



いまさら聞けない

3D プリンター造形方式の違い



3D プリンターとは

3D プリンターとは 3D CAD や 3D CG などの 3D データをもとに、スライスした断面形状を積み重ねることによって立体モデルを造形する装置のことを指します。

3D プリンターの登場により、モノづくりに関する専門の知識や経験がなくとも 3D モデルさえあれば、3 次元の物体を作成できるようになりました。

2 次元のプリンター（一般的にプリンターと呼称される機器）は、紙などの 2 次元の平面にインクやトナーで文字や絵を描画するものですが、3D プリンターは熱で溶かした樹脂を積み重ねたり、液体樹脂に光を当てながら硬化させたりと、様々な方式のプリンターが存在します。

本資料では様々な方式の中でも 5 つの主な造形方法について紹介します。

3D プリンターの造形方式

- 材料押出法 / Material extrusion
- 液槽光重合法 / Vat Photopolymerization
- 材料噴射法 / Material jetting
- 結合剤噴射法 / Binder jetting
- 粉末床溶解結合法 / Powder bed fusion

3D プリンター造形方式別比較

方式	造形強度	仕上がり	造形速度	本体価格帯※1	付帯設備
材料押出法	○	×	△	～¥100 万	空調設備※2
液槽光重合法	△	○	△	～¥500 万	空調設備※2, 洗浄装置, 2 次硬化用 UV ライト
材料噴射法	△	○	△	¥2000 万～¥3000 万	空調設備※2, ウォータージェット※3
結合剤噴射法	×	×	○	¥500 万～¥1000 万	粉末除去ステーション ジェットブラスター, 防塵 掃除機, コンプレッサー関連
粉末床溶解結合法	○	×	△	¥3000 万～	粉末除去ステーション, ジェットブラスター, 防塵掃除機, コンプレッサー関連, 窒素発生装置

※1：当社調べ。記載コストの範囲外の装置も存在します。

※2：造形安定のため、設備を推奨しますが、必須ではありません。また、温度調整機能がついている製品もあります。

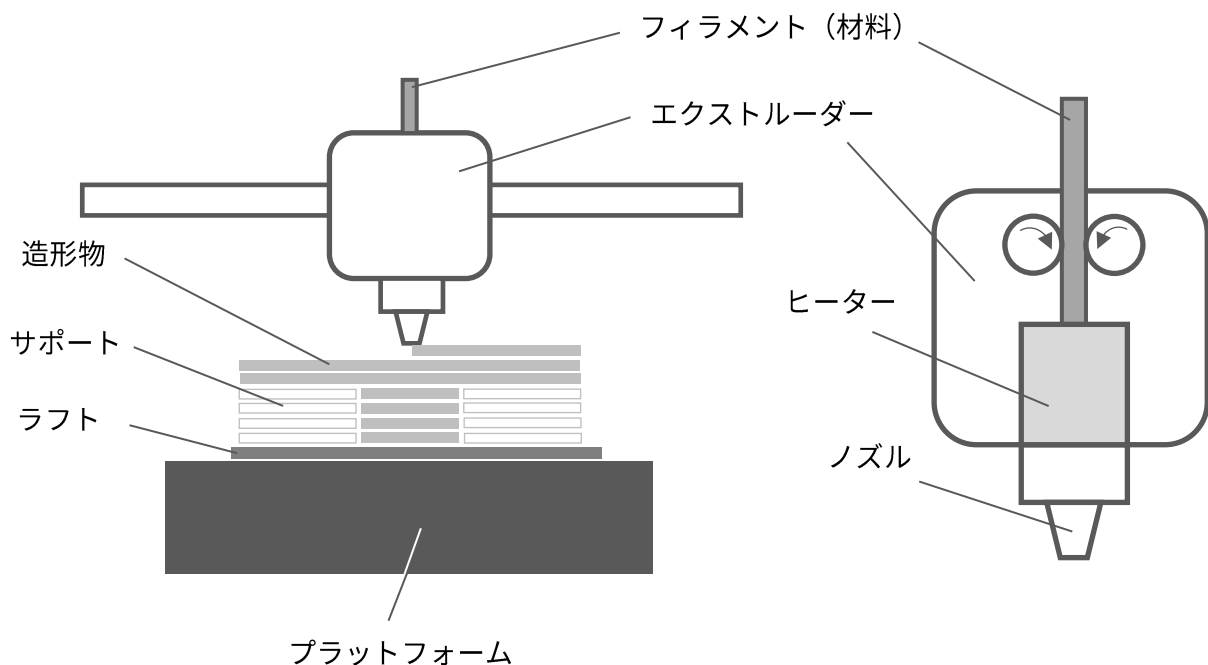
※3：サポートを素早く除去するために使用しますが、必須ではありません。手作業でサポート除去も可能ですし、水溶性のサポートを使用することで溶解させて除去することも可能です。

