

熱可塑性エラストマーを用いたインフレータブルな造形物の研究

Inflatable Shaped Object Using Thermoplastic Elastomer

江口 壮哉, 湯浅 亮平, 田中 浩也,

Soya EGUCHI, Ryohei YUASA, Hiroya TANAKA,

慶應義塾大学 田中浩也研究室

Hiroya Tanaka Laboratory, Keio University

【要約】

本研究は熱可塑性エラストマーを用いた膨らむ造形物に関する研究である。膨らむほどに柔らかいエラストマーと、硬いエラストマーの2種類の材料を用いて椅子の造形を行うことで、今まで硬い樹脂材料で3Dプリントされてきた椅子では実現できなかった。座り心地について、その制御を可能にすると考えた。座り心地を座面のクッション性として考え、椅子内部の空気圧が変化することでクッション性の変化する椅子造形の手法を提案する。

キーワード: 空気圧, インフレータブル, 構造, 3D, TPE

【Abstract】

An additive manufacturing machine, also known as 3D printer, is a machine tools that is capable of adding the material. Recently, many kinds of 3D printer are making, for example Stereolithography, Selective Laser Sintering, Fused Deposition Modeling and so on. 3D printers support many kinds of material too. This research proposes a new 3D-printing method for inflatable object with original thermo plastic elastomer. Original thermo plastic elastomer is extremely soft and flexible material. We aim to making chair and control that's cushioning with original thermo plastic elastomer. In this paper, we introduce our concept, core technologies and design method, and discuss further possibilities and future works. Keywords: 3D, pneumatics, Inflatable, structure, 3D, TPE

1. 序論

現在, AM 機械の研究は様々なところで行われており, 多くの方式が登場している[1]. 特に柔らかい材料に関してゲルの水槽の中でシリコンを造形する手法[2]や, 光造形でゴムライクな材料を造形する手法[3]などが登場してきている. これらの特徴は比較的自由的な造形ができることだ. しかし, 一方で単一の素材でしか造形することができないという特徴もある.

また, 家具スケールの 3D プリントに目を向けてみると, 椅子の造形に関して多く研究がされてきている[4-8]. 3D プリントされた椅子は, 特徴的で意匠性の高い形状が多い. また様々な材料で造形されており, リサイクルプラスチックを用いたものなども存在している. しかし, これらの多くは硬い材料で造形されているため, 座り心地に関しての議論はあまりされていない.

我々は柔らかい材料を大型の熱溶解積層方式の 3D プリンタを用いて造形することを試みた. 熱溶解積層方式は, 造形する形状の自由度は比較的に低い. しかし, 材料を複合で造形することが可能であり, 構造物の場所によって硬さや機能性の異なる形状を作り出すことができる. 椅子の 3D プリントについて, 我々は硬い材料で構造体を造形し, 柔らかい材料で膜のような構造体を造形することで, 椅子内部に充填させた空気の圧力に応じて座り心地を制御できるのではないかと考えた.

2. コンセプト

椅子の座り心地にかんして, 人が座った際に座面が

沈むように動く構造を作り, 座面が沈み込む具合を制御し, クッション性を生むことで制御する方法を考えた.

具体的にクッション性を制御する方法について, 内部の構造と外側の膜に分け, それぞれに異なる機能を持たせることによって実現できると考えた(図 1). 内部構造と座面については硬い材料で造形し, 膜を柔らかい材料で造形する. 内部構造はクッション性を生むためのパターンを用いた設計を行い, この部分で椅子としての強度を持たせる. 内部構造の外側には薄い膜を造形し, この内部の空気の圧力を調整することにより, クッション性の度合いを制御する.

