

3D プリンタへの物理的振動付与によるテクスチャ生成の応用可能性

Applicability of texture generation by applying physical vibration to 3D printer

荒井 将来¹, 田中 浩也²

Masaki Arai¹, Hiroya Tanaka²

¹慶応義塾大学大学院 政策・メディア研究科, ²慶応義塾大学 環境情報学部

¹ Graduate School of Media and Governance, Keio University

² Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

【要約】

本研究は、FFF 方式 3D プリンタのヒートベッドに設置された振動スピーカーに音を流しながらプリントすることで、ヒートベッドを物理的に振動させ、G-Code による制御では実現困難な領域の微細なテクスチャを付与する。振動から生成されたテクスチャによる撥水性の発現や、透明な樹脂をすりガラスのように曇らせるといった光学的特性の制御など、機能性・意匠性に関する発見と応用を目的とし、マテリアルやノズル直径、積層ピッチ等のスライス設定、波形や周波数等の音に関するパラメータ等を変化させ、それぞれのパラメータとテクスチャの相関関係を実験的に検証している。また、G-Code で物理的振動を模倣し、G-Code と物理的振動の差異を検証する実験も行っている。

キーワード : FFF, 振動, テクスチャ, G-Code

【Abstract】

To create fine textures that are difficult to achieve with G-Code control, this research involves physically vibrating the heat bed by playing sound during printing through exciter installed in the heat bed of a 3D printer. The purpose of this research is to discover and apply functional and aesthetic properties, such as water repellency by textures generated from vibrations and control of optical properties, such as frosting of transparent resins like frosted glass. We are also experimenting to mimic physical vibrations with the G-Code to verify the difference between the G-Code and physical vibrations.

Keywords : FFF, vibration, texture, G-Code

1. 序論

FFF(FDM)方式の 3D プリンタにおいて、G-Code による制御でミリメートルオーダーまたはそれ以下の分解能で複雑なテクスチャを生成する際、3D プリントに要する時間の増大、ノズルが長時間微小領域に留まることによる樹脂の熔融、位置決め精度など様々な要因に依り、テクスチャ生成が困難である。

本研究は、3D プリンタに物理的振動を与えることで、G-Code の制御のみでは実現不可能な領域の微細なテクスチャを付与し、造形物の光学的特性(透明度・輝度など)の制御、撥水性の付与などの機能性、物理的振動によって生まれるテクスチャの意匠性を生かした応用を目的としている。

2. 先行事例

先行事例としては、Olivier van Herpt らによる”Solid Vibrations”(2015)がある。本来エラーの原因となる振動に注目し、セラミックをプリント可能なデルタ型 3D プリンタのベッド下部にスピーカーを設置し、プリント中に音を流すことで、音(振動)に応じたモアレ模様(テクスチャ)を生成している。本研究では、Solid Vibrations のように物理的振動から生成されるテクスチャの意匠性に焦点を当てるだけでなく、機能性にも焦点を当てる。



出典 : Olivier van Herpt, “Solid Vibrations”,
<http://oliviervanherpt.com/solid-vibrations>, (参照 2020-09-14)

図 1. Solid Vibrations における造形物(セラミック)

3. テクスチャ生成方法

シンセサイザー(楽器)で生成した波形をパワーアンプで増幅し、予め 3D プリンタ(Creality3D Ender5)のヒートベッドに設置した振動スピーカーに流すことで、ヒートベッドを物理的に振動させる。振動させつつ 3D プリントすることで、テクスチャを生成する。

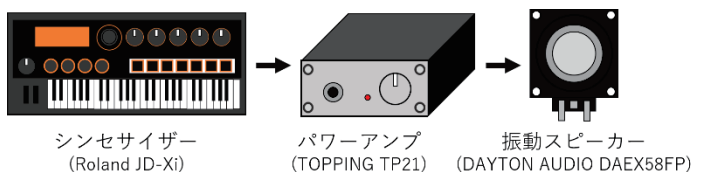


図 2. 波形生成から振動スピーカーまでの流れ

振動スピーカーは、それ単体ではスピーカーとしての役割を果たさず、板などの物体に張り付けることで、張り付けた物体が振動板として機能するものである。振動スピーカーはヒートベッド下部に専用の固定具を介して設置されている。また、プリント中に音を流している最中に振動スピーカーが非常に発熱するため、振動スピーカー背面にヒートシンクを取り付けてある。

