

大型 3D プリンターでのワイヤープリントを用いた 葉脈の表現と新しい傘の模索

Seeking the expression of leaf vein and new type of umbrella with wire printing of large 3D printer

坂田拓人¹, 阿部辰海², 滑川由記³, 松岡康友⁴, 田中浩也⁵

Takuto SAKATA¹, Tatsumi ABE², Yuki NAMERIKAWA³, Yasutomo MATSUOKA⁴, Hiroya TANAKA⁵

¹ 慶應義塾大学 環境情報学部

¹ Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

【要約】

本研究では、大型 3D プリンターを用いたワイヤープリント手法による繊細な表現の題材として「葉脈」を取り上げる。本物の葉を採取し、その葉脈をトレースして作成したデータを G-CODE の制御により出力する。出力には水溶性フィラメントや感温性フィラメントを使用し、本物の葉のように環境の変化に応じて形や色を変えることのできる、3D プリントならではの表現手法を探索する。葉脈の形状や、構造から影を制御する方法を探索し、重なり合いで木漏れ日が発現される新たな傘を制作する可能性を探索する。

キーワード: 大型 3D プリンター, ワイヤープリント, G-CODE, 葉脈

【Abstract】

In this research, we brought up “leaf veins” as a subject of subtle expression by wire printing using a large 3D printer. We picked a real leaf and prepared G-CODE data from tracing the real leaf vein to print. The data created by tracing the veins of a real leaf which we took is output under the control of G-CODE. Water-soluble filament and temperature-sensitive filament are used for output, and we will explore a method of unique expression to 3D printing that can change its shape and color in response to changes in the environment, just like a real leaf. We explore the form of leaf veins and the way of controlling shadows from the structure and explore the possibility of creating a new umbrella that expresses sunlight through trees by piling up.

Keywords: large 3D printer, wire print, G-CODE, leaf vein

1. はじめに

FFF 方式の 3D プリンターの造形方法のひとつに、空中線画のような「ワイヤープリント」という技法がある。この造形手法は、出力時間を短縮できるメリットがあり、その特徴から、大きな出力物の造形とも親和性が高く、ロボットアーム式 3D プリンターを使って、建築・家具スケールの作品を制作する試みがなされてきた[1][2][3]。ワイヤープリントは大型出力における造形技法としての実用性が確認される一方で、さらなる繊細な表現技法としては研究の余地がある。

そこで我々は、ワイヤーの太さやかたちをより繊細に制御し、表現技法としての新たな価値を探索するために、題材として「葉脈」を取り上げることにした。線の太さが異なり、有機的な曲線を持つ葉脈を題材とすることで、ワイヤープリントを用いた表現をこれまで以上に突き詰め、最終的には緻密な重なり合いで木漏れ日が発現される新たな傘を制作する可能性を探索する。

2. 造形方法

葉脈を題材とした 3D プリントの先行研究には、葉脈生成の原理をアルゴリズムとして抽象化し、応用したも

のがある。[4][5]

しかし我々は、実際の葉脈の魅力をそのまま活かすため、アルゴリズム化するのではなく、本物の葉から葉脈部分のみを手作業で抽出することを試みた。

2-1. 葉脈の抽出方法

実際の葉から葉脈を抽出するためにはいくつかの作業が必要である。今回は、葉脈標本と呼ばれる、葉肉部分を溶かして作る手芸の手法を用いた。採取した葉を強アルカリ性の洗剤に漬け込み、葉肉部分を歯ブラシで落とすことで葉脈部分のみを抽出した。なお、葉脈を抽出した葉には葉脈が硬く、アルカリ性の成分に溶けにくいツバキの葉を採用した。(図 1)



図 1. 制作したツバキの葉脈標本

2-2. 葉脈のトレース

作成した葉脈標本を 2 次元画像化し、Illustrator に取り込み、トレースの下書きとした。iPad 版の Illustrator で葉脈部分のみを手書きでトレースし、パスを作成し(図 2)、Fabrix[6]を用いて G-CODE に変換した。