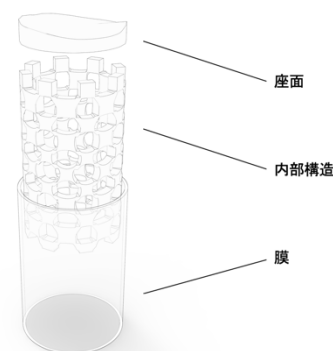


図 1. 椅子の基本的な要素

3. マルチヘッド大型 3D プリンタ

造形には 3 つのエクストルーダを搭載したオリジナルの大型 3D プリンタを利用した(図 2)。造形サイズは 1m*1m*1m ほどである。エクストルーダには射出成形で使われていたものを利用して、材料にはペレットを利用する。そのため、今までの FFF 方式では出力することができなかった柔らかい材料の出力が可能になった。3 つのエクストルーダは独立して制御されているため、複数の材料の同時造形も可能にした。



図 2. 大型 3D プリンタ“Archi Fab TATAMI”

材料には三菱ケミカルの販売するテファブロック[9]とキョーラク株式会社と共同で開発しているオリジナルのエラストマーを使用した。オリジナルのエラストマーで造形したシート材は図 3 にあるようにとても柔軟性がある。さらに密閉させた構造体を造形し、内部に空気を入れると図 4 のように膨らむ。



図 3 . 造形した柔軟性のあるシート材



図 4. 造形した膜に空気を入れた様子

図 5 はオリジナルのエラストマーを使用して造形したランプシェードである。膜内部の空気が充填させる空間を複数造形することによって、膨らんだ際の形状を制御している。



図 5. 材料テストで製作したランプシェード

6. 椅子の設計

椅子の構造には、負のポアソン比を持つオーゼティックパターン[10]を用いた。これは縦方向からの荷重に対して潰された時に、横方向にも内側に縮むように変化する特徴を持っている。このパターンを用いることで、上からの荷重に対してのクッション性を生むと考えた。外形は均一にパターンが折られるように円筒形上を採用した。図 6 は円筒のパターンを展開したものである。さらにこのパターンは潰された状態で左右に動くと図 7 のように動きに追従して動く性質を持っている。

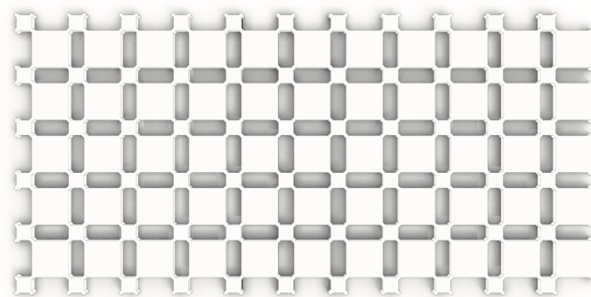


図 6. 平面に展開したオーゼティックパターン



図 7. オーゼティックパターンを潰した時の挙動

座面については、曲面スライシングの技術[11]を応用し、grasshopper を用いて 3D プリンタで造形を行うためのツールパスを生成した。局面の方向に応じて 3 次元的なツールパスを生成することによって、表面に平面にスライスした際に生じる凹凸が発生しないように造形を行なった(図 8)。

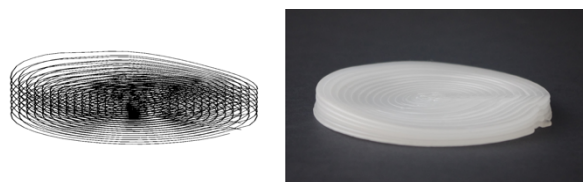


図 8. 座面の造形のパス設計と造形後

5. モックアップ

実際に製作したモックが図 9 である。潰す前の状態では椅子は円柱のような形状をしている。上からの荷重を加えると、内側の硬いエラストマーの構造体はパターン間の隙間を埋めるようにして縮み、外側の柔らかいエラストマーの膜部分は外側に膨らんだ。

