

建築スケール 3D プリンティングと植物による「育つ壁」

Growing wall with large scale 3D-printing and vegetation

名倉 泰生, 田中 浩也

Yasuo Nagura, Hiroya Tanaka

慶應義塾大学 田中浩也研究室

Hiroya Tanaka Laboratory, Keio University

【要約】

3D プリンタの登場によって形状の自由度のみならず、多彩なマテリアルを使用することが可能となった。特に環境呼応性マテリアルが近年大きく注目されており、建築分野を始め様々な分野での研究が活発に行われている。今回、その一例として土と植物の種子を混合した材料を開発する。また、3D モデル表面から植物が生育した場合のシミュレーション、マルチマテリアルプリンティング用ツールパスの生成を行うツールを作成する。更に、形状を用いて植物の生育を制御することで、構造、装飾それぞれにおいての植物の活用を考察し、実際に出力したサンプルでの植物生育状況から検証を行う。

キーワード: 大型, 3D プリンティング, モデリング, マテリアル, 植物

【Abstract】

With the emergence of 3D printers, it has become possible to use a variety of materials as well as the variety of shapes. In particular, environmentally responsive materials have attracted much attention in recent years, and research in various fields including the construction field has been conducted. As an example of this, we will develop a material that mixes the soil and plant seeds. Also, create a tool for generating simulation when plants grow from the surface of a 3D model and multi-material printing tool paths. We consider the use of plants in structure and decoration by controlling the growth of plants using shapes. Furthermore, verify from the plant growth status in the actual output sample.

Keywords: Large-scale, 3D-printing, modeling, material, plants

1. 序論

近年 3D プrintの対象とする造形物のスケールは増大の一途をたどり、それに伴うマテリアルの研究も盛んに行われている。すでに大型化は建築の領域に及び、現在建築 3D プrint分野では材料供給、吐出の面からコンクリートや土などのペースト材料が一般的に選択されている。また、環境に呼応し、造形後に能動的に変化するマテリアルが大きく注目されており、温度、湿度によって開閉するファサード等が発表されている。しかし、環境呼応性マテリアルを建築の主材に用いることを前提として、設計、造形、検証を行った例は少ない。

2. コンセプト

本研究は土と種子を用いた環境呼応性マテリアル、データ作成ソフトウェアの開発を行い、サンプルの出力と育成を通して植物を建材として用いることの優位性を検証する。サンプルはすべて幅 2m 高さ 2m ほどの壁を想定しており、次段階として本研究室所有の建築スケール 3D プリンタ ArchiFAB「NIWA」での造形を行う予定である。

土と植物というマテリアルは古来より建築に取り入れられてきたものである。土壁はその代表的なものであるが、茅葺屋根の雨漏りを防止する目的で植物を植える芝棟や防風林など、そのあり方は多岐にわたる。温度、湿度

を調整する機能を持つ自然材料は建築、特に激しい寒暖の差にさらされる日本の建築において大きな価値を持つ。本研究はそれらの「機能性マテリアル」を効果的に配合し、デジタルファブリケーションによる形状との相乗効果を実現することで、次世代の自然材料建築のあり方を見出すことができるだろう。



図 1. 建築スケール 3D プリンタ ArchiFAB「NIWA」

3. 先行事例

3-1. 建築スケール 3D プrintの動向

建築スケール 3D プrintを行う事例は世界的に数多

く存在するが、例外的なものを除きその目的は大きく以下の5つである。

- 建材の輸送コスト削減
- 効率的な設計による使用する建材の削減
- 建設の高速化
- 建設人員、建設コストの削減
- マテリアル、構造を用いた機能の実現



図 2. 建設地周辺の資材を用い、通気性の高い構造の土壁で作られた家「Gaia」

(<https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>より)

これらの内、建設の高速化については空き家が増加し社会の負担となることが予想されている日本においてさほど意味をなさない。建築 3D プリントを日本で行うことの意義はそれ以外の4つ、もしくは先述した例外事例に求めることとなる。その例外とは環境呼応性マテリアルの開発である。先行事例[2]では、紫外線で発色する色素であるメラニンを造形物に封入することで環境に呼応し、外環境の変化に耐えうるマテリアルのコンセプトを語っている。

3-2. 植物を 3D プリントマテリアルとする事例

本研究はマルチマテリアルプリンティングにより植生を操作し、プログラマブルな機能分布を実現しようとする側面を持つ。先行事例[3]は水耕栽培における植物種の配置を設計し、3D プリントされたそれぞれに最適な培地を生成するものである。植生を操作するという点において本研究と非常に近い事例であり、植物の育成と 3D プリントとの相関性を定量的に評価した貴重な参照例である。一方、先行事例は植物の栽培を目的としているのに対し、本研究は植生により副次的に発生する機能を目的としている点で差異が存在する。また、大型構造物に適用する場合には植生の持続性も大きな課題となることが考えられる。

4. 方法

4-1. マテリアル

ArchifAB「NIWA」での出力の前段階として、マテリアル、構造のリサーチを行っている。図 3 はペースト材料での出力が可能な 3D プリンタ「3D PotterBot」を使用し

