

令和 6 年 6 月 27 日現在

機関番号：83602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04228

研究課題名（和文）3Dプリンタ造形における製品内部設計手法の提案とCAD開発

研究課題名（英文）Proposal of product internal design method and CAD development for 3D printer modeling

研究代表者

小林 義和（Kobayashi, Yoshikazu）

長野県工科短期大学校・技術研究開発機構・教授

研究者番号：60277390

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）： 内部形状を設計する目的で、形状内部をボクセルで定義するCADを開発した。ここでは、解像度と充填率という2つのパラメータでボクセルの状態を変化させる。そして、解像度と充填率を変えた内部形状が異なる試料片を製作し、曲げ試験を行った。その結果、内部形状により曲げ強さが変化し、破断する箇所も変化することがわかった。

また、試料片を製作する際のアルゴリズムを応用し3Dプリンタで製作可能な3Dパズルソフトを開発した。このソフトはSTLフォーマットの立体形状をボクセルで構成された複数のパズルのピースデータを作成する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

機械部品は主に切削や研削による機械加工により作られており、形状寸法や表面性状を設計値として与えてきた。これは、機械部品の外見を定義し、部品の内部は均一な材料で満たされたものとして扱われてきたと言える。近年、3Dプリンタの性能向上により機械部品に3Dプリンタで作られたものが使われ始めている。3Dプリンタの特徴の一つとして、部品内部を格子状など任意の形状にして作製できることである。これは、部品の軽量化およびコストの軽減につながるが、機械強度の低下が懸念される。したがって、内部を自由に設計するツールがあれば軽量で強い部品製作に繋がると考えられる。

研究成果の概要（英文）： For the purpose of designing internal geometry, we developed a CAD system that defines the interior of the geometry in voxels. There, the state of the voxels is varied by two parameters: resolution and filling ratio. Specimens with different internal geometries with different resolutions and filling rates were fabricated and subjected to bending tests. The results showed that the bending strength varied with the internal geometry, and the point of fracture also varied.

In addition, we developed a 3D puzzle software that can be produced with a 3D printer by applying the algorithm used to produce the specimens. This software creates multiple puzzle piece data composed of voxels from STL-formatted 3D shapes.

研究分野：生産システム工学

キーワード：3Dプリンタ CAD/CAM 内部設計

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来の CAD では、外見上の形状作成が重要となることから、そのためのコマンドが多く取り入れられ設計に活用されてきた。その際に内部の情報は、材質に関する値を属性として与えることはできるが、積極的に内部の形状を設計することはなかった。それは、製品の形状を作製する方法が、切削や研削などのいわゆる除去加工による加工要求が主だったことによる。しかし、3D プリンタは原理上、除去加工では難しい外殻で閉じられた内部の形状を造形することができるため、従来にはない内部設計手法が必要である。特に内部形状は微細かつ複雑な形状が要求されると考えられることから、従来の CAD では対応できない。現状の内部形状の設計は、専用ソフトウェアによる単純かつ均一形状による設計となっている。研究代表者はニットパターンを設計する CAD を開発してきたが、この様な複雑形状は市販されている CAD では作成することは困難であり、新しく専用の CAD を開発し対応した。複雑な形状を作成する試みは、植物の枝や葉の成長過程をシミュレーションした Bionic Design 分野やフラクタルなどの幾何学分野で研究されているが、これらを設計分野に利用し、ユーザが使えるアプリケーションにまで応用した例は無い。また、実用上の問題として、この様な複雑形状を最適設計するための指針も必要となってくる。

2. 研究の目的

機械部品は主に切削や研削による機械加工により作られており、形状寸法や表面性状を設計値として与えてきた。これは、機械部品の外見を定義し、部品の内部は均一な材料で満たされたものとして扱われてきたと言える。近年、3D プリンタの性能向上により機械部品に3D プリンタで作られたものが使われ始めている。3D プリンタの特徴の一つとして、部品内部を格子状など任意の形状にして作製できることである。これは、部品の軽量化およびコストの軽減につながるが、機械強度の低下が懸念される。しかし、現状の CAD/CAM システムでは内部の設計を行えるような仕様のものは無く、3D プリンタ専用の CAM システムを用い試行錯誤して内部の形状を決めているのが現実である。そこで本研究では、3D プリンタで造形する際に内部の形状を強度と形状寸法の両面から設計できるようにするため、(1) 内部形状を設計するための指針の作成と (2) 内部形状設計用 CAD の開発を目的とする。