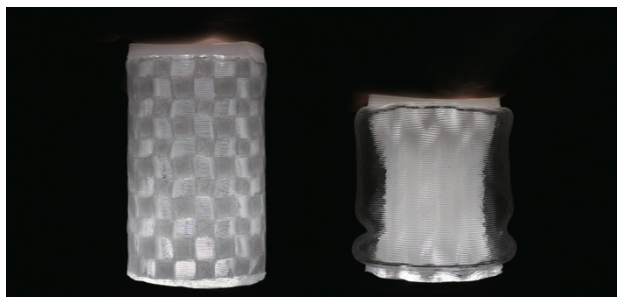


図 9. 製作したモックアップ

造形したモックは、膜内部の空気圧の違いにより、そのクッション性と膜自体の振る舞いに変化する。図 10 は左が内部の圧力が低い状態で、膜にシワがよっているのがわかる。右は内部の圧力が高い状態の時、膜が外側に膨らんでいるのがわかる。圧力が低い状態の時に比べて、高い状態の時に潰すのに多くの力が必要だった。



図 10. 内部の圧力による振る舞いの違い

4. 結論

内部構造、膜、座面に要素を分解して、それぞれに機能を持たせて造形することによって、伸縮性のある椅子の構造を作ることができた。さらに内部の圧力を変化させることで椅子の潰れやすさも変化させることができた。今後は実物スケールの椅子を製作し、座った際にどれほどクッション性が変化するかなどを定量的に評価する。また、そのクッション性の変化が人にどのような感じ方を与えるかなどを集め、椅子の座り心地の観点からも評価を行いたい。

また複合材料の 3D プリントに関しても、ABS や PP などのより硬い材料や、より柔らかい熱可塑性エラストマーと複合させて造形を行うことで実現可能なクッション性や椅子について研究を行いたい。

謝辞

矢崎 友佳子、有田 悠作、加藤 陸に研究に関して助言や多大な協力をいただいた。ここに謝意を表する。エス.ラボ株式会社に大型 3D プリンタに関して、キョーラク株式会社に柔らかいエラストマー材料に関して、多大な協力をいただいた。ここに謝意を表する。

参考文献

1. 3D HUBS. Additive Manufacturing Technologies: An Overview. <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/additive-manufacturing-technologies-overview/>(参照 2019-09-1)
2. Bjorn Sparrman, Schendy Kernizan, Jared Laucks, Skylar Tibbits, Christophe Guberan. Liquid printed pneumatics. SIGGRAPH '19 ACM SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies. Article No. 16. 2019.
3. formlabs. Elastic Resin for Soft Flexible Parts. <https://formlabs.com/materials/engineering/#flexible-resin>(参照 2019-09-1)
4. Zaha Hadid Architects. Rise Chair. <https://www.zaha-hadid.com/design/rise-chair/> (参照 2019-09-1)
5. The New Raw. Zero Waste Lab-. <https://thenevraw.org/Zero-Waste-Lab> (参照 2019-09-1)
6. ASSA STUDIO. STEM 45° Chairs collection. <https://assastudio.com/work/stem-45-chairs-collection/> (参照 2019-09-1)
7. DIRK VANDER KOOIJ. endless chair. <https://www.dirkvanderkooij.com/collections/collection/products/endless-chair-2010> (参照 2019-09-1)
8. WASP. DeltaWASP 3MT printing for full-scale chairs. <https://www.3dwasp.com/en/delta-wasp-pellet-3d-printing-for-full-scale-chairs/> (参照 2019-09-1)
9. MITSUBISHI CHEMICAL. テフアブロック™. http://www.m-chemical.co.jp/products/departments/mcc/mcpp/product/1201837_6958.html (参照 2019-09-1)
10. Xin Ren, Jianhu Shen, Arash Ghaedizadeh, Hongqi Tian and Yi Min Xie. A simple auxetic tubular structure with tuneable mechanical properties. Smart Materials and Structures. Volume 25, No. 6. 2016.
11. Tomomasa Wakimoto, Ryoma Takamori, Soya Eguchi, Hiroya Tanaka. Growable Robot with 'Additive-Additive-Manufacturing'. CHI EA '18 Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Paper No. LBW110. 2018.