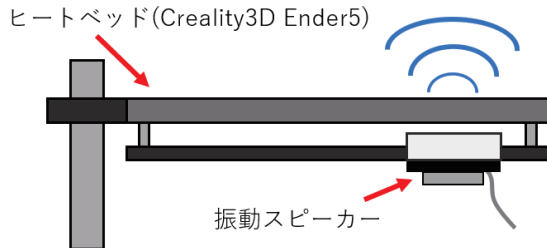


図 3. 振動スピーカーの設置方法

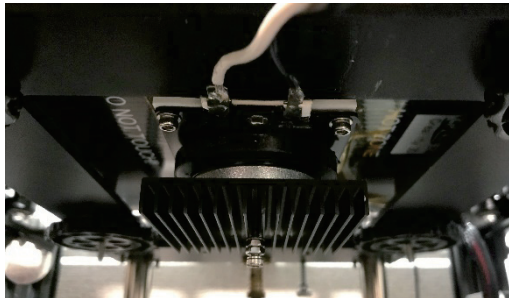


図 4. 実際にヒートベッドに設置した振動スピーカー

波形生成には、Roland 社の JD-Xi を使用している。JD-Xi はアナログシンセサイザーとしての機能を備えており、簡易的なファンクションジェネレータ(任意波形発生器)として使用している。

4. 実験について

テクスチャに影響を与えるパラメータは、プリント形状、マテリアル、ノズル直径などの“物理的パラメータ”、積層ピッチや送り速度などの“スライス設定に関するパラメータ”、シンセサイザーの音色や周波数などの“入力波形に関するパラメータ”の3種に大別され、様々な要因の影響を受けることが、それぞれのパラメータのみを変化させる実験により明らかとなっている。

テクスチャに影響を及ぼすパラメータが多いため、基準となる条件を予め決めておき、変化させるパラメータは基本的に 1 項目程度に絞り、実際に振動を与えながらプリントすることで、変化させたパラメータがテクスチャに及ぼす影響を検証している。

例えば、50mm×50mm×25mm(L×W×H)の立方体および 50mm×50mm×1mm(L×W×H)の立方体を基本形とし、前者は造形物側面、後者は造形物上面に生じるテクスチャを観察するための形状である。

表 1. テクスチャ生成に関わるパラメータ

物理的パラメータ	ノズル(直径)・マテリアル・プリント形状など
スライス設定	積層ピッチ・送り速度など
入力波形	音色(波形)・周波数など

5. 生成されるテクスチャについて

5-1. テクスチャのスケール感

図 5 は、振動を与えながらプリントした造形物と、そのテクスチャを拡大したもので、ノズル直径 1.0mm、積層ピッチ 0.8mm でプリントされている。赤い四角で囲まれた部分は、テクスチャの1単位で、この“単位テクスチャ”の部分は、約 1.0mm×0.6mm となっており、ノズル直径、積層ピッチ、プリント速度、周波数などのパラメータを変更することで、テクスチャの目の細かさや、模様の変更が可能である。

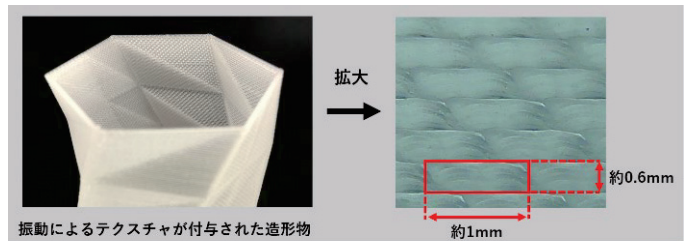


図 5. 振動から生成されたテクスチャのスケール(例)