3. 研究の方法

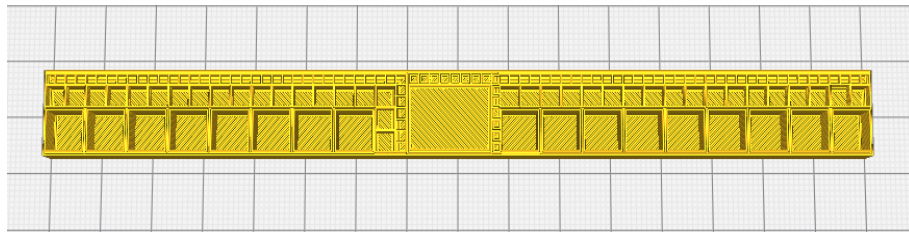
研究代表者は内部形状を設計する目的で、形状内部をボクセルで定義する CAD を開発している。そこでは、解像度と充填率という2つのパラメータでボクセルの状態を変化させる。解像度はボクセル一辺の長さを指定することで密度の変化を表現する。開発したソフトウェアではボクセル毎に長さを変えることもできるが、作業が煩雑になるため外殻の部分を最小ボクセルとして一辺の長さを小さく定義し、内部に行くに従いボクセル同士を結合することでボクセルを大きくする。さらに、ボクセルを配置しただけでは造形材料はボクセル面に沿って吐き出されるため、内部では厚さが均一な壁として造形される。そこで、壁の厚さを変えることを目的に充填率というパラメータを設定した。ボクセル一辺の長さを基準に、どの程度の壁の厚みにするか、ボクセル一辺の長さに対する材料を充填する長さ(パーセント)で定義する。これら解像度と充填率を変えた内部形状が異なる試料片を製作し、曲げ試験を行った。

また、試料片を製作する際のアルゴリズムを応用し3D プリンタで製作可能な3D パズルソフトを開発した。このソフトは STL フォーマットの立体形状をボクセルで構成された複数のパズルピースデータを作成する。

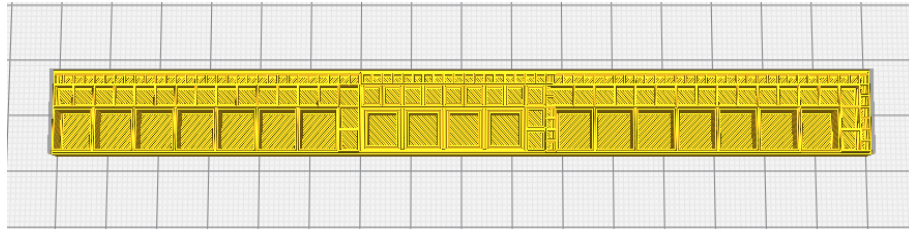
4. 研究成果

(1) 内部構造を変えた曲げ試験

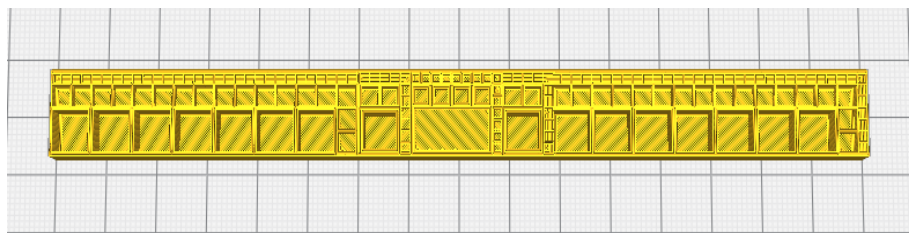
プラスチック-曲げ特性の求め方の JIS K 7171 を参考に設計し、内部構造を変化させた試験片を製作した。その内部構造を図 1 に示す。No. 1~No. 4 と No. 5~No. 8 でそれぞれ使用材料量を揃え、No. 4 と No. 8 は均一な内部形状、その他の試料は強化範囲で長さ 1 方向の範囲を指定し、指定した範囲とそれ以外の部位で充填率を変化させた内部形状になっている。No. 1 と No. 5 は荷重がかかる範囲の充填率を上げた物、No. 2 と No. 6 は No. 1 と No. 5 より充填率を上げる範囲を広げた物 No. 3 と No. 7 は範囲は No. 2 と No. 6 と同じだが充填率を段階的に変化させた物となっている。



