

# 転がす行為を促す遊具”つちだるま”と動的環境デザイン

## “Tsuchidaruma” playground equipment that encourages rolling and dynamic environmental design

松木 南々花<sup>1</sup>, 田中 浩也<sup>1</sup>

Nanaka MATSUKI<sup>1</sup>, Hiroya TANAKA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学環境情報学部

<sup>1</sup>Faculty of Environment and Information Studies Keio University.

### 【要約】

本研究は、昨年度の4DFP2021で発表した“苔を活かした日本型「土」プリンティングによる社会環境彫刻の試み“の派生・発展形プロジェクトのひとつである。昨年度は、土などの自然材料で構成された大型3Dプリンタによる彫刻と、それが都市の微生物環境を調整する可能性について報告したが、微生物多様性を促進するためには、作品内部の土壌攪拌が必要であることが課題として明らかになった。そこで今回は、土壌攪拌を容易にすることと、人間との積極的なインタラクションを実現することを両立させるべく形状の再検討を行い、人の手によって転がすことのできる遊具”つちだるま”の着想に至った。この遊具はジャイロイド構造で充填された外骨格を持つ高さ35cmの等高重心立体であり、表面は苔で覆われ、内部には森から採取した土壌を投入している。本稿では、つちだるまで自発的に遊ぶ体験がそのまま土壌攪拌へと直結するデザインを提案し、実証実験へ向けての可能性と課題を整理する。

キーワード: 3Dプリンタ, 遊具, マテリアル, 土, 苔, 都市

### 【Abstract】

This research is one of the derivative/developmental projects of "Attempt of Sculpture for Social and Biological Environment by Japanese Style "Soil" 3D Printing Utilizing Moss" which was presented at 4DFP2021 last fiscal year. Last year, we reported on a large 3D printer sculpture composed of soil and other natural materials and its potential to regulate the urban microbial environment. However, it became clear that soil agitation inside the work is necessary to promote microbial diversity as an issue. In this study, we reexamined the shape of the device to achieve both easy soil mixing and active interaction with humans, and came up with the idea of "Tsuchidaruma," a plaything that can be rolled by human hands. The play equipment is a 35cm tall geometric objects that maintain a constant height when moved with an exoskeleton filled with a gyroid structure. Its surface is covered with moss, and its interior is filled with soil collected from the forest. This paper proposes a design in which the experience of playing spontaneously until the tsuchidaruma is directly linked to soil agitation, and outlines the possibilities and challenges for a demonstration experiment.

Keywords: 3D printer, playground equipment, material, soil, moss, urban

### 1. 序論

昨年度の4DFP2021にて、“苔を活かした日本型「土」プリンティングによる社会環境彫刻の試み“を発表した[1]。これは日本における土材料を使用した建築スケール3Dプリンティングの新たな価値を提案するものである。土材料を用いた3Dプリントは日本の温暖湿潤気候において、造形の面から不利であるが、一方で植物が繁茂しやすいといった特性がある(図1)。これは制作したものが次第に置かれた環境に馴染み、周囲の環境に負荷を与えないというメリットと言える。この点に注目し、土を主材料とした彫刻を制作した。内部には森林から採取した土壌を投入し、都市空間に移植することで森の持つ潜在的状態を新たな環境下で可視化することを試みた(図2)。制作した彫刻は福岡県、千葉県のか所で展示し、千葉県での展示終了後、同県内の遊休地

に移設し常設とした(図3)。



図1. 屋外に放置した土から植物が生える様子



図 2. 制作した彫刻の略図



図 3. 常設した彫刻

常設後、彫刻内の二箇所と彫刻周辺から土を採取し、隔週で三度にわたるマイクロバイオーム解析を行った(図 4)。土壌中に存在する細菌の複雑な群集構造を網羅的に同定し、多様性や組成を解析した。結果、彫刻上部の浅い箇所から採取した土の微生物多様性が一番高く、一度落ち込んだ値が回復するレジリエンスが確認できた。また、人間の免疫調節に有効な種が彫刻内の深層部分に多く存在していることがわかった(図 5)。解析結果と専門家のアドバイスから、彫刻内部の土壌を定期的に攪拌することで、土壌全体に空気を供給し、微生物増殖に効果的であることに加え、深層部に存在している微生物に人間が触れることが可能になると考えた。