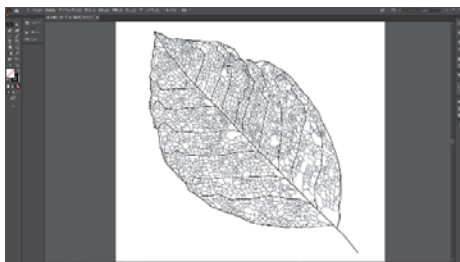


図 2. Illustrator でトレースしたツバキの葉脈

3. 3D プリントによる葉脈表現の検証

葉脈のワイヤープリントを用いた新たな表現の探求のため、本物の葉で観察される現象の再現を検証した。

3-1. 異なる太さの葉脈の表現

図 3 に、Fabrix[6]で作成した G-CODE を家庭用 3D プリンターに読み込み出力した葉脈を示す(180mm × 200mm)。本物の葉からトレースした葉脈ならではの有機性のあるワイヤープリントが確認できた。

また、葉脈の太い部分と細い部分の差異を表現するため、Fabrix[6]の機能を用いてパス毎のフィラメント押し出し量を調整した。(図 4)

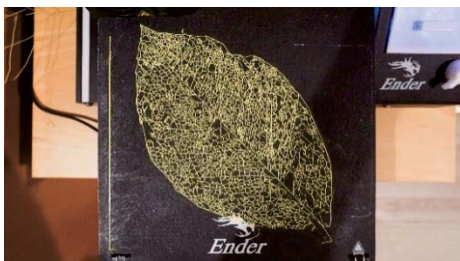


図 3. 出力したツバキの葉脈



図 4. 太さの異なる葉脈の表現

3-2 葉の形状変化

本研究では、モデリングが画像のトレースによって行われるため、二次元的な葉脈になる。そこで、本物の葉で確認される 3 次元的な曲面を再現するために出力後に形状を変える表現方法を検証した。

図 5 は、出力後 45 度以上に温めることでかたちを変

えることのできる感温性フィラメントの TRF+H[7]を用いて出力した葉脈である。

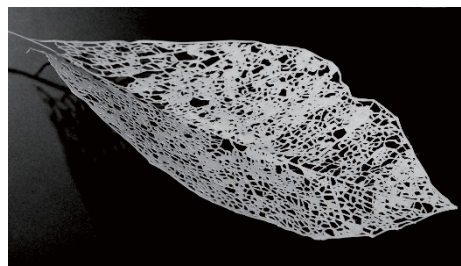


図 5. TRF+H で出力した葉脈

3-3 葉脈の大型化

葉脈をデジタルで再現することの価値として、拡大が可能である点がある。そこで、これまで家庭用 3D プリンターを使って出力していた葉脈を拡大し、大型化することで生まれる新たな表現を検証した。

今回は、研究室が開発している特別なロボットアーム式 3D プリンターである ArchiFAB MAI(図 6)を用いて出力を行った。



図 6. ArchiFAB MAI

ArchiFAB MAI とは、6軸の産業用ロボットアーム(最大リーチ 2503mm 最大可搬質量 40kg)に、ペレット樹脂材を押出すプリントヘッド(スクリュー径 30mm モータ容量 750W ノズル径 0.5mm~10mm)を組み合わせた大型 3D プリンターである。プリント材料は熱溶融樹脂ペレットφ2mm~5mm に対応し、材料タンク(容量50kg)からプリントヘッドのホッパーに圧縮空気搬送で自動供給される。最大プリントサイズは、矩形領域で定義する場合は、幅 2000mm 奥行 1000mm 高さ 1200mm 程度であり、扇形の形状で定義する場合は、1軸回転角度±90°半径 1200mm~2700mm 高さ 1100mm~1800mm 程度となる。プリント速度は主に押出速度に依存するため材種によって異なるが、本研究で用いた PLA の場合は最大 12kg/h 程度である。今回は 900mm×1100mm のパレットの上に 6mm 径のノズルで出力した。

図 7 に出力中の ArchiFAB MAI の様子を示す。大型化に伴いノズル径を太くしたことで、本来の葉脈のきめ細かさを再現することができた。また、その大きさから、本来の葉脈からは感じることもできない、身体に訴えかける迫力が生まれた。(図 8)