て作成したサンプルである。本大学キャンパス内の林から採取した土に、ブロッコリースプラウトの種子を混合して出力したところ、二日後に図のように生育している様子が見られた。これにより、土に混合された種子は 3D プリントの工程を経た上であっても発芽、生育することが確かめられた。今回使用したブロッコリースプラウトは生育が早く、密生が可能であるという性質を有しており、小さいスケールでのマテリアルのテストに適していた。今後造形物が大型となり、想定するタイムスケールが長くなった場合には新たに植物を選定する必要がある。また、形状を成立させる主材である土が、乾燥するに連れ収縮し、ひび割れた。建材として使用する場合、従来の土壁に見られるように藁などの骨材となる繊維状材料や、石灰などの硬化剤を混合しなければならないだろう。



図 3. 土とブロッコリースプラウトの種子によるサンプル

4-2. ソフトウェア

プリントデータ作成ツールの実装は Rhinoceros のプラグインである Grasshopper 上で行っている。3D モデルからペースト 3D プリントに適したツールパスを生成する機能に加え、モデル表面から植物が生育した場合の様子をシミュレートする。また、マルチマテリアルプリントに対応し、種子の混合された部分、されていない部分に分けて造形することや、多種の種子を配置した造形を行うことを可能とする。更に、造形データを複数ファイルに分割することで従来建築スケール 3D プリントにおいて課題であった長時間の造形に対応した。

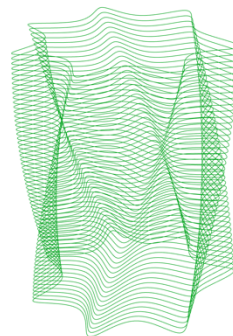


図 4. 作成したツールによって出力されたパス

4-3. ハードウェア

図 5 は、今回サンプル製作に使用した 3D プリンタ「3D PotterBot」の概観と吐出機構を模式的に示したものである。アクリル製の筒に封入されたペースト材料が台形ねじの直動機構により押し出される。ノズル径は直径 15.5mm、最大吐出能力は約 708mm³/sec である。

大型造形の場合、材料供給、出力スピードの点からこれに代わる独自のプリントヘッドを開発する必要がある。

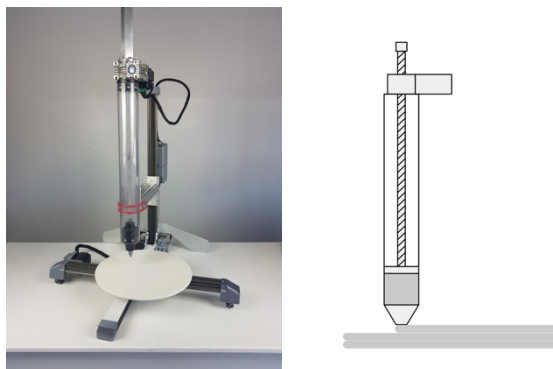


図 5. 「3D PotterBot」概観(左)とノズルヘッド部模式図(右)
(左: <https://3dpotter.com/printers/potterbot-9> より)

5. 結論

3D プrintの材料として土と種子を混合したものが出力可能であり、造形後の生育が望めることが確認できた。また、筒状の内側に発芽した芽は内壁に沿って上方へ伸び、外側に発芽した芽は環境光のより強い方へと屈曲したことから、植物の屈光性を利用した生育の制御は可能であると明らかになった。

今後、建築スケールへの適用に向けより多様な種子を用い、かつ強度を実現する材料の開発や、その特性を効果的に発揮する構造の研究を行っていく。

謝辞

良き同志であり、本研究に多大なる協力を惜しなかった知念司泰、松木南々花に深く感謝の意を表します。

参考文献

1. Alberto Chiusoli, “The first 3D printed House with earth | Gaia”, (2018), <https://www.3dwasp.com/en/3d-printed-house-gaia/>.
2. S. Sharma, C. Bader, R. Smith, F. Kraemer, J. Kennedy, J. Costa, J. Faraguna, H. Pech, S. Williams, N. Casas, Prof. Neri Oxman, “Totems”, (2018), <https://www.media.mit.edu/projects/totems/overview/>.

3. Yuichiro Takeuchi, “3D Printable Hydroponics: A Digital Fabrication Pipeline for Soilless Plant Cultivation”, (2019).
4. Neri Oxman, Jared Laucks, Markus Kayser, Jorge Duro-Royo, Carlos David Gonzalez Uribe “Silk Pavilion: A Case Study in Fiber-based Digital Fabrication”, (2014).
5. M. Popescua, L. Reiterb, A. Liewa, T. Van Melea, R.J. Flattb, P. Blocka, ” Building in Concrete with an Ultra-lightweight Knitted Stay-in-place Formwork: Prototype of a Concrete Shell Bridge”, (2018).
6. Mehmet Sakin, Yusuf Caner Kiroglu “3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM”, (2017).
7. “REXCOR ARTIFICIAL REEF”, (2017), <http://www.xtreee.eu/project-rexcor-artificial-reef/>
8. Norman Hack, Hendrik Lindemann and Harald Kloft “ADAPTIVE MODULAR SPATIAL STRUCTURES FOR SHOTCRETE 3D PRINTING”, (2019).
9. David Correa Zuluaga, Achim Menges, “3D Printed Hygroscopic Programmable Material Systems”, (2015)
10. Marjolein P.A.M. Marijnissen, Aant van der Zee, “3D Concrete Printing in Architecture A research on the potential benefits of 3D Concrete Printing in Architecture” (2017)
11. 五十嵐太郎 (2008) 「建築と植物」 INAX 出版
12. 伊藤公文 (2006) 「庭からの視線」 株式会社アクシス