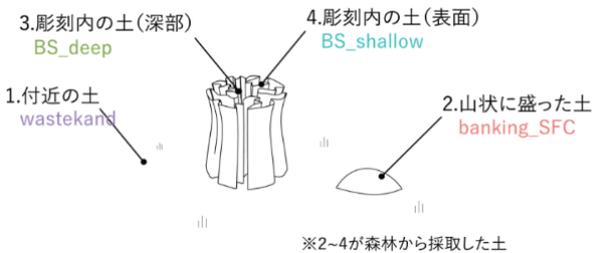


図 4. 土の採取箇所

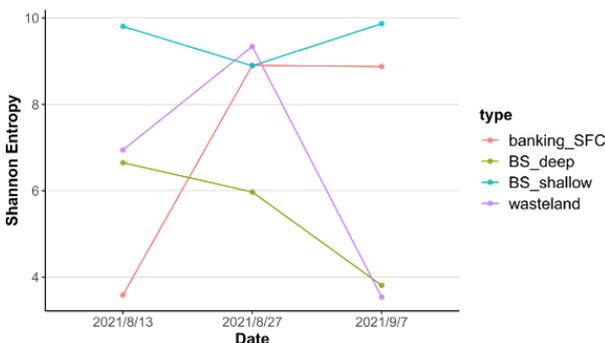


図 5. 生物多様性を表すグラフ

人間と微生物の関係について、生活環境における緑地の割合と住民の一般的な健康状態に正の相関が

あるという研究がある[2][3]。また、アレルギー疾患などの特定の症候群は、都市化の進行に関連しているといった研究も存在する。都市化に伴う衛生技術向上により幼少期から微生物に触れる機会が減少するため、人間の免疫系が不具合を起こすことが一つの要因であると言われている[4][5]。土壌に含まれる多様な微生物に積極的に触れる機会を提供する遊具を制作し都市に持ち込むことは、新しい都市デザインのひとつとして活用される可能性がある。

## 2. つちだるま

以上の経緯を踏まえ、内部に投入した土壌を攪拌しやすい構造であること、人間と積極的なインタラクションを生む形状であること、の二点に注目して形状の再検討を行い、“つちだるま”を提案する(図 6)。つちだるまはジャイロイド構造で充填された外骨格を持つ、高さ 35 cmの等高重心立体である。表面には苔を巻き付け、内部には森から採取した土壌を投入する(図 7)。



図 6. 制作したつちだるま

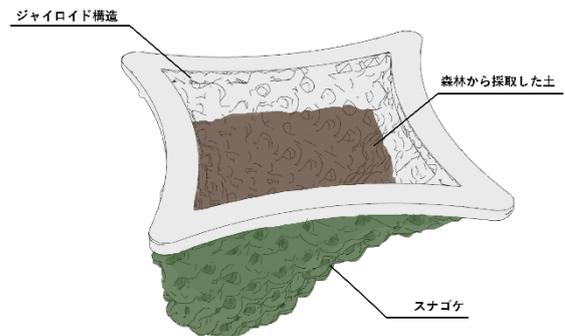


図 7. つちだるまの略図

### 2-1 形状考案

前提として、昨年制作した彫刻と同様、内部に土を投入することと表面に苔を添付することは決定しているため、土を入れる空間があり、かつ苔に与える負荷を小さくする工夫を取り入れた形状が望ましい。攪拌のしやすさの観点から、揺らす・転がすことのできる形状が適していると考えた。そういった形状は比較的重量のある土でも、持ち上げることなく容易に天地を入れ替えることができる。このような行為を伴い生活に溶け込んでいる物を複数挙げ、身体スケールで分類した(図 8)。制作物の