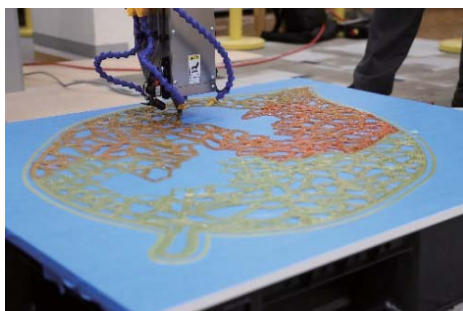


図 7. ArchiFAB MAI での出力



図 8. 大型出力した葉脈

3-4 葉の色変化

本来の葉っぱの特徴として、紅葉をはじめとする色の変化がある。この色の段階的変化を再現するため、ArchiFAB MAI での出力時に、色付きのフィラメントの投入量を調整し、段階的な色変化が生まれるか検証した。検証には PLA を使用し、透明のペレットを母材に、色付き PLA フィラメントを裁断して作成したペレットを混ぜた。(図 9)

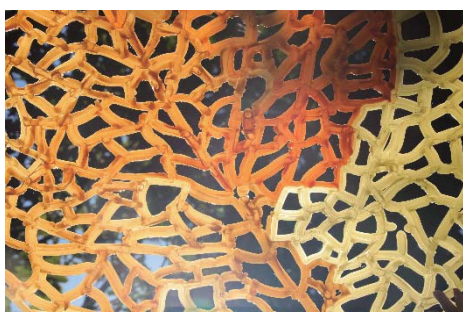


図 9. 緑と赤の色付き PLA による色表現

4. 葉脈の特徴を活かした新しいプロダクトの提案

4-1 葉傘への展開

葉脈の持つ特徴として、フラクタル構造が挙げられる。フラクタル構造には自己相似性があり、葉脈の作り出す影を観察すると、木全体が作り出す木漏れ日のような複雑な影を確認できる。(図 10)

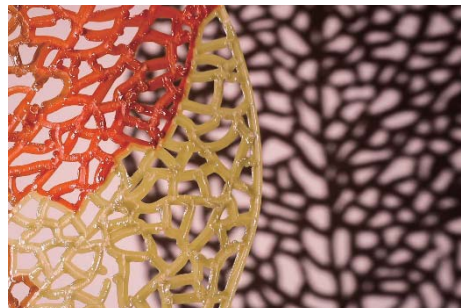


図 10. 葉脈のつくる影の様子

我々はこの特徴を傘に取り入れ、ファンタジーの世界で登場する「葉傘」をリメイクできないかと考えた。

図 11 は、我々が提案する新しい傘のイメージ画像である。地に落ちた一片の葉のような形状を成すこの傘は、葉脈がつくる影によって、その中に入る人々に程よい木陰のような空間を提供する。日差しが入り込む角度によって影のかたちは変化するため、太陽の動きに伴って葉脈の影には重なりが生まれ、木漏れ日のような影が発現する。(図 12)

葉に囲まれた内側は、緻密な葉脈が外の景色を程よくさげぎって、既存の傘のように半プライベート空間を演出する。(図 13)

実装には TRF+H のフィラメントを部分的に用いることで、気温の変化に対応して形状を制御する。

また、雨が降った後などには、葉脈の目の間に水滴が保持され、光を反射する効果を期待することもできる。[8]

太陽の動き、気温・気候の変化により、四季折々、様々なかたちに変容するこの傘は、人々の生活に最適化された既存の傘にはない、機能を超越した魅力がある。これまでの傘にない機能・魅力を持つ新たな傘として、この葉傘を提案する。