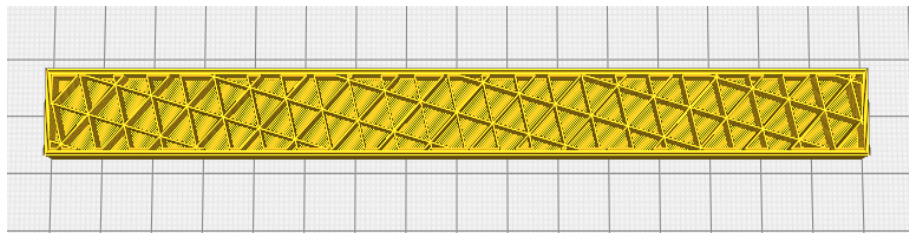
(a) No. 1



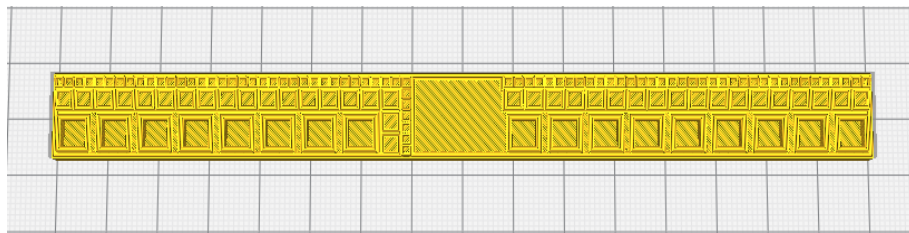
(b) No. 2



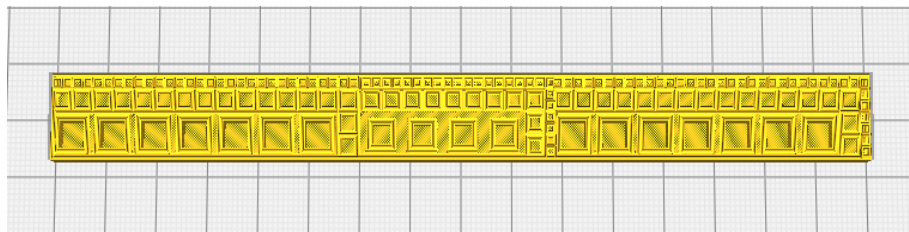
(c) No. 3



(d) No. 4

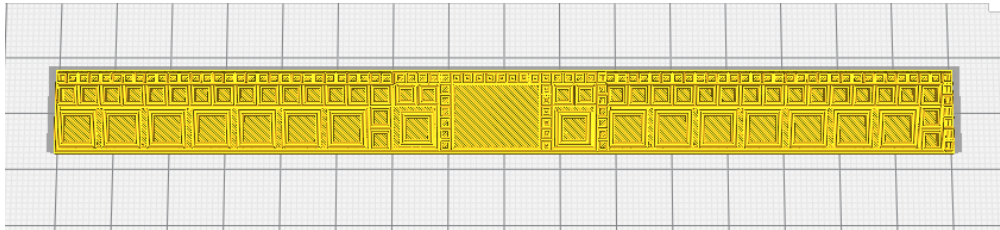


(e) No. 5

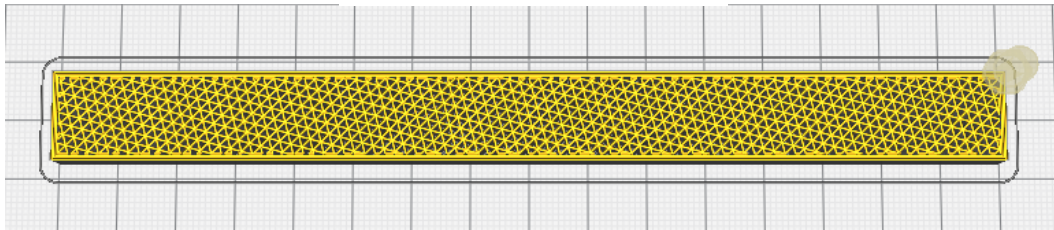


(f) No. 6

図1 試料の断面



(g) No. 7



(h) No. 8

図1 試料の断面

No. 1～No. 4 の試験片の曲げ試験結果を図2に No. 5～No. 8 の試験片の試験結果を図3に示す。No. 1～No. 4 の試料を比較すると試料 No. 2 は試料 No. 4 より最大荷重が大きく、試料 No. 1 と試料 No. 3 は最大荷重が小さく記録された。試料 No. 5～No. 8 を比較すると試料 No. 5 は試料 No. 8 より最大荷重が小さく試料 No. 6 と試料 No. 7 は試料 No. 8 のより最大荷重が大きく記録された。