材料押出法 / Material extrusion

この方式は熱溶解積層法/FDM（Fused Deposition Modeling）とも呼ばれています。液槽光重合法とともに家庭用の小型 3D プリンターではもっともポピュラーな方式になります。

熱可塑性樹脂を細いノズルの先端から押出して、積層することによりモデルを作成します。材料は細長い形状でリールに巻かれた、フィラメントと呼ばれるものを使用します。フィラメントはエクストルーダーと呼ばれる押し出し機を通った後、ヒーターで加熱されて溶け、ノズルから押し出されます。断面形状に沿って移動しながら一層ずつ造形し、一層分の造形が終わると積層方向に積層ピッチ分だけ移動させて次の層を積層します。

熱せられた樹脂材料は冷えて固まる際に、収縮などの影響を受けてしまうため、装置を箱などで囲い、できる限り均一な温度管理をする必要があります。産業用 3D プリンターでは密閉構造で内部が高温に保たれている為、安定した出力が可能となっています。



メリット：

- ・ ABS などの材料が使用できるので、最終製品に近い特性の造形物を出力可能
- ・ 構造がシンプルで装置価格が比較的安い
- ・ 付帯設備が不要

デメリット：

- ・ 積層段差が目立つことが多く、表面が平滑な造形が必要な場合には不向き
- ・ 安定造形のためにある程度のユーザースキルと材料に関する知識が必要
- ・ 積層方向への強度が弱い

活用シーン：

- ・ 試作品（モックアップ）の製作
- ・ 立体構造、デザインの確認

液槽光重合法 / Vat Photopolymerization

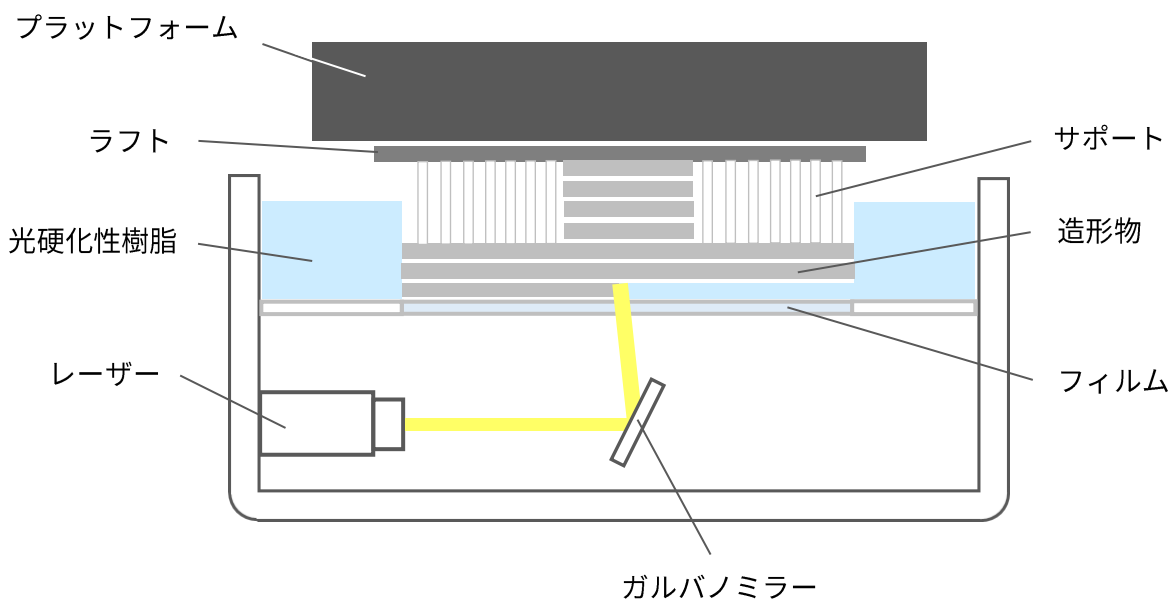
この方式は光造形法/SLA（Stereolithography）と呼ばれることが一般的で、3D プリンターの歴史の中で最も古い手法とされています。

