

大型 3D プリンタによる「まちアイテム」制作を通じた Freeline.Tube 技法の検証

Verification of the Freeline.Tube Technique through the fabrication of 'Urban Items'

by Large-scale 3D Printer.

荒井 将来¹, 田中 浩也¹, 高橋美帆¹

Masaki ARAI¹, Hiroya TANAKA¹, Miho TAKAHASHI¹

¹慶應義塾大学

¹Keio University

【要約】

昨今,大型 3D プリンタで面格子のようなパネルを造形し,パーティションなどに応用する事例が登場してきており,オランダのデザインスタジオ Aectual では,大型 3D プリンタとリサイクル材料から造形されるパーティション「Freeline.Tube」を展開している。本研究は,Freeline.Tube 技法を応用し,鎌倉市で必要とされる新たな公共財「まちアイテム」である「可搬型 DJ ブース」を,リサイクル材料を原料とする大型 3D プリンタを用いて,合計 3 種類制作した。本研究は,制作を通じて Freeline.Tube 技法の特徴に関する検証や,その応用可能性について述べる。

キーワード:大型 3D プリンタ,リサイクル材料,ツールパス,デザイン

【Abstract】

Recently, examples have emerged in which large 3D printers are used to create panels that look like lattices, which are then applied to partitions and other products. Aectual, a Dutch design studio, has developed a partition called "Freeline.Tube," which is made from a large 3D printer and recycled materials. This research applied the Freeline.Tube technique to create three types of "portable DJ booths," a new public good "town item" needed in Kamakura City, using recycled materials and a large 3D printer. Through the fabrication process, this study verifies the characteristics of the Freeline.Tube technique and describes its potential applications.

Keywords : large-scale 3Dprinter, Recycled materials, toolpath, design

1. 序論

本研究の舞台となる神奈川県鎌倉市には,国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の「共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)」において,地域共創分野育成型プロジェクトとして採択された「デジタル駆動超資源循環参加型社会共創拠点」の地域研究活動サテライト拠点として開設された研究拠点「リサイクリエーション慶應鎌倉ラボ」があり,地域内資源循環を目指した様々な取り組みを行っている。

本研究は,地域内資源循環を目指した取り組みの一環として『鎌倉市で回収された廃プラスチックから鎌倉市で必要とされる新たな公共財「まちアイテム」をつくり,地域で長く使ってもらおう』アプローチを構想し,今回が第一弾となる。

まちアイテム第一弾は,鎌倉市のローカル FM である「鎌倉エフエム」・パーソナリティーの小松あかり氏による提案・要望を基に「可搬型 DJ ブース」とした。デザインは慶應義塾大学の学生 3 チームが担当し,可搬型 DJ ブースに求められる要件や特徴に近い,オランダのデザイン事務所 Aectual が手掛けるパーティション「Freeline.Tube」[2]の技法を参考にデザインを決めた。リサイクル材料を原料とする大型 3D プリンタで造形し,ジョイントの設置などの後処理を経て,合計 3 種類制作した。制作した可搬型 DJ ブースは実際にラジオの

公開収録で使用された。本研究では,制作を通じた Freeline.Tube 技法に関する検証をしつつ,その応用可能性を探る。

2. 先行事例

本研究の先行事例として,オランダのデザイン事務所 Aectual が手掛けるパーティション「Freeline.Tube」を挙げる。Aectual は 3D プリントに特化したオランダのデザイン事務所で,リサイクルプラスチックと 3D プリンタを用いて建築の内壁やパーティション,店舗のディスプレイ等を手掛けている。その中でも Freeline.Tube は,ユーザーがデザインしたグラフィックパターンを基にパネル状で 3D プリントし,ジョイントを用いて組みあげ,パーティションとしている。

