

## No.30

# 3Dデジタル設計・製造技術 の鉄道車両への適用

今回の「鉄道トレンドウォッチング」では、最近産業界でも普及が進んできた3Dプリンターの技術を中心に、これに関する設計・製造の話題を紹介します。

### ■ 3Dプリントと従来の加工技術

各種製造業では、製品開発や生産の効率化を目的として、3Dプリンティングの導入が進みつつあります。

従来の切削・塑性加工技術は、大きな材料を切ったり曲げたりして製品を作りますが、3Dプリンティングは立体物をデータから直接造形します。材料を薄い層として必要な分だけ積み重ねる「積層造形法 (Additive Manufacturing : AM)」によって造形を行います

す(図1左)。3Dプリンターは、中身がハチの巣状に空洞になっているような製品を作ることができるなど、成形できる形状に自由度が高いことが利点です。また、従来の切削加工では削ったり切り取ったりした余分な部分が発生しますが、3Dプリンティングは必要な材料しか使わないことも利点です。一方でこの方法は、材料などによっては固まるまでにせり出し部などが垂れ下がるので(図1右)、製造不良を防ぐ工夫が必要になります。このほか、積層水平方向の強度が劣る、利用できる材料が限定される、材料費が高い、といった欠点もあり、特徴を活かして使うことが必要になります(表1)。

樹脂系の3Dプリンターは、1980年に、光造形法とよばれる、槽に入った液状の光硬化性樹脂に光線を照射し製作する方式が開発されたのが始まりです<sup>1)</sup>。1980年代後半に熱溶融積層法(FDM法)が開発され、多くのデスクトップタイプの3Dプリンターに採用されて普及が進んでいますが、熱した樹脂が冷える際の収縮で変形するという欠点もあります。きめ細かい造形には光造形法が向いていますが、光によって材料劣化を生じるという欠点もあります。光造形法をより発展させた、インクジェットプリンターの仕組みで素材を噴射・硬化させる、カラー出力も可能なマテリアルジェット法や、素材ではなく結合剤を噴射する、造形速度の速いバインダージェット法などが開発されています。

金属系の3Dプリンターは、1990年代前半に、粉末焼結積層造形法(SLS)が開発されたことが始まりです。平ら

### ■ 3Dプリントの種類

3Dプリンターは、樹脂製品を製造するものと金属などの製品を製造するものがあり、多様な製造方法が開発され、現在も発展途上にあります。

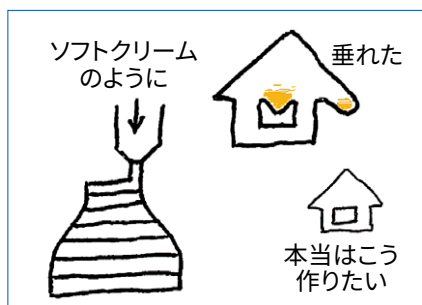


図1 積層造形法とその弱点

表1 3Dプリンターの特徴

利点	欠点
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 材料に無駄がない</li> <li>• 成形の自由度が高い</li> <li>• 機械任せに製造できる(同時多数・繰返し製造、設定後は特別な投量不要)</li> <li>• 内製可能(納期短縮)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 材料が限定される</li> <li>• 積層跡が残る</li> <li>• せり出し部が苦手(材料や製造法による)</li> <li>• 材料費が高価</li> <li>• 製造に時間が掛かる</li> <li>• 水平強度が弱い</li> </ul>

表2 3Dプリンターの造形方式

樹脂系	
光造形法	液槽に満たした光硬化性液体樹脂に光線を照射する。光によって材料劣化する。
FDM法	断面輪郭に沿ってノズルを移動させ、熱可塑性樹脂のペーストなどを押し出す。熱収縮で変形する場合がある。
マテリアルジェット法	溶けた材料を滴下し、光硬化させ積層する。
バインダージェット法	平らに敷き詰めた粉末素材に液体結合剤を噴射する。
金属系	
SLS方式	平らに敷き詰めた粉末金属にレーザーを照射し焼結する。
シート積層法	薄いシートを重ねて接着結合し、レーザーでカットする。
指向性エネルギー堆積法	粉末金属を吹き付けながらレーザーで肉盛溶接する。

に敷き詰めた粉末素材にレーザービームを照射し焼結する方法で、敷き詰めた粉末素材自身が垂れ下がりを防ぐため設計の自由度が高く、また焼結しなかった粉末素材は再利用できることも利点です。一方、材料が粉末であり粉じんが発生するの

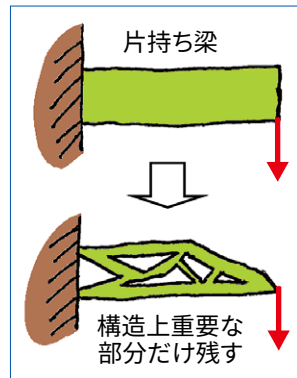


図2 トポロジー最適化 (イメージ)