光造形方式には、下から積み上げる方式（自由液面法）と造形台を逆さまにぶら下げる（規制液面法）方式の造形方向の違いと、紫外線レーザーを照射して造形する SLA 方式とプロジェクターのように面で紫外光をあてる DLP（Digital Light Processing）方式があります。

本資料では規制液面法、紫外線レーザーを照射して造形する SLA 方式で説明を行います。

装置タンク内に入った光硬化性樹脂に紫外線を照射し、一層ずつ硬化させて積層する方法です。

造形台であるプラットフォームを下降させて光硬化性樹脂に浸し、造形物の断面形状に沿ってレーザーを照射して樹脂を固めます。紫外線レーザーはガルバノミラーでプラットフォーム上の任意の位置に照射します。一層分の造形が終わるとプラットフォームを上昇させ、積層した層の下に次の造形を行います。



材料液体中で積層するため、サポートと造形モデルは同一材料です。

また、液槽光重合法でも温度管理は重要なパラメータです。温度が低くなるとレジンの感度が低くなってしまう為、造形しようとしたときに樹脂が硬化しにくくなる、粘度があがることで、次の層を積層する際に層の隙間にレジンが入り込まなくなるなど、造形が失敗する場合があるので注意が必要です。

メリット：

- ・ 高精細、滑らかな仕上がり
- ・ 造形に熱を利用しないので熱膨張や収縮による歪みの影響が少ない
- ・ 複数造形する場合も造形時間はあまり変わらないので生産性が高い

デメリット：

- ・ 造形直後は未硬化の液状樹脂が付着しているので、アルコール（IPA）洗浄が必要（レジンの種類によっては水道水で洗うだけで処理が可能）
- ・ 二次硬化させる後処理が必要
- ・ 材料が光硬化性樹脂である為、太陽光による劣化や耐候性が低い