Freeline.Tube は,空洞が多く比較的軽量で,持ち手となりえる箇所が多く可搬性に優れるだけでなく,折り畳むことで使用時と輸送時のモードを変えられるといった実用性もあると考えられる。また,パターンそのものが構造体と文字広告(ロゴや記号)の機能を併せ持つといった点が特徴として挙げられる。これらの特徴は,今回制作するまちアイテム(可搬型 DJ ブース)に求められる要件と合致し,本研究に「Freeline.Tube 技法」が適していると考えた。

また, Freeline.Tube には, Aectual から発行されるプロダクトシート内にデザインのガイドライン[2]があり, 孤島のように離れたパターンは避ける, 平行線は 25mm 以上間隔を空けるなど, 3D プリントを成功させるためのポイントがまとめられている。本研究では, このガイドラインを基に, パターンデザインや 3D プリントのツールパス設計を進め, 発展させていった。

3. 製作

3.1 製作手順

本研究は, はじめに依頼者である小松氏から可搬型 DJ ブースの要望・要件をヒアリングし, ①鎌倉エフエムの周波数 82.8 をデザインに取り入れてほしい, ②鎌倉エフエムのシンボルとなるような形, ③車で持ち運びが可能なこと, ④保管時に形をコンパクトに出来ること, といった要望をいただいた。ヒアリングを基に学生 3 チームでそれぞれコンセプト・デザインを練り, FFF 方式卓上 3D プリンタやスチレンボードを活用して手早く DJ ブースのミニチュアサイズプロトタイプを作り, 小松氏にコンセプトやデザインの説明, プロトタイプを用いた輸送時・使用時のイメージを伝えた。

3D プリント用のデータ作成には”Fabrix”[3]を用い, Illustrator で形状(≒ツールパス)をデザインし, Fabrix で GCode に変換, 大型 3D プリンタでパネルを造形する。最後に, ジョイントの取付や組立などの後処理を施すといった手順で製作を行った。

3.2 製造装置

本研究では, 慶應義塾大学とエス.ラボ株式会社で共同開発した FGF(Fused Granular Fabrication)方式大型 3D プリンタ「ArchiFAB TATAMI」で造形した。ArchiFAB TATAMI は樹脂ペレットまたはプラスチック製品を粉砕したフレーク状の材料を原料とし, 最大で 1m 角の造形範囲をもつため, 椅子やベンチ, テーブルといった家具スケールの物を作るのに適しているといった特徴をもつ。



図 1. ArchiFAB TATAMI

3.3 材料

本研究では, 2 種類のリサイクル材料をブレンドしたものを使用した。1 つは, 花王株式会社が 2015 年より鎌倉市を含む全国 5 地域で行う”リサイクリエーション”活動

を通じて回収された, 洗剤・シャンプーなどの”つめかえパック”をリサイクルした材料である。

もう 1 つは, 冷蔵庫由来のリサイクル材料で, 冷蔵庫に用いられるポリプロピレン(PP)と冷蔵庫の断熱材として用いられるグラスファイバー(GF)が混ざった材料である。

つめかえパックのリサイクル材料は熱収縮率が高く, 3D プリント時の変形・反りが大きく造形が困難であった。そこで, 熱収縮の抑制効果があるグラスファイバー入りの家電リサイクル材料と混ぜる材料改質を施し, リサイクル材料のみを用いつつ 3D プリント可能な材料とした。

本研究では, 50%ずつの割合で 2 種類のリサイクル材料をドライブレンドすることで, 熱収縮(反り)を抑え, 3D プリント可能な材料に改質した。



図 2. 使用したリサイクル材料
(画像左: つめかえパックリサイクル材料, 画像右: 冷蔵庫リサイクル材料)

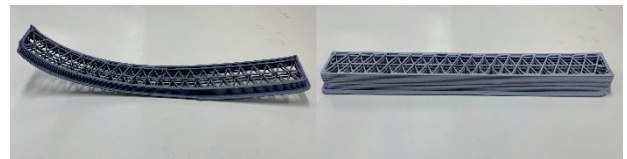


図 3. 材料改質前後の反りの様子
(画像左: 改質前, 画像右: 改質後)

