

FFF式3Dプリンター用新フィラメント FABRIAL[®]

FABRIAL[™], new filaments for FFF-type 3D-printer

インキュベーションプロジェクト 3Dプロジェクト, 石化事業開発部

1 はじめに

1980年代末、3Dデータをベースに光硬化性樹脂をレーザー光で硬化させながら形状を積み上げていく、“光造形式”の3Dプリンターが商用化された。当時は「3Dプリンター」ではなく「ラピッドプロトタイピング」と呼ばれ、企業の設計、試作における形状確認に用いられてきた。JSRも1990年に株式会社ディーメックを設立して、光造形システム事業を開始し、高靱性や高透明性といったユーザーニーズを満たす光硬化性樹脂を開発してきた。光造形システムにおいては、日本市場におけるリーディングポジションを今も堅持している。

一方、フィラメント形状の熱可塑性樹脂を熱で溶融してノズルから吐出させ、造形したい面上に溶融された樹脂を積層して造形していく、“樹脂熱溶融積層式(FFF式)”の3Dプリンターは、2006年にその基本特許が失効し、その後低価格のFFF式3Dプリンターが欧米を中心に販売され始めた。とりわけ2013年のアメリカ、バラク・オバマ大統領の一般教書演説にて言及されたことが脚光を浴びる一因となり、「3Dプリンター」という言葉が世間に定着するまでに至った。現在、250社を超えるFFF式3Dプリンター装置メーカーが世界各国に存在し、新規参入メーカーも後を絶たない¹⁾。

しかしながら、FFF式3Dプリンターに使われる材料に目を向けると、プリンター装置の機械的制限もあり、ユーザーが取り扱える材料の種類は少なく、その機能もまだ不十分で、ユーザーからの改良の声は大きい。今回JSRは、これまでの熱可塑性樹脂やエラストマーに関する技術蓄積をベースに、FFF式3Dプリンターユーザーのニーズを満たす新たなフィラメント製品群“FABRIAL[®]”を上市したので紹介する。



図1 FFF式3Dプリンター用新フィラメント FABRIAL[®]

2 FABRIAL[®] Pシリーズ

FFF式3Dプリンターで主流のフィラメント材料はPLAとABSの2種であり、反りの大小、臭気や造形品の強度、耐熱性等の観点から使い分けられている。例えば、大型成形品を造形する際には反りの発生を避けるためPLAフィラメントの使用が増加している。しかしながら現状のPLAフィラメントには強度不足等の課題があり、用途が制限を受けることがある。そこで、JSR独自の高分子技術で開発したFABRIAL[®] Pシリーズは、PLAフィラメントの特長である低反りは維持しつつPLAの課題を解決し幅広い用途・ユーザーにて使用できるよう設計を行った。

それまでのPLAフィラメントはフィラメント自身の強度が弱く、プリンターへのフィラメントセット時や造形途中、もしくは造形終了後にセットしたまま放置したおいたフィラメントが折れるという問題が発生する。特に低温時に強度低下が大きく冬場や寒い地域ではフィラメント保管時にも割れが発生することもある。FABRIAL[®] Pシリーズは、フィラメントの靱性を向上させる設計をしており環境温度を低温にした折れ試験でもフィラメントの折れが発生しないことが確かめら

表1 FABRIAL® Pシリーズの折れ試験結果

| | FABRIAL® Pシリーズ | 市販PLAフィラメント |
|-------------------------------|----------------|-------------|
| フィラメント180° 折り曲げ試験[-20℃] | ○折れ発生せず | ×折れ発生 |
| ボビン巻きつけ試験 [φ4cmボビン×5℃×2週間] | ○折れ発生せず | ×折れ発生 |

れている。(表1)

加えてFABRIAL® Pシリーズでは、造形時の高さ方向での密着性を向上させる設計を折りこんでいる。FFF式3Dプリンターでは溶融し吐出された後に冷え固まった樹脂の上に再度樹脂を積層、固化を繰り返して何層も積層していく。そのため材料強度そのものが高くて各層の密着強度が低ければ力が加わった際に層間から剥離が発生し造形品の破損が起ってしまう。表2に高さ方向の密着強度測定結果を示す。

