンブリにはめ込む可塑性のパーツを製作できます。



エストラマー素材を使用して製作されたモデルの例

**エストラマー素材**は、ゴムのような特性を持つパーツの造形に使用されます。エラストマーへの浸漬用に最適化されたこの素材システムは、セルロースと特殊繊維に、他の添加剤を混合させたものです。エストラマー素材を使用すれば、エストラマーを吸収してゴムのような特性を持つ精密なパーツを製作できます。

米国Z社の3D印刷システムの最大の利点の一つが、3Dパーツの造形に使用できるこれら素材の豊富さです。樹脂をパーツに浸透させて、パーツに硬化樹脂の物理的特性を持たせることができます。この方法により、3Dプリンタで使用する基本素材を変えることなく用途を広げることができます。造形されたパーツは、強度はあるもののポーラス状のため、含浸によってこれらのポーラスを埋めます。コンセプトモデルと視覚化モデルを作成する場合は、パーツをワックスまたは短時間で硬化する樹脂を

含浸させます。 鋳型または固定具として製作されたパーツを強度の高いエポキシ樹脂に含浸させることで、機械加工よりもはるかに短い時間で、非常に頑丈なパーツを製作することができます。 又、プロトタイプのプロロー成形と熱成形に 3D プリンタで造形された鋳型を使用すれば、プロトタイプの鋳型作成コストと時間を節約できます。

## まとめ

MIT の 3DP 特許技術のコアコンピテンシーは、用途の広さとスピードでした。 米国 Z 社は、装置の革新と素材の開発を通じ、それらのアイデアのさらなる発展に取り組んでいます。 世界初の高解像度カラー 3D プリンタと低価格モノクロ 3D プリンタ、そして数多くのソフトウェアと高機能素材を提供している米国 Z 社は、ラピッドプロトタイピング業界における技術革新のリーダーと位置付けられております。 米国 Z 社は今後も、3D データを実空間で視覚化できる新しくクリエイティブな方法を探求しつつ、コア技術の発展に邁進していきます。

###

© 2005 Z Corporation