

2019年度 教育奨励基金「学習・研究成果報告書」

# 3D プリンティングによるメタマテリアルを用いた自律的に動く靴の製作

環境情報学部 3年  
森 瑞貴

## 1. 研究概要

3D プリンティングによる、メタマテリアルを用いた自律的に動く靴の製作。

## 2. 研究の背景

近年、周囲の状況に合わせて、自ら求められている形態に変化するものの研究や開発が多く行われている。このような、自律的に動くものは、製作後も環境に応じて変形するため、我々の生活に潜むちょっとした不便さを取り除き、より快適にしてくれる。メタマテリアルとは、構造を変えることでその物質にない物性を加えることができることを指し、製作後も動くプロダクトを実装するには適切だと考え、今回は3D プリンティングによるメタマテリアルを用いて、自律的に動くものを実装した。また、製作するプロダクトとして、靴に注目した。靴はユーザーのみならず、使用目的やユーザーの健康状態、環境などにも大きく左右されるため、製作後に自律的に動くものとして生まれ変わることによって新たな価値が得られるのではないかと考えた。

## 3. 先行研究

Hygro Skin (Institute for Computational Design and Construction, 2013)

天候の変化に応じて自律的に開閉する壁を持つパビリオン。湿度に反応する素材を使ったバイマテリアル構造を使っており、室内と室外の湿度を適切にコントロールすることが可能。

<https://www.icd.uni-stuttgart.de/projects/hygroskin-meteorosensitive-pavilion/>

bioLogic (Morphing Matter Lab, 2016)

自律的に動く衣服。納豆菌が空気中の水分に触れると広がる性質を用いて、着る者の体温や湿度が高まると適宜汗や熱を体から放出できるよう服の穴が部分的に広がる。

[tangible.media.mit.edu/project/biologic/](http://tangible.media.mit.edu/project/biologic/)

## 4. 提案



図 1. ユーザーが履いている様子

旅行や出張などの遠出には衣服を多く持って行くが、靴は最低限の数しか用意しない。靴も衣服のように折りたたんでコンパクトにすることができたら、持ち運べる靴の数と出先での靴の選択肢が増え、より快適な滞在が実現できるのではないかと考え、折りたためる靴の製作を行った。



図2. 製作した靴（開いている様子）

図3. 製作した靴（閉じている様子）

熱を加えると柔らかくなる形状記憶樹脂をインソールに用いることで、加熱後に靴を曲げて折りたたむことができ、折りたたんだ形状を保つことが可能である。また、折りたたまれた状態で再加熱することで、靴を自律的に広げることが可能である。開閉を繰り返しているうちに、インソールにシワがよったり、ヒビが入って割れたりするのを防ぐため、インソールの厚みは部分的に異なる設計となっている。

靴のアップー部分は、弾性のあるマテリアル（TPU）を用いて、Auxetic Pattern を採用した。Auxetic Pattern とは、そのパターンで平面をカットすることによって、一定方向にかけた力が二次元的な広がりになる構造なのである。足首付近のパターンの密度を小さくすることで履くときに履き口を広げることができ、かつ、歩いている最中は靴が脱げないようにすることを可能にした。また、つま先付近のパターンの密度は逆に大きくすることで余裕を持たせ、足指を動かすことができるようにした。このように、足のパーツの特徴ごとにパターンの密度を変えることで、部分的に伸縮率を調整し、用途に適した物性にすることが可能である。弾性のある TPU を用いることで、靴を折り曲げても跡がついたり型崩れしたりすることを少なくし、広げた後も綺麗な形状を保つことを可能にした。

## 5. 展望

現状では、既製品の一部を変えた設計を行っており、長時間履き続けることが困難である。今後は、ユーザーが日常的に使うことを想定し、実際にユーザーからヒアリングやインタビューを行い、そこから得たニーズに基づいて、改めてアウトソールを含めた独自の靴の設計を行う。また、アップーの新たなパターンの検討や、3D プリンタの造形特徴である内部構造に注目したアウトソールの製作を行う予定である。最終的には個々の足の形に合うように靴のパーツごとに特徴を編集できるツールの開発とオープンソース化を行う。

## 6. 謝辞

本活動は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス教育奨励基金「学習・研究奨励基金」の助成を受けたものであり、資金を提供してくださった慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス教育奨励基金様ならびに城南信用金庫様に心から感謝を申し上げます。