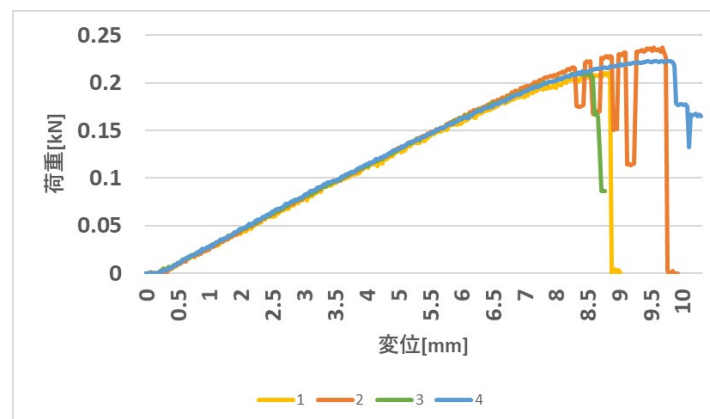


図2 No.1～No.4 の試験結果

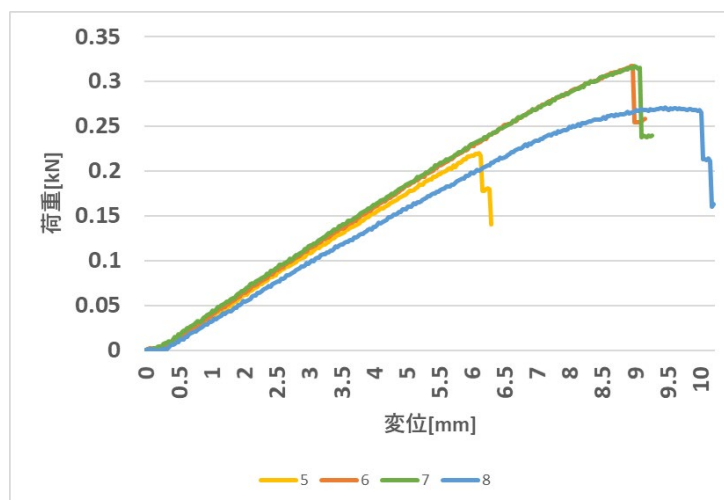


図3 No.5～No.8 の試験結果

(2) 3D パズルの製作

7201 ボクセルで構成されたカエル形状を6ピースに分けたパズルと280ボクセルと4224ボクセルの球体を6ピースに分けた例を図4に示す。また、これらのデータをもとに3Dプリンタでパーツごとに造形したものを図5に示す。以上のようにボクセル構造で作られた3Dパズルを製作することができた。

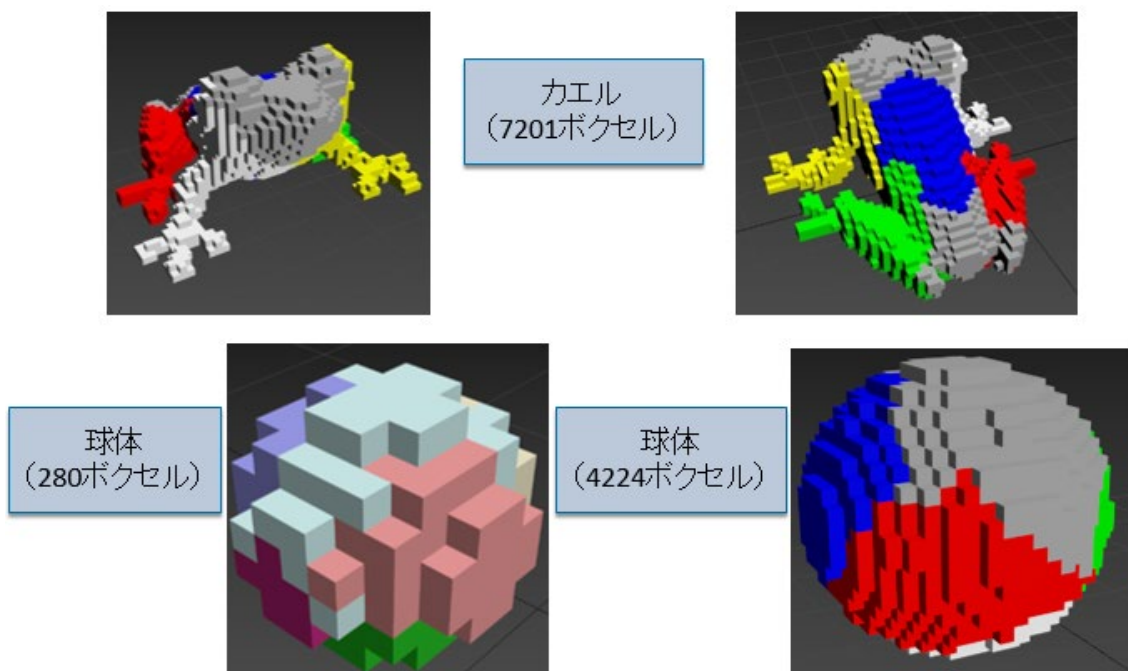


図4 作成したパズルデータ例



図5 3Dパズルの造形結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 小林義和	4. 巻 7
2. 論文標題 金型表面の微細テクスチャによる射出成形における樹脂流れの制御	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 長野県南信工科短期大学校 紀要	6. 最初と最後の頁 16-20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------