

# 令和元年度 第3回 テクノロジー・カフェ 開催報告

## 【開催概要】

開催日時:令和元年12月4日(水)18時~20時

開催場所:東京理科大学 葛飾キャンパス 理科大サイエンス道場(図書館棟1階)

主催:葛飾区産学公連携推進協議会、葛飾区、東京理科大学 研究戦略・産学連携センター

参加者:18社 合計22名

テーマ:連続炭素繊維複合材料(CFRP)の3Dプリンティング

講師:理工学部 機械工学科 准教授 松崎 亮介 氏

概要:炭素繊維複合材料3Dプリンターに関わる最新技術の特徴、従来技術との比較、用途展望などについて説明する。

## ■FRPとは?

FRPとは、Fiber-Reinforced Plasticsの略で、ガラス繊維やカーボン繊維などと組み合わせることにより、強度を高くした繊維強化プラスチックの総称。2種類以上の材料を混合することで、一種類の材料では達成できない特性を持つ。

FRPは主に強化材(繊維)、母材(マトリックス)、副資材によって構成される。

(例)

・ガラス繊維 + 樹脂……GFRP

・炭素繊維 + 樹脂……CFRP

・アラミド繊維 + 樹脂……AFRP

これらの複合材料は航空機や自動車などの乗り物から、ユニットバスなどの住宅設備機器まで幅広く使用されている。

## ■複合材料を使った3Dプリンターの誕生

炭素繊維強化プラスチックをはじめとする複合材料の活用は、軽量化による省エネルギーの観点から、航空宇宙と自動車産業において極めて重要であり、世界的に急ピッチで研究が進められている。

その動きの一つとして、松崎氏が注目しているのが、連続炭素繊維をその場で樹脂と複合化し、立体造形する「炭素繊維複合材料3Dプリンター」である。

ニアネットシェイプ(切削・研磨等の後加工をする必要の無いほど、完成品に近い状態のこと)での成形が可能であり、トリム等の二次加工が最小限で済むため、コストダウンに効果的という特徴がある。

複合材 3D プリンターを使えば、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)などを材料として、従来の金属材料よりも軽量かつ高剛性・高強度の製品を作れる。

### ■ 3D プリント複合材料の材料特性

連続炭素繊維は密度が低いため、軽量化が望める。(炭素繊維の場合、1/4 程度の密度しかない)  
重量あたりの引っ張り強度は、炭素鋼など従来の材料と比べて 7~8 倍の値となる。

非常に軽く、強度が高いものを作れるという特徴は、FRP の魅力をアピールするためによく入れていることである。航空機にも CFRP が適用されており、自動車にはラージトウという炭素繊維が使われている。

経済性の問題はあるが、エポキシ樹脂やガラス繊維など他の材料と混ぜて使うため表示価格がそのまま適用されるわけではない。今後ますますコストダウンが求められている。

### ■ 3D プリント時の構造

ハニカム、ひし形、四角、丸などデザインも自由に変えて作ることができる。

この研究ではデザインの最適化まではしていないがシミュレーションと組み合わせて、あらかじめ計算すればそのまま出力し物作りができる。

(例)

・ハニカムコア構造 :

ハット型形状を繰り返すことにより、ハニカムコアを作成。一筆書きでプリント可。

・ブリッジ構造 :

従来の工業用 3D プリンターの場合、広いブリッジ構造には、サポート材が必要であった。連続炭素繊維の場合は張力が強いいため、サポート材なしで間隔の広いブリッジ空間の造形も可能となる。

課題 :

・樹脂素材だと正確にプリントできる場合でも、炭素繊維を使うとずれる場合がある。張力がノズルにもかかり、引っ張られることが原因である。ある程度計算もできるが、複雑な形するときには移動する量を見積もるのが難しくなるだろう。

・複合材を使ってプリントする場合、中の空気を巻き込みやすいため、しっかり押し付けて作る必要がある。

### ■ 新技術の特徴：従来技術との比較

連続炭素繊維材料に 3D プリントすると、3DCAD データから、最適化、成形まで自動化できる。  
金属を使わず高剛性・強度部材の材料を製造可能。  
多品種小ロット生産に向く。  
開発期間、製造時間、コスト、重量を大幅に低減。  
繊維方位を自由に制御できるため、最適化手法と組み合わせて CFRP の利点を最大限に発揮できる。  
多品種小ロットのものや、研究開発段階でどンドン形を変えながら作りたいという人にはおすすめの手法である。