大きさは、人間の免疫機能が主に幼少期に獲得されることから、未就学児(身長100cm程度)の触りやすさにフォーカスし、30cm前後に設定することとした。そして、住民とのインタラクションを通して撚拌するという行為に必然性を生むため、遊べる工夫があるという点を意識した。結果、等高重心立体と呼ばれる通常は手のひらサイズで扱われるおもちゃを子どもの膝丈程の大きさに拡大し、雪だるまを作るような動作で転がすことを想定した遊具に決定した。

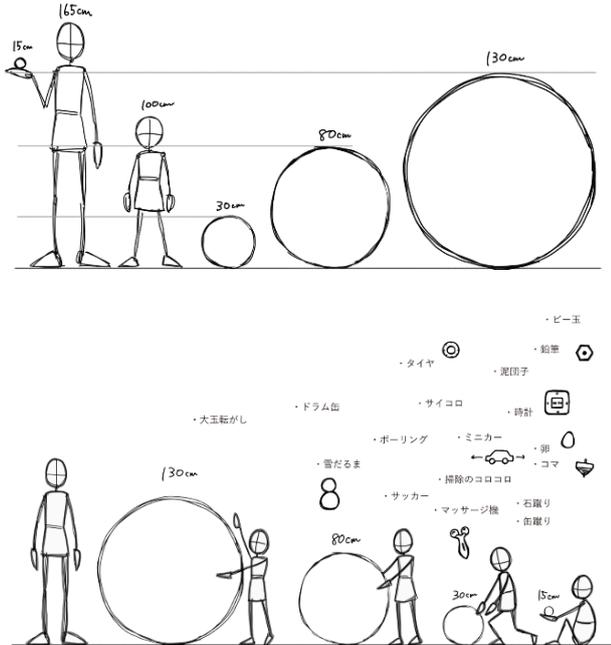


図 8. 転がす物のサイズ分類例

## 2-2 等高重心立体

等高重心立体とは平面上で転がした際に重心の高さが常に一定となる立体のことである。特に、正方形の対角線を軸とした回転体をその正方形で切断し、片方を90度回転させて合成したものは Sphericon と呼ばれる(図 9)。本来この立体はすべての面が地面に接するが、Sphericon を例にすると、図9で赤く示した半円を二枚合成したものの凸包と定義できるため、たるませることで地面に触れない箇所を作ることができる[6](図 10)。これは Sphericon だけでなく、後述する他の種類の等高重心立体も同じである。転がしても地面と触れる面積が少ない、表面に添付する苔の生育に負荷を与えない。そして、回転体の断面図の図形によって等高重心立体の形は異なり、それぞれが異なる軌跡を描いて蛇行しながら転がる(図 11)。以下の三点の理由から、今回の目的に寄与する考える。

- ・転がる際の独特な軌跡が幼児の関心を引きやすい。
- ・一定方向からの力では転がらず、風などによってひとりでに転がることを防ぐ。
- ・ある直線距離を転がる際に蛇行することでより多く回転することができる。

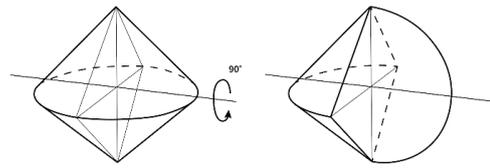


図 9. Sphericon

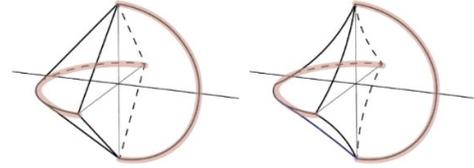


図 10. Sphericon を凹ませたもの

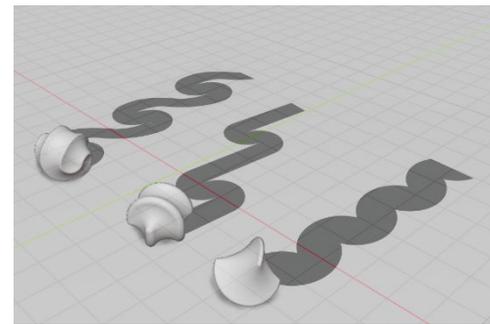


図 11. 異なる軌跡を描く

つちだるまの制作にあたっては、内部に土を入れるため中空にし、外骨格はジャイロイド構造で充填している(図 12)。ジャイロイド構造は多孔質構造の中でもプリントしやすいことに加え高い通気性を持ち、より効果的に内部の土壌に空気を供給する。



