2020年度 教育奨励基金「学習・研究成果報告書」

生物の丸くなる機構を模倣した 靴の製作と提案

慶應義塾大学 環境情報学部 4 年 田中浩也研究室 森 瑞貴

1. 研究概要

本研究では、ダンゴムシやアルマジロなど生物の体が丸くなる機構を靴に応用することで、省スペースに収められる靴の 製作と提案を行う。靴をボール状に変形させ、小さくコンパクトにすることで靴を持ち運びやすくする。出先での履物の選択肢を 増やすだけでなく、コロナ禍でのマイスリッパの持参を促進することを目的とし、誰もが日常生活で実用できる靴を目指す。



[Fig.1] 内部構造

[Fig.2] Dukta Bending で曲がる木材

今回の製作に 3D プリンタを用いる。3D プリンタは造形の特性上、外形に加えて空洞を持った複雑な内部構造の造形に適している。内部構造の粗密を部分ごとに設定することで、硬さ/柔らかさなどの性質を調整することが可能になるため、一体成型で部位ごとに物性の異なる造形物をつくることができる([Fig.1])。また、外部構造による、物体に特異的な物性を加えることも可能である([Fig.2])。こうした特徴から、3D プリンタを用いた設計は、様々な機構と構造を製作する本研究において効率的だと考えた。

2. 製作

2-1. 丸くなる機構のリサーチ



[Fig.4] 試作 1

[Fig.5]試作 2: 布プリント



[Fig.6] 試作 3: 展開されている様子(左)と丸まっている様子(右)



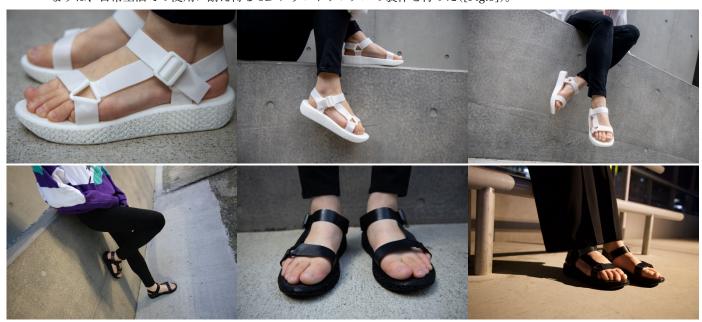
[Fig.7] 試作 4: Dukta Bending と形状記憶樹脂を用いたもの

ブラインダーカーテンのような機構([Fig.4])、布に直接 3D プリントして布の張力を利用して丸めたもの([Fig.5])、球体の展開図のようなもの([Fig.6])、Dukta Bending ([Fig.2])と熱で軟化する形状記憶樹脂を利用したもの([Fig.7])など、様々な試作を通して丸くなる機構のリサーチを行った。

しかし、これらの機能を応用した靴は耐久性に欠け、長時間履けないという課題が出た。そこで、製作手順を見直した。3Dプリンタで長時間履いても問題ない靴を製作し、靴としての基本的な機能が担保された上で丸くなる機能をつける、という順番で製作を進めることにした。また、スニーカーやドレスシューズなど、パーツが多く構造が複雑な靴をつくるには専門的な知識が不可欠であるため、専門知識のない素人でも比較的簡単につくることができるサンダルやスリッパなどの簡易的な形の靴を製作することにした。

2-2. 製作物

まずは、日常生活での使用に耐え得る 3D プリントサンダルの製作を行った([Fig.8])。



[Fig.8] 製作した 3D プリントサンダル(上段: 白、下段: 黒)

靴ずれの解消と履き心地の改善のため、サンダルのベルトやソール、留め具などの改良を繰り返した。最終的には接着剤なしの単一素材の 3D プリントサンダル([Fig.9]の一番右)を製作することに成功した。



[Fig.9] 左から、Version 1.0、Version 2.0、Version 3.0、Version 3.5

3. オープンソース化とユーザーテスト



[Fig.10] ユーザーテストの被験者による製作物(一部)

誰もが使用できるように、製作した 3D プリントサンダルのデータやつくり方を公開し、オープンソース化した。また、3D プリントサンダルの再現可能性をはかるために、自宅に 3D プリンタを持っている人を対象に、公開したデータやつくり方をもとにサンダルの製作をしてもらった。その結果、ユーザーテストに協力してくれた人全員が完成することができ([Fig.10])、再現可能性は十分にあるということがわかった。

4. 展望

本研究で製作したサンダルは、内部構造の密度を変えることによってソールやベルトの柔らかさを調節することができたり、フィラメントを変えてサンダルの色を変えたり、組み立ての際にユーザーの足の形に合うようにフィット感を調整することができたりと、カスタマイズ性が高いことが強みである。さらに、オープンソース化したことによって、ユーザーが自由にアレンジできるため、形や色に加えてサンダルの用途を変えたり、新たな機能を付けたりすることもでき、幅広い「生まれ変わり」が期待される。今後は、この強みを活かすために、カスタマイズ可能なパラメータを抽出し、ユーザーが製作する際にカスタマイズしやすいようなシステムをつくったり、オンラインワークショップを開催したりするなど、オープンソース 3D プリントサンダルとして普及させていくことを検討している。また、今回の製作では丸くなる機構をサンダルに付けるところまで進められなかったため、今後も引き続き丸くなる靴の製作を進めていきたい。

5. 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。

6. 関連リンク

- 卒論「3D プリントサンダルを通じたオープンデザインの実践」,
 https://drive.google.com/file/d/1KfwhY4SGN7N0iy3LsB0xj0bmGCAqCmZX/view?usp=sharing
- 3D プリンタ 1 台でつくれるサンダルのつくり方, https://fabble.cc/mippu/xcloudsandals
- 2020 年度教育奨励基金中間報告書, https://drive.google.com/file/d/12ndA8muh-bz7fkoB16cD1ho-9hY7Ka1-/view?usp=sharing

7. 画像引用

[Fig.1] ArchiFAB Project, https://www.archifab.co/geometory-1, 2021/02/08 参照

[Fig.2] Dukta Bending, https://dukta.com/en/, 2021/02/08 参照