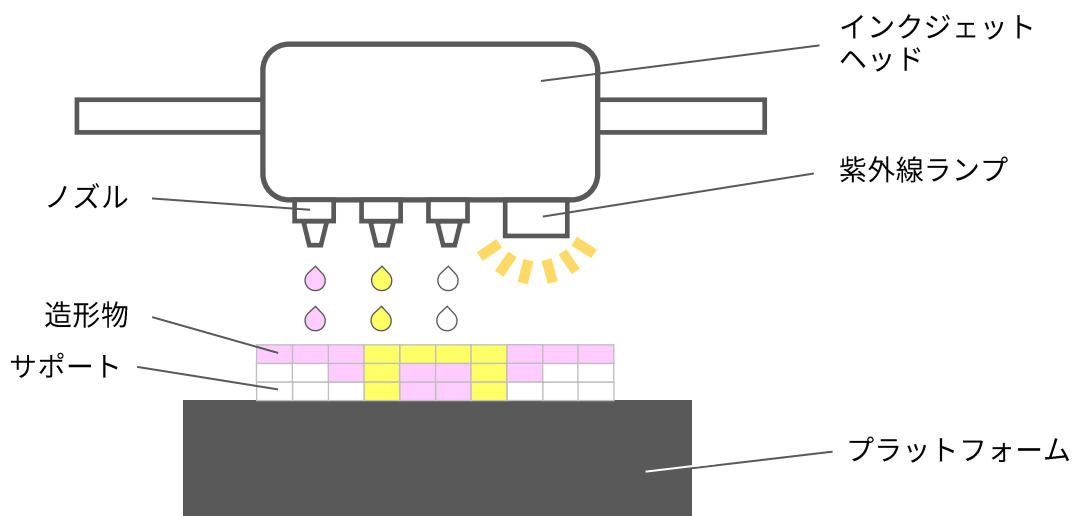
活用シーン：

- ・ フィギュアやアクセサリなどデザイン性・精度を求められる形状の造形

材料噴射法 / Material jetting

この方式は、日常的に使用する紙を印刷するインクジェットプリンターと同じ仕組みであることから、インクジェット法とも呼ばれています。

インクジェットヘッドから材料を吹き付け、ノズル横に備えられている紫外線ランプで硬化させながら一層ずつ造形します。材料には液体状の光硬化性樹脂を使用します。一層分の造形が終わったら、一層分プラットフォームが下がり次の層を造形します。