で、引火を防ぐ設備が必要なことが欠点となっています。粉じんの対策としては、薄いシートを重ねあわせて製造するシート積層法や、造形に必要な最小限の金属粉末を吹き付けながらレーザー光で肉盛溶接する、大型造形も可能な指向性エネルギー堆積法などが開発されています(表2)。

### ■ 3Dデジタル設計と応用

3Dプリンターを利用する場合、設計では、紙図面での表記を原則としたデータではなく、3D設計データを使います。3D設計では、従来の2D図面では表現しきれない3D属性を明確化できます。視覚的に形状を理解しやすいことから、2D図面に不慣れな人にもコミュニケーションが進むメリットがあります。部品や製品の納品・在庫管理や、顧客への取扱説明、営業など、関係する部門で情報の授受を促進する効果が期待できます。

また、3D設計データは、数値解析にも応用できます。想定した荷重条件や使用条件のもとで、構造上重要な箇所とそうでない箇所を区別し、少ない材料で効率のよい形状を設計する「トポロジー最適化」への利用に適しています(図2)。

### ■ 3Dプリントの鉄道への利用

鉄道車両は長期間使用されることが

多く、部品のライフサイクルも長くなります。鉄道会社はメンテナンス部品などの保管場所を確保する必要があります。部品をデータで保管し、必要のつど3Dプリンターで製造することができれば、部品の在庫を物理的に持たないで済むようになります。この方法はデジタル倉庫ともよばれ、海外の鉄道車両メーカーでは、webサイトで注文を受け付けて逐次製造するサービスが行われています。客室のグラフハンドル(手すり)や肘掛けのほか、大型の3Dプリンターを利用して車両外装部品を製造する例があります。

新幹線車両が高速で走行するとき発生する騒音のうち、車両まわりから発生する空力音を低減することが重要です。鉄道総研が行った、パンタグラフの部材表面に多孔質材を適用し空力音を低減する研究で、さまざまな適用パターンの空力音低減効果を評価する実験に3Dプリンターを活用しました(図3)<sup>2)</sup>。多孔質材を、どこに、どのような形で適用するかを検討するには、試作と実験をくりかえす必要があります。このようなトライアンドエラーをとまなう作業で3Dプリンターは威力を発揮します。

### ■ 今後の活用

3Dプリンターと3D設計は、製品開発や生産などを効率化させるにとどまらず、新たな変革を生むと期待され

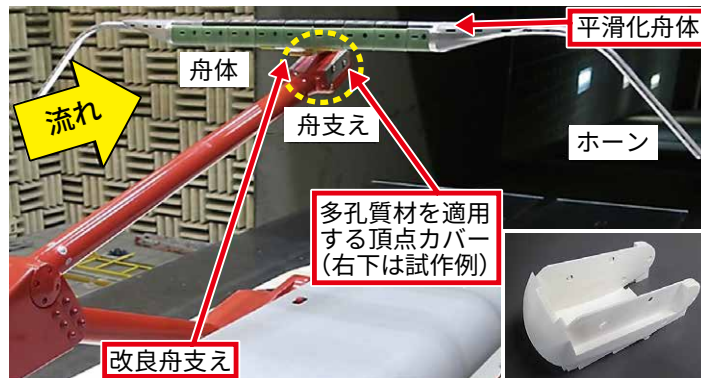


図3 パンタグラフの実験における3Dプリンターの活用 (文献2 図3に加筆, 改良舟支え, 平滑化舟体は文献2参照)

ています。3Dイメージで作業員に的確に作業内容を伝え、複雑な製品の製造や、高度なメンテナンスを可能とするほか、経験が浅くても作業できるようになります。製品設計では、3Dデータから体積・表面積・重心などを算出し設計精度を高め、3Dプリントされたプロトタイプを活用した工程の前倒し作業(フロントローディング)による品質向上が図られます。

3Dプリンターには一方で、先に述べたようないくつかの課題もあります。製造のノウハウも必要で、高い寸法精度や表面平滑を要求する部品、強度や剛性を要求する部材、大きな製品などを製造するには向いておらず、現状では試作品や特注品などの製造に使われるにとどまっています。しかしながら、3Dプリンターの技術も進歩しています。3Dプリンターや3D設計でなければ作ることができない製品もあります。従来からの設計・加工技術にとって代わるものではなく、新しい可能性を模索するものとして、今後の関連技術に注目していきたいと思います。

(大屋戸理明/企画室 戦略調査)

### 文 献

- 1) 小玉秀男：立体図形作成装置，特願昭55-48210，1981.11.10
- 2) 長倉清：新幹線速度向上時の沿線環境負荷の低減，RRR，Vol.77，No.7，pp.32-35，2020