図 11. 葉脈を用いた新しい傘のイメージ画像

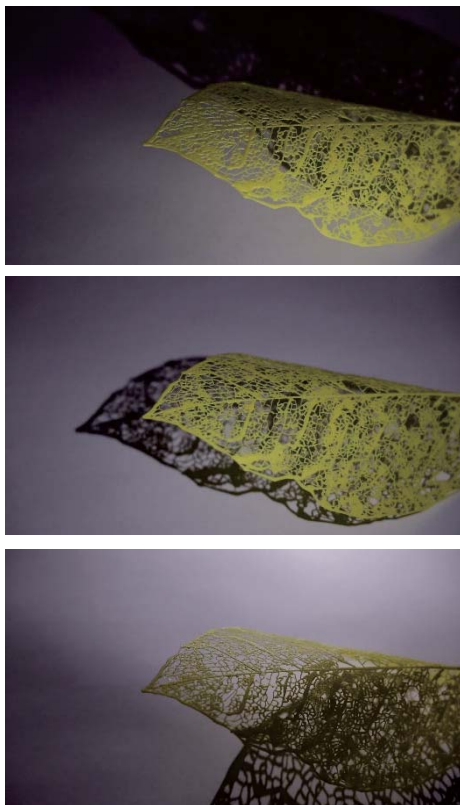


図 12. 1 日の太陽の動きから生まれる新しい傘の影の動き

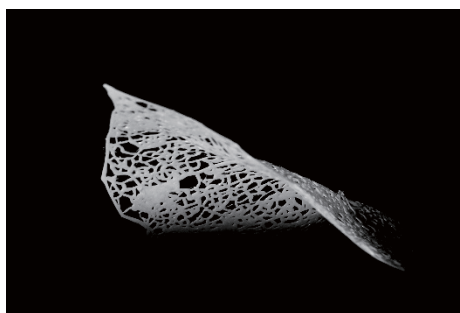


図 13. 新しい傘の内部からの見え方

5. 今後の展望

近年、地域で捨てられていたリサイクルプラスチックを 3D プリントに活用することに期待が高まっている。しかし、例えばペットボトルのキャップなどの、捨てられたプラスチックを集めてきたとしても、さまざまな種類の材料が混ざった状態にあり、安定した吐出量で 3D プリントすることはできない。また、リサイクルの文脈で良く登場するポリプロピレンやポリエチレンはもともと収縮率が大きいものであり、3D プリントを失敗する大きな要因を孕んでいる。

しかしそのような扱いの難しいリサイクルプラスチックであっても、ワイヤープリントであれば出力が比較的容易であることも分かっている。[9] 今回探求した葉脈の 3D プリントは、地域の捨てられたプラスチックを材料としてつくすることで、さらなる社会的意義を生み出せる可能性がある。

本研究では、大型 3D プリンターを用いたワイヤープリント手法による繊細な表現の題材として「葉脈」を取り上げ、その可能性を探索した。

今後は、特定の地域やエリアを限定し、その場所にゆかりのある樹木の「葉」を題材として、その地域で捨てられたリサイクルプラスチックを用いて 3D プリント葉脈体をつくることで、新たな価値を生み出せるかどうかを検証したい。

謝辞

本研究は、JST-COI「感性とデジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点(JPMJCE1314)」の支援を受けたものである。

参考文献

1. Branch TECHNOLOGY, Design Miami Pavilions, <https://www.branch.technology/projects-1/2017/6/9/shop>, (参照 2021-09-15)
2. Aectual, Sunshade roof, <https://www.aectual.com/architectural-products/sunshader>, (参照 2021-09-15)
3. Iaac, MATERIAL, <https://iaac.net/project/mataerial/>, (参照 2021-09-15)
4. Nervous System, <https://n-e-r-v-o-u-s.com/>, (参照 2021-09-20)
5. JAKDRINNAN, 3D LEAF VENATION, <https://jakdrinnan.wordpress.com/2012/12/09/3d-leaf-venation/>, (参照 2021-09-23)
6. Hiroya Tanaka, Fabrix, <https://www.fabrix.design/>, (参照 2021-09-15)
7. ユニチカ株式会社, TRF+H, https://www.kickstarter.com/projects/trf-plus-h/trf-h-filament-trf-h?fbclid=IwAR16V3_BueLUtGu14I9JsJgcMzKNsAKvRNcK3xoGwOHhgkIKLeTPxgnZhHo, (参照 2021-09-15)
8. 河井萌, 田中浩也, 大野定俊, 中島奈央子, ポロノイ構造を用いた水の表面張力による環境呼吸パネルの提案, Conference on 4D Functional Fabrication 2020, 2020-10-16
9. PRECIOUS PLASTIC KAMAKURA, <https://preciousplasticmakamura.com/>, (参照 2021-09-20)