上記の材料強度の向上ならび積層方向の層間密着強度向上により、3Dプリンターでの造形品強度も向上している。図2に市販のPLAフィラメントで作成された3D造形物対比での鉄球落下試験の結果を示す。200gの鉄球を30cmの高さから落下させた際の造形物を比較した写真であり、PLAフィラメントで作成された造形物は割れが発生しているのに対し、FABRIAL® Pシリーズを用いた造形品は割れが発生しておらず、造形物が高強度であることが示されている。

一方、FABRIAL® Pシリーズは直近のユーザー評価の中で造形物の外観の綺麗さも認められてきている。積層痕が目立ちにくく研磨等の後加工等をせずとも良好な外観が得られるため、造形物の強度を活かしつつ手軽に装置部品や治具等を自前で作りだし使用することが可能になると想定される。

表2 FABRIAL® Pシリーズの積層方向強度測定結果

| | FABRIAL® Pシリーズ | 市販PLAフィラメント製 |
|-------|----------------|--------------|
| 引張強度* | 16MPa | 8MPa |

*JIS K 7139タイプCダンベル形状を各層間積層時間12秒で造形実施し試験実施

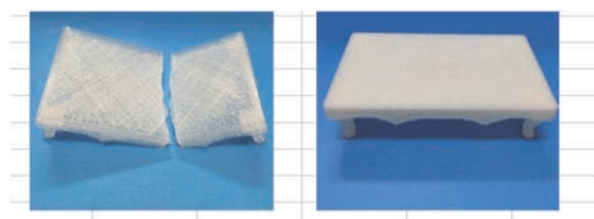


図2 鉄球落下試験写真

3 FABRIAL® Rシリーズ

PLAやABSといった硬質のフィラメントの材料が普及する一方で、軟質なフィラメントもユーザーのニーズに対応して提供され始めている。ユーザーの軟質フィラメントの利用用途は、ヘルスケア用品や身体への装着品などへの検討が多く、その材料の安全性も求められていることが、実際のユーザーとのコミュニケーションの中で見出された。そこでJSRは、医療機器にも利用されるファインな熱可塑性エラストマー技術を応用し、ヘルスケア関連を中心とした用途への利用を想定した、皮膚刺激性テスト(ISO10993-10準拠)による安全性確認済の軟質フィラメントFABRIAL® Rシリーズを、慶應義塾大学SFC研究所との共同研究により開発した。

図3にFABRIAL® Rシリーズの造形品の例を示す。FABRIAL® Rシリーズの材料自体は、その弾性率が130MPaとそれほど軟質度が低いわけではないが、3Dプリンターの特徴である造形物の内部密度や空間配置を制御することで、造形物全体としての軟質度を自由に変化させることが可能である。さらに発展した例として、FABRIAL® Rシリーズの造形品の内部空間に液体やゲルを封入し、単純に柔らかい材料で造形したものとは異なる、さらに柔軟な触感をもつ造形物も実現している。

このことは製品デザインにおいて重要であり、製品デザイン上、造形物はただ柔らかいだけでなく、構造形状を支えるため、ときには適度な硬さも部分的に求められることから、単一材料ながらデザインによって幅広い特性が得られることはユーザーにとって非常にメリットがある。

4 おわりに

FABRIAL®は、これまでユーザーの懸念であったフィラ



図3 FABRIAL® Rシリーズの造形物の事例

メントの折れやすさや造形物の衝撃強さを改良したPLA系フィラメントのPシリーズ、そして、ユーザーとのコミュニケーションの中からヘルスケア用途での利用を想定し開発された軟質フィラメントRシリーズからなる。

今後の3Dプリンターのさらなる普及と、様々な場面での利用を想定しながら、JSRが持つ樹脂・エラストマー技術をベースに、さらなるユーザーニーズに応えるフィラメント材料の展開を進めて行く。

参考文献

- 1) Joris Peels “Wholers Report 2014, 3D Printing and Additive Manufacturing State of Industry Annual Worldwide Progress Report”, Wholers Associates Inc. (2014), p99.