3.4 ツールパス設計

可搬型 DJ ブースのデザインが平面充填パターンやロゴなど, 線から構成されていることから, 一般的な 3DCAD ソフトウェアではなく Illustrator と Fabrix を用い, パスを直接 GCode に変換する手法をとった。

ツールパス設計において最も重要なのは, パターンを一筆書きとすることである。一般に, FGF 方式大型 3D プリンタでは, 樹脂の吐出と停止を瞬時にコントロールするのが難しく, 一時的に吐出を停止してから移動動作を行うと, 糸引きといった造形エラーを生じたり, 一時停止後にスクリーを回転させても吐出までにラグが生じたり, 吐出が安定するまでの間の造形クオリティが低下する傾向にある。このような理由から, 造形エラーを極力なくし造形品質を上げるには 1 レイヤー毎のツールパスを一筆書きとすることが求められるため, 本研究では 1 レイヤー毎のツールパス(パターン)を一筆書きとしている。

本研究では, 実際にパネルの造形に入る前, 予備実験としてツールパスの経路やパス間の距離を変えながら造形テストを重ね, ツールパス・造形品質の改良を進

めた。図6に、ツールパス改良の一例を示す。改良前は、ツールパスの間隔が狭く、吐出した樹脂同士が強く押し付けあうことによる造形の荒れや、鋭角のカーブにおいて樹脂の吐出量が局所的に増え、造形が荒れるといった造形エラーが生じた。ツールパスの間隔を適切に設定する、鋭角のカーブはアールをつけて丸める、ツールパスの経路を変更するといった方法で、造形品質を向上させた。

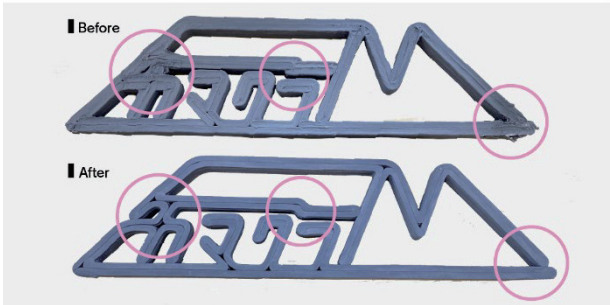
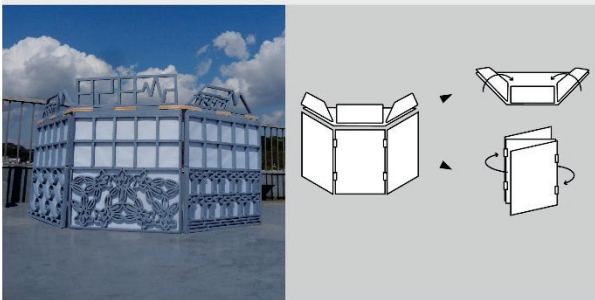


図 4. ツールパス改良の前後

3.5 機構とジョイント



Team A



Team B



Team C

図 5. 3種類の可搬型 DJ ブース

図5に、本研究で製作した、チームごと合計3種類の可搬型 DJ ブースを示す。TeamA は、ヒンジで連結された6枚のパネルから構成され、迷路のようなパターンと鎌

倉 FM のロゴを基調としたデザインとなっている。観音開きのように、2枚の戸が中央から左右に両サイドに開く機構とすることで、4か所の軸で固定する安定性と、コンパクト性の両立を意図している。また、最後に樹脂製天板を載せることで、机として機能する。

TeamB は、ヒンジで連結された3枚の大パネルと木製天板とヒンジで固定された3枚の小パネルから構成される。大パネルは障子をモチーフとし、下半分が笹竜胆、海、鳥居といった鎌倉にまつわるパターン、上半分は障子の格子をイメージしたパターンで、パネルに障子紙を貼っている。3枚の小パネルは欄間をイメージし、鎌倉 FM の周波数や、ロゴデザインを基にしたデザインである。

