Ashby map を用いた 3DPrint 可能な architeted structures の特性把握

Visualizing 3D printable architected structures in Ashby map

岡崎太祐¹, 浅野義弘¹, 櫻井智子², 常盤拓司¹, 仲谷正史², 田中浩也² Taisuke Okazaki¹, Yoshihiro Asano², Tomoko Sakurai², Masashi Nakatani², Hiroya Tanaka²

1慶應義塾大学政策メディア研究科,2慶應義塾大学環境情報学部

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University,

² Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

【要約】

本研究では FDM/SLA 方式の3Dプリンタと複数のマテリアルを用いてラティス構造の出力を行い、Ashby map と呼ば れる材料機械特性の比較図の作成を行った。幾何構造の設計変数をパラメトリカルに変えていくことで、材料特性で は再現できない機械特性を実現した。Ashby map 上で幾何構造、マテリアルごとに計測結果のマッピングを行うことで、 条件によって出力可能な械特性領域を可視化した。これらの知見はラティス構造の設計によって機械特性を変えられ ることを示しており、試行錯誤の量を減らし、最終アウトプットに近い任意の機械特性の Architechted structure を迅速 に選択し設計者を支援するものとして期待される。

キーワード:3D, マテリアル, ラティス構造, 機械特性

[Abstract]

In this research, FDM/SLA 3D printers and multiple materials were used to output lattice structures and create comparative maps of material mechanical properties, called Ashby maps. The mechanical properties that cannot be reproduced by the material properties were realized by changing the design variables of the geometric structure parametrically. The mechanical properties that can be output by the Ashby map were visualized by mapping the measurement results for each geometric structure and material.

These findings show that the mechanical properties of a lattice structure can be changed by designing it, which is expected to reduce the amount of trial and error and assist the designer in quickly selecting an architechted structure with arbitrary mechanical properties close to the final output.

Keywords:3D, material, lattice structure, mechanical characteristics,

1. 序論

3 次元幾何学構造を設計することで通常のマテリアルの 設計では達成しえない機械特性を達成することできるようになった。このような構造を Architected material と呼び、振動減衰や衝撃緩和などの機械特性を設計されている^{1,2}。これらの機械特性を比較検討する手法として ashby map³と呼ばれる材料マッピング手法が知られている。しかし Architected material が ashby plot に使われる 事例では特定の物理課題に限定した形で対して他の



Fig1a. 本研究が狙うデザイン支援のための Ashby map の概念図

材料より有意であることを示すことに用いられることが多い。本研究では3種のマテリアルと2種の出力技法用いて、製造手法の観点から機械特性のプロットを行うことで設計者に対して Ashby plot を設計の支援ツールとして提供することを目的とした。

2. 試験片作成

2.1 ラティス構造の弾性サンプルの作成

本研究ではラティス構造の幾何構造、マテリアル、出力 技法の選択によってどのように機械特性が変化するか について検討した。

2.1a 幾何構造の選定

造形する幾何構造は FDM 造形した事例のある幾何モ デル(2019,櫻井)⁴を参考にした。幾何構造は主に単純 立方格子、体心立方格子、面心立方格子が基につくら れた。造形手法の印刷制限に応じた6パターンの幾何 学構造のモデルで出力をおこなった。

2.1b モデリング

試験片のモデルサイズは 30mm×30mm×30mm,



Fig.1b 出力する幾何構造

体積 27cm³のものを基本にした。櫻井の研究で作 成した 3D モデルを援用し、3種類の 3D プリン タで出力した。本研究では、単位格子の格子数(sq) と柱太さ(t)を変数としてサンプルを作成した。



Fig.2 出力物部位名称

2.1c 出力

出力には光造形式の 3D プリンタ (Form3) と熱溶解 積層型の 3D プリンタ (QIDI TECH 3D プリンター, L-Devo[ノズル特注品]) と 3 種の出力素材 (Elastic 50A Resin, Fabrial-R filament, SainSmart TPU filament) を用いた。



Fig.3 使用した 3Dprinter とマテリアル

造形形式によって出力のできたものについて出力方

法に応じて出力ができた幾何モデルについて Fig4 に示した。



Fig.4 実際に出力できたサンプル

3. 試験片計測

3.1 機械特性の計測

出力したサンプルの機械特性を評価した。造形した サンプルの密度とともに、機械特性の1つとしてヤ ング率の計測を行った。

3.2 ヤング率計測

3.2a 計測機器

計測には Fig5 に示す測定装置 YAWASA MSES-5012-1-SL (テック技販、京都)を用いた。

3.2b 計測条件

計測には2.1cで出力した3Dプリントされた試験片 を用いて行った。標本は定盤の上に乗せられ圧力セ ンサーに球面上のプローブ(30mm)を取付ける。0.5 mm/sの一定の速度で標本に対して5Nの荷重に達 するまで荷重をかけた。Form3で出力したサンプル に対しては、造形の都合上、ラフト面が残るため、 この面の上から測定を行った。他の3Dプリンタで 出力したサンプルに対しては、積層造形した際の上 面から測定を行った。いずれの場合も、5回の測定 を行い、推定したヤング率の平均値を計測値として 採用した。



Fig.5 Yawasa での計測と得られるデータ

4. 計測結果

計測結果を Fig6 に示す。Fig6a より全体サンプルの 傾向として密度とヤング率には正の相関関係がみら れることがわかった。また Fabrial-R と TPU は類似 した傾向がみられることがわかった。

Fig6b からは R 値が低いことが示されている。この ことは標本毎のばらつきが大きいことを示している。 Fig6c からはヒステリシスはマテリアルに大きく依 存することが示唆されるが密度に対しては負の相関 関係が示唆されることがわかった。

以上の結果からラティス構造のモデル、マテリアル 選択によって複数の機械特性を実際に変えられるこ とを示された。



∟ Fig.6a 全標本の密度 - ヤング率の散布図



0.2

0.4

0.0

5. 結論

今回はずり特性や衝撃吸収性についての検討は行っ ていないが、手で触れてみるとモデル間での差は体 感できた。今後、他の機械特性も計測し、Architected Materials のライブラリとして活用できるようにデー タ蓄積を行ってゆく。

密度(g/cm³)

1.0

1.2

参考文献

[1]. Pelanconi, M., & Ortona, A. (2019). Nature-Inspired, Ultra-Lightweight Structures with Gyroid Cores Produced by Additive Manufacturing and

Reinforced by Unidirectional Carbon Fiber Ribs. Materials, 12(24), 4134.

https://doi.org/10.3390/ma12244134

[2]. Wang, R., Shang, J., Li, X., Luo, Z., & Wu, W. (2018). Vibration and damping characteristics of 3D printed Kagome lattice with viscoelastic material filling. Scientific Reports, 8(1), 1-13.

https://doi.org/10.1038/s41598-018-27963-4

[3]. Ashby, M. (2013). Designing architectured

materials. Scripta Materialia, 68(1), 4-7.

https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2012.04.033

[4]. 櫻井 智子, 浅野 義弘, 常盤 拓司, 田中 浩也 (2019) 「3D プリント可能な構造体を既存物 と対応づける「やわらかメトリック」の提案」 https://fab.sfc.keio.ac.jp/paper/files/4DFF sa kurai.pdf

Conference on 4D and Functional Fabrication 2020