

2 FDM 方式プリンターを知ろう

1. FDM 方式のしくみ

このガイドブックでは、FDM 方式の装置を利用することを前提としていますので、FDM 方式の仕組みについて詳しく紹介しておきましょう。

(1) 原理

フィラメントと呼ばれているひも状の樹脂を、溶解ヘッドを通して熱で溶かし、溶けた樹脂を溶解ヘッドのノズルの先端からさらに細い糸状にして成型台（プラットフォーム）上に押し出し、2 次的に形等を描き、それを上方向に積層していくことによって造形する仕組みになっています。図 1 に、その 3D プリンターの 1 例を示します。



図 1 FDM 方式プリンターの例

（２）利用できる材料

利用できる素材は、ABS、PLA、ナイロンなどの樹脂です。溶解温度等の樹脂の特性が異なるため、装置によって利用できる樹脂が限定されます。

ABS 樹脂というのは、アクリロニトリル (Acrylonitrile)、ブタジエン (Butadiene)、スチレン (Styrene)を原料とする共重合合成樹脂の総称です。ABS はそれらの原料の頭文字です。70～100℃で溶解します。ABS 樹脂の成型物は、後で述べる PLA に比べて粘りがあり、構造部品としての強度が保てること、積層した表面をサンドペーパーやヤスリなどで容易に処理することができるなどの長所があります。短所としては、厚みのない造形物や大きい造形物では、樹脂の熱収縮性の影響を受けて成型中に反りかえってしまい、形状が維持されなくなる場合があることがあげられます。

PLA 樹脂は、ABS 樹脂よりも成型温度が低く、成型物は粘りが少なく強固であるという特徴があります。変成が少ないため、大きい造形物を制作することが容易です。また、植物由来の成分で出来ているため、成型中に不快なおいや有害物質が少ないという特徴もあります。PLA 樹脂の短所としては、成型温度が低いため、造形物自体が高温に弱いこと、表面が硬いために後処理がしにくいことなどがあげられます。塗装する場合も ABS 樹脂に比べ表面に塗料がのりにくいという難点があります。

（３）装置の価格帯

数万円台から数十万円と幅があります。また、購入時の価格は安価であっても、

材料となるフィラメントが高価であるなど、維持管理に経費が多く必要となるものもありますので、導入に際しては多角的に情報を入手することが大切だといえます。

（４）FDM 方式の長所

FDM 方式のプリンターは、他の装置に比べて、低価格の機器が登場しているところが大きな長所だといえます。個人向け 3D プリンターのほとんどがこの方式を採用しています。装置や材料の取り扱いも比較的容易だといえます。材料のフィラメントの色のバリエーションも豊富です。

（５）FDM 方式の短所

高額な他の方式の機器に比べて、造形精度がそれほど高くはないということがあげられます。積層による造形のため表面に造形跡の凹凸が残ることがあります。触覚立体教材として利用する場合は、この凹凸の程度が検討課題となる場合があります。また、機種によっては、サポート専用材料を利用できないため、サポート部分の除去に手間がかかることもあります。このサポートについては、のちに詳しく紹介します。

（６）FDM 方式プリンターの特徴と機種

FDM 方式プリンターの特徴を以下に記します。また、現在、市販されている主な機種の性能を巻末にまとめましたので参照してください。

溶解ヘッド

FDM 方式の 3D プリンターは、ひも状のフィラメントと呼ばれる樹脂を高温で溶かし、さらに細い糸にして造形を行う「溶解ヘッド」という装置が大切な役割を

果たしています。この溶解ヘッドは、機種によって搭載数が異なります。溶解ヘッドが1基のみの製品をシングルヘッド、2基搭載したものをデュアルヘッド、3基搭載したものをトリプルヘッドと呼んでいます。低価格の3Dプリンターは、シングルヘッドが中心です。シングルヘッドの場合、造形において、一度に使用できるフィラメントが1種類となるため、造形物は単色になります。また、サポート部分の造形も造形材料と同一の材料で造形されることになります。サポート部分は造形が終了したら取り除くものですが、専用のサポート材でないと除去するのが難しくなる場合があります。

造形サイズ

個人ユーザー向け3Dプリンターは、机の上に設置できるほどのサイズのものが多く、造形できるサイズも限られています。造形サイズが大きいほど制作の自由度は高くなります。視覚障害教育用の触覚立体教材作成の場合、大きなものが1度で造形できるのは魅力的です。しかし、大きなものを造形しようとする、出力時間も長くなり、造形途中で造形に歪みが生ずるなど、トラブルも生じやすくなります。大きな物を造形する場合は、いくつかのパーツに分割して出力して、後で合体させる方が無難な場合もあります。そうした点からは、必ずしも造形サイズの大きい装置でなくてもよいということになります。3Dプリンターの導入に当たっては、造形サイズだけでなく、造形精度等も考慮して機種の選択を考える必要があります。

プラットフォーム

プラットフォームとは、造形物が形成される台のことです。この台が垂直軸（z 軸）上を移動しながら造形作業が進んでいきます。

プラットフォームはできるだけ水平に設置されていることを確認する必要があります。水平でない場合、プリント中に支障が生ずる場合があるからです。また、プラットフォームに油脂等がついていると、造形物が剥がれてしまうことがあります。定期的にアルコール等で洗浄することが必要です。

ヒートベッド

ヒートベッドとは、造形プラットフォームの部分を温めるヒーターのことです。ヒートベッドがある方が、プラットフォームから造形物が剥がれにくくなります。ただし、この場合、プラットフォームの温度が、90℃前後まで上昇するので、造形中は、安全面に注意する必要があります。

積層精度について

FDM 方式の 3D プリンターでは、溶解ヘッドから押し出される溶けた樹脂を積層していくことで造形を行います。この上下方向の積層の幅を積層ピッチといいます。個人ユーザー向け 3D プリンターでは、積層ピッチ 0.1~0.5mm 程度の範囲で設定できるようになっているものがほとんどです。積層ピッチを 0.2mm に設定すると、高さ 50mm の物体を造形するには、250 層、積層ピッチが 0.1mm の場合は 500 層積み重ねることになります。

等高線が緻密な方がより立体的な表現に近くなるのと同様に、積層ピッチが小さ

い方が積層の段差が目立ちにくくなり、より精細でなめらかな立体の造形が可能になります。他方、積層数が多くなる分、出力時間は長くなります。

視覚障害教育用の教材は、触覚を利用することが前提となっているため、積層ピッチについては値が小さい方が望ましいといえますが、造形物の形状、3D データの設計の方法、プリンターの精度などのさまざまな条件を勘案して決めていく必要があります。一般的には、出力時間を考慮して、積層ピッチ 0.2~0.25mm 程度で造形されています。