TeamC は、3枚1組のパネル6枚、アンテナをイメージしたアイテムから構成される。3角形のパネルをマジックテープで結び合わせることで、電波塔をモチーフとした構造体が完成し、フックを取り付けることで、ホワイトボードなどを固定するスタンドや、鎌倉 FM のアイコンとして機能する。パネルには鎌倉 FM の周波数 82.8MHz をモチーフとしたロゴや、鎌倉 FM のキャッチコピー「ハート to ハート」から着想した、8と2を組合せたハート型のパターンで装飾されている。

5. まとめ

本研究で製作した可搬型 DJ ブースは、完成後に車に載せて鎌倉 FM に引き渡し、実際のラジオ公開収録[4]を皮切りに、継続して使用されている。

本研究は、地域内資源循環を目指した取り組みの一環として、地域で回収したりサイクル材料から「まちアイテム」をつくり、鎌倉市に還すにあたり、まちアイテムとして想定されるもの(ベンチや遊具など)は一般に大きく、重いため、特に可搬性は鍵となる要素であった。Freeline.Tube 技法を応用した今回の DJ ブースは、持ち手となり得る場所が多く、折れる、折り畳めるといった工夫を加えることで使用時と輸送時のモードを分けることができ、可搬性に優れていることが分かった。

軽量性については、使用したリサイクル材料の靱性が低く、比較的脆い材料であり、構造強度を十分持たせるためにパターン1本の太さを太くしたこともあって、想定よりも重くなってしまった。また、層間接着(Z方向)は問題なかったものの、ツールパスによっては XY 方向の接着が弱いといった課題もでてきた。Freeline.Tube 法を活かすには材料面も重要であり、XY 方向の接着が期待できる程度の粘性が必要で、それなりの靱性・強度を備える必要がある。

また、Freeline.Tube 技法は平面充填パターンとの相性が良く、企業のロゴや、地域の特徴やイメージに沿ったパターンを当てはめることで、その地域や場所に即したユニークなデザインや、広告・記号的な役割を付与することができることが分かった。そして、可搬性や軽量性、パターンのユニークさを活かすには、構造設計(パターンデザイン)、ツールパス設計、材料など様々な要素が統合される必要がある。

今後は、可搬型 DJ ブースの使用に伴う経過を注視しつつ、まちアイテムを二の矢、三の矢と広げていきたい。



図 6. ラジオ公開収録時の DJ ブース

9. 謝辞

本研究は、JST 共創の場形成支援プログラム JPMJPF2111 の支援を受けたものです。

本研究は、まちアイテムの提案者である鎌倉エフエムのパーソナリティー・小松あかり氏、特別研究プロジェクトとして本研究に参加し、可搬型 DJ ブースのデザイン・設計を担当した学生である磯崎学氏、上野祥太氏、河合慈英氏、小林誠弥氏、佐藤諒弥氏、白井雅也氏、高橋美帆氏、千葉楓夏氏、平井瑛大氏、三浦稔貴氏、矢田美涼氏の協働によるものである。この場を借りて深く感謝する。

参考文献

1. JST 共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)リスペクトでつながる「共生アップサイクル社会」共創拠点, <https://coinext.sfc.keio.ac.jp/#contact>(参照 2023-09-29)
2. Freeline.Tube,Aectual,<https://www.aectual.com/systems/freeline-tube>(参照 2023-09-29)
3. Fabrix, <https://www.fabrix.design/>(参照 2023-09-29)
4. FM82.8 KAMAKURA GOOD MORNING STATION, [82.8 鎌倉 FM 2023.4.1.OA]地域資源循環の要！これからのものづくりを支える「リサイクリエーション 慶應 鎌倉 ラボ」に注目！, https://note.com/good_morning_828/n/n085f1b5c9f32?fbclid=IwAR3Vue9hniPBEw2Bb9pZumHFTSBjvHc1Pn949IE5Zdo_bqif9496W4VZGoQ(参照 2023-09-29)