図 12. 苔を巻き付けている様子

## 2-3 苔

表面に巻き付ける苔はスナゴケを使用する(図 13)。一般的な苔玉の制作方法と同様に、自然に分解される木綿糸を使用して巻き付ける。スナゴケは直射日光にも強く環境適応能力が高いため、屋上緑化などに利用されることが多い。苔は高い保水力を持ち、乾燥しても枯死せずに仮死状態に移行して分解されないため、二酸化炭素固定能力が他の植物よりも高いといえる。樹木のように施肥や剪定をする必要がなく、さほどメンテナンスを必要としない。



図 13. スナゴケ

### 3. 今後の展望

つちだるまを実地検証する場として、2022年11月にウォータースタンプを予定している(図14)。回転体のベースが四角形、六角形、八角形の異なる三種類のつちだるまを展示する。(図15)設計上意図しない方向へ転がるのを防ぐため、多角形の頂点数は少ない方が望ましい。

子どもたちが自発的に遊ぶ動的環境を作るため、会期中毎日異なる情報提示を行う計画である。つちだるまが転がる軌跡を床面に描く、傾斜をつけた台を設置する、といった情報を付け加えて体験デザインを行い、どのような動的環境が子供たちの自発的参加に対して効果的であるかを検証する。

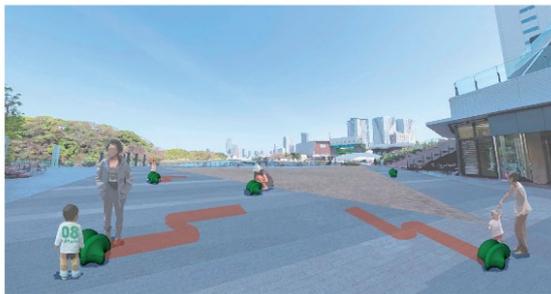


図 14. 予想図



図 15. 展示するつちだるまの形状

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、多くの方々にご協力頂きましたことを心から御礼申し上げます。基盤となる Bio Sculpture プロジェクトをプロデュースし長期にわたってご協力頂きました VOLOCITEE Inc.代表青木竜太氏に深謝致します。また、株式会社 BIOTA 代表伊藤光平氏には、必要不可欠なデータであるマイクロバイオーム解析にご協力及びご助言いただきました。ここに深謝の意を表します。最後に、共に基盤を作りあげた Bio Sculpture プロジェクトの学生メンバーに感謝いたします。

### 参考文献

1. 松木南々花, 名倉泰生, 知念司泰, 大村まゆ記, 田中浩也, 青木竜太, 青山新, 伊藤光平. 苔を活かした日本型「土」3D プリンティングによる社会環境彫刻の試み. 4DFF2021, <https://sig4dff.org/conference/2021/proceeding/OP07.pdf>
2. Maas J, Verheij RA, Groenewegen PP, et al. “Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?”. *Journal of Epidemiology & Community Health* 2006;60:587-592.
3. Groenewegen, P. P., van den Berg, A. E., de Vries, S. et al. “Vitamin G: effects of green space on health, well-being, and social safety”. *BMC Public Health* 6, 149(2006). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-6-149> (参照 2021-09-15)
4. Nicolaou N, Siddique N, Custovic A. “Allergic disease in urban and rural populations: increasing prevalence with increasing urbanization”. *Allergy*. 2005 Nov;60(11):1357-60. doi: 10.1111/j.1398-9995.2005.00961.x. PMID: 16197466. (参照 2021-09-15)
5. Moises Velasquez-Manoff (原著), 赤根 洋子 (翻訳). (2014) 寄生虫なき病, 文藝春秋
6. 西原明. “幾何学のおもちゃの世界”. <http://www1.ttcn.ne.jp/~a-nishi/sphericon/sphericon.html> (参照 2022-09-20)