複数の材料を選択して混合利用することで、さまざまな硬度や着色の造形を実現することが可能です。

メリット：

- ・ 高精細、滑らかな仕上がり
- ・ 複数素材の混合利用が可能
- ・ 塗布した樹脂を一気に硬化させるので比較的造形が速い
- ・ フルカラーの造形が可能

デメリット：

- ・ 材料が光硬化性樹脂である為、太陽光による劣化や耐候性が低い
- ・ 他の造形方式と比較してサポート材を多く使用する為、材料費が多く掛かる場合がある

活用シーン：

- ・ フィギュアやアクセサリなどデザイン性・精度を求められる形状の造形
- ・ フルカラーを活かした医療用模型

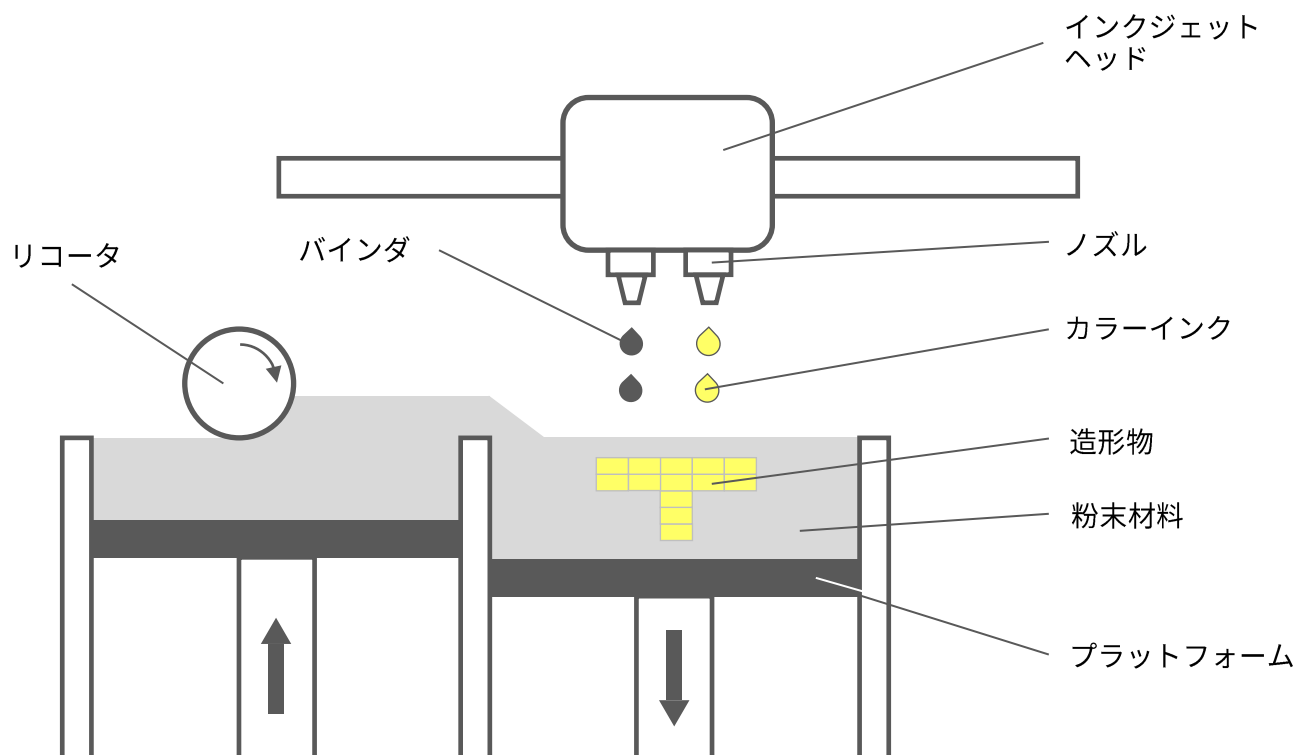
結合剤噴射法 / Binder jetting

この方法は粉末固着積層法とも呼ばれており、粉末状の材料を使用します。

敷き詰められた粉末にノズルから液体の結合剤（バインダ）を吹き付けて材料粉末を固めて造形する方式です。まず、材料の粉末をプラットフォームに敷き詰めた後、その表面をリコータと呼ばれるローラーで平らにします。次にインクジェットのノズルが断面形状に従って結合剤を噴射し、粉末材料を固めます。一層分の造形が終わるとプラットフォームを下げ、新しい粉末材料を敷きます。

カラーインクをバインダと一緒に吹き付けることでカラーでの出力も可能です。

粉末材料の中に造形物ができるので、周囲の粉末がサポートの役割を果たすため、サポートは不要となります。



メリット：

- ・ サポート除去の必要性がないため、複雑な造形も可能
- ・ 熱を使用する造形法でないため、予熱や冷却の工程が不要
- ・ 色のついた結合剤を複数混ぜることでフルカラーの造形が可能
- ・ 造形速度が他の方式よりも速い

デメリット：

- ・ 表面がざらついた仕上がり
- ・ 成形後に接着剤の含浸処理が必要で手間がかかる
- ・ 粉末を接着剤で固めるという造形の構造上、強度が低い
- ・ 材料に粉末を扱う関係上、粉塵への対策が必要