これまでの研究により、3D プリンターの特長わかってきた。

<プリントに向いている機能・構造>

・自動アイソグリッド構造成形:

アイソグリッド構造とは、連続した正三角形の補強部分(リブ)を伴う面で構成される軽量化と強度を両立した構造のこと。主に航空機やロケットで使用されている。

・板厚方向高靱化

板厚方向とは、鋼板の厚み方向を意味する。引張力が作用する際には、板厚方向の靱性が必要になる。ミシンを使うステッチング技術はあるが、さらに工程増加できる。

<実現が難しいもの>

・応力集中緩和型:

応力集中が起きることで、製品は一般の設計より低い応力で破壊に至る危険がある。これまでの複合材料は応力集中で剥離が起こり、量産不可能。

・曲げ加工可能構造

・剛性テーラリング

■プリント時に誤差が出る要因

プリント中、ノズルは自転しないため同じ位置で 1 回転することになる。その中で外側と内側の繊維が 2 回交差し、折り返しが 2 回起きる。これを「うねりモデル」という。うねりモデル、不完全接着剤モデルにより、設計データからずれることがある。

■世界で使用されている複合材料 3D プリンター

現在複合材料の 3D プリンターは世界的に開発が進んでいる。

例えばオークリッジナショナルラボラトリーでは、大型 3D プリンター技術を持ち、3D プリンター製の電気自動車や潜水艦、油圧ショベルを製造した。

また、ドイツの空気圧機器メーカーFesto が、グラスファイバーと UV 硬化樹脂を使って立体構造物を出力する「3D cocooner」を開発。マユやクモの巣のようにバイオニックな骨子構造を出力する。

米国テネシーの Branch Technology は光硬化の樹脂 + 短繊維 CF での成形が可能で、建築用途で大型構造物を造形した。

これらの 3D プリンターを購入するにはたいへんな費用がかかるが、「3Hubs」というオンラインサービスは、プリンターの所有者とプリント希望者を結びつけるプラットフォームとなっている。

松崎氏は今後の展望についてこう話した。

「これからは研究するだけではなくて、技術を世の中に広めたいと思っています。ただ大学の業務のかたわらでは難しいところもあったので、仲間と会社を立ち上げました。面白そうだと思っていただけたら一緒にお仕事をさせていただけたらと思います」

#### 【質疑応答】

事務局：松崎先生が企業に協力してほしいことはありますか？

松崎：複合材料の 3D プリンターはわずかなコストで活用できると聞いているので活用していただけたらと思います。

現在、重工業メーカーと一緒に開発をしているものもあります。いろいろな要望があって共同研究もしています。

参加者：ゴムを複合材料として使うこともできますか？

また、先生の会社ではどのようなことをされているのでしょうか。

松崎：ゴム、樹脂と繊維はいろいろ変えられます。

将来的には柔らかい材料と硬い材料を組み合わせることで、柔らかい部分と硬い部分を同時に作ることもできるのではないかと思います。

会社は、正直趣味のようなものです。知的財産を生かしたり、プリントの試作を請け負ったりする形で運営しています。

参加者：先生にプリントをお願いすることもできるのですか？

松崎：できますが、大学発ベンチャーとしては登録していないので、直接ご相談いただければと思います。

参加者：樹脂の硬度とファイバーの硬度が別々のものを混ぜて、一本のノズルで出しているものはあるのでしょうか。動画では繊維量がかなり少なく感じましたが。

松崎：繊維の入っている量は30~50%までです。航空機だと65%くらいまで使えます。

参加者：剥離するという話がありましたが、それは手ではがせる程度のものでしょうか？

松崎：複合材料は、よっぽど特殊なものでない限り、平面の上に積み重ねたものは弱いです。現在航空機で使われているものでもはがれます。

樹脂の特性として、クラックが入っている状態ですと、そこから裂けてしまいます。

参加者：ブリッジの形状のものは、サポートがいらぬという話でした。

FDRの場合は熱膨張でそりが出たりします。そういうところにも有効ではないかと思いました。

松崎：たしかに繊維方向はうまく作らないと樹脂と同じようにそりますので。

参加者：ハニカムやサンドイッチ構造のものはそっていないということですね。

松崎：そうです。

参加者：資料の最初のほうの材料特性の試験結果について。

バラツキが大きく見えるのはなぜでしょうか。

松崎：今回はデータとしてもバラついているので、形としては安定していないということです。

参加者：ありがとうございました。

(おわり)