5-2. テクスチャの有無による見た目の違い(一例)

図 6 に、振動によるテクスチャの有無による見た目の違いを比較したものを示す。図 6 の造形物は、50mm×50mm×65mm(L×W×H)程度の大きさの花瓶で、透明色の ABS(Pxmalion 製)を用い、同じ G-Code からプリントしたものである。

振動無し(図6左側)の場合は透明感があるのに対し、振動有り(図6右側)の場合は、すりガラスのように白みがかかった色合いとなる。このように振動を与えることで、すりガラスのような効果を引き出し、3D プリントした造形物表面にテクスチャを付与しつつ、透明度や輝度といった光学的特性を変化させることができる。



図 6. 振動によるテクスチャの有無の比較例

6. G-Code による物理的振動の模倣

G-Code で物理的振動を模倣し、どの程度の分解能のテクスチャまで生成可能か、G-Code と物理的振動によるテクスチャの違いを検証する実験を行った。

50mm×50mm×25mm(L×W×H)の立方体の1面、すなわち各レイヤーにおいて1本の直線(約 50mm)に相当する領域に対して X または Y 座標を分割し、分割した座標毎に振動の振幅に見立てた Z 座標の変化を入れ、物理的振動の動きを G-Code で模倣した。

G-Code は開発した G-Code 編集ツールから生成され、直線の分割数をより増やしていった際、どの程度の領域までテクスチャが生成可能か、または物理的振動と違いがあるかを検証している。実験はマテリアルに PLA、0.4mm ノズル、送り速度 20[mm/s]、振幅 A は 0.1mm、vase モードでシェル(アウトライン)を 1 回のみプリントしている。

現在までに 100 分割(分解能約 0.5mm)から 1000 分割(分解能約 0.05mm)まで行っており、分解能 0.05mm 程度の領域まで行くと、テクスチャの生成が困難であることが判明した。

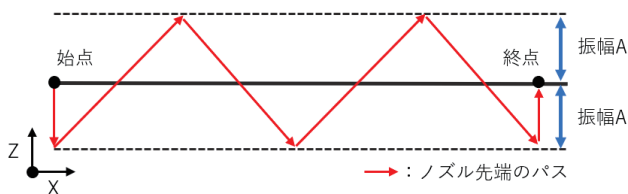


図 7. 物理的振動を再現した G-Code パスの概略図(三角波)

7. まとめ

物理的振動によって付与されるテクスチャは、マテリアル・プリント形状といった物理的パラメータ、積層ピッチなどのスライス設定、周波数をはじめとする入力波形に関するパラメータなど、様々な要因の影響を受けることが明らかとなり、周波数 vs テクスチャなど、その内幾つかの相関関係、傾向を実験から得ることができた。引き続きパラメータの相関関係に関する検証は進めていく。

また、実験に伴い、光学的特性の変化をはじめ、先行事例にはない効果なども明らかとなった。

G-Code で物理的振動を模倣する実験では、分解能約 0.05mm(1000 分割)程度の領域まで行くと、テクスチャの生成が困難であることが判明したが、振幅の変更や、三角波以外のパスにおける実験など、実験の余地がある。

参考文献

1. Olivier van Herpt, "Solid Vibrations", <http://oliviervanherpt.com/solid-vibrations>, (参照 2020-09-14)
2. polymaker, "Printing A Bridge", <https://polymaker.com/footage-of-worlds-largest-plastic-3d-printer-printing-pedestrian-bridge/>, (参照 2020-09-14)
3. Kam, Menderes & Saruhan, Hamit & İpekci, Ahmet. (2018). Investigation the Effects of 3D Printer System Vibrations on Mechanical Properties of the Printed Products. 36. 655-666.
4. Musiał, Wojciech & Haracewiat, Joanna & Kozłowicz, Krzysztof. (2016). Assessment of the texture and topographic features of a surface produced by the 3D printing process. Advanced Technologies in Mechanics. 2. 35. 10.17814/atim.2015.3(4).27.