活用シーン：

- ・ 強度を求めない、モデルデザインの確認
- ・ カラーでの着色を活かした建築模型やフィギュア製作

粉末床溶解結合法 / Powder bed fusion

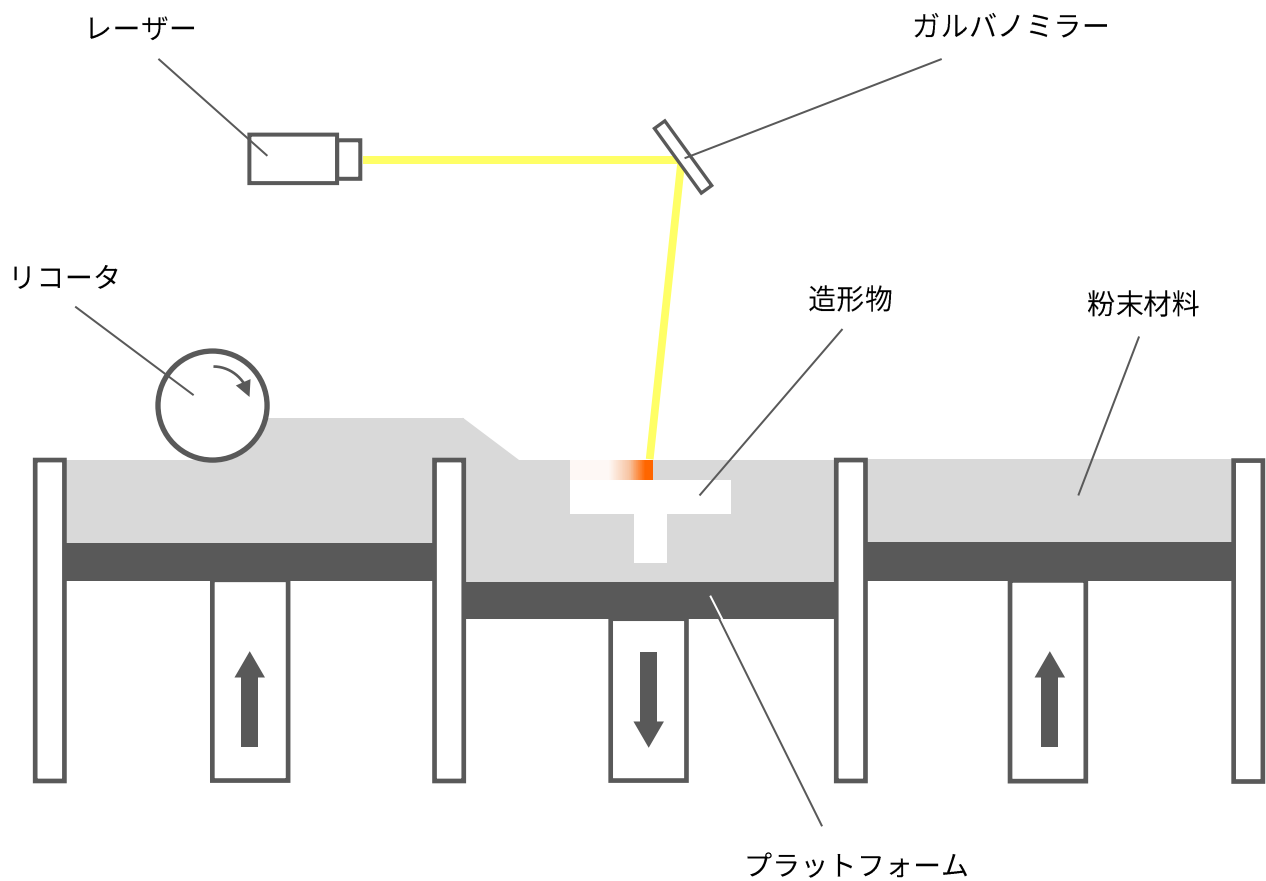
この方式は一般的には粉末焼結法、SLS（Selective Laser Sintering）と呼ばれています。

粉末状の材料をプラットフォームに敷き詰め、次に表面をリコータと呼ばれるローラーで平らにします。その平らになった表面にレーザーを照射し、焼結させることで造形します。レーザーは造形断面に走査するよう、ガルバノミラーで制御しています。一層分の造形が終わるとプラットフォームを下げて、そこにまた粉末を供給・平らにして次の層の造形を行います。

結合材噴射法と同様に粉末材料の中に造形物ができるという特徴から、周囲の粉末がサポートの役割を果たすため、サポートを不要とすることができます。

使用できる材料として、ナイロン樹脂やセラミック、銅・チタンなど幅広く利用できます。

ただ、材料に粉末を扱うため、空調設備や集塵設備、不活性ガスを供給する設備が欠かせないため、3Dプリンターの中で最も導入コストがかかります。



メリット：

- ・ 耐久性のある造形物を作成可能
- ・ サポート除去の必要性がないため、複雑な造形も可能
- ・ 使用できる材料選択の自由度が高い

デメリット：

- ・ 表面がざらついた仕上がり
- ・ 造形後の冷却に時間がかかる
- ・ 付帯設備が多く必要な為、初期費用が高額になる

活用シーン：

- ・ 試作から実製造部品の製作
- ・ 耐久性や機能性が求められる部品の造形