

研究ノート

パラメトリックモデリングによる積層造形とその機能

梅田隼史*¹、杉山儀*¹

Additive Manufacturing with Parametric Modeling and its Functions

Junji UMEDA*¹ and Tadashi SUGIYAMA*¹Research Support Department*¹

昆虫や甲殻類等の外骨格に存在する自然由来の3次元周期構造を基にした構造を、パラメトリックモデリングにより設計し、CADモデルを作成した。その際、設計者の意図する条件を変数として設定しておくことで、変数の入力値変更により類似形状を容易に生成することが可能であった。設計したモデルから、積層造形装置により圧縮試験用の造形物(試験体)を作製し、万能試験機により圧縮試験を行った結果、パラメータ変更により作製した試験体は異なる圧縮特性を示すことがわかった。

1. はじめに

近年、積層造形技術は、従来の除去加工や変形加工では実現が困難な、複雑形状の製品を製造できる新たなものづくり技術として注目されている。これまでは製品の剛性や強度などの機械特性は、材料により固定されることが前提であったが、積層造形技術により、製品内部や一部にユニークな構造を意図的に配置することで、機械特性を大きく調整することや必要強度を維持しながら製品の軽量化を図るなどといったことが可能となる。

ラティス構造のように、ある単位構造が3次元に周期的に並んだ形状はデジタルデザインとの相性が良く、かつ積層造形装置により製造が可能であるため、製品内部に配置して軽量化を図る目的や、製品に柔軟性を付与する目的などのためにこのような構造が実用され始めている。

自然界に存在する生物や鉱物等には3次元周期構造に基づく高度に効率化された組織や構造が存在することがよく知られている。これらは、エネルギー最小化といった原則や、長年の進化や淘汰の過程で形成されたものである。本研究では、そのような自然界に存在する3次元周期構造に倣ったモデルを3D CADにより設計し、積層造形装置による造形を実施した。設計の際はパラメトリックモデリングという手法により、特定の項目をパラメータ(数値変数)化し、設計者の意図によりそのパラメータを容易に変更できる設計とした。さらにその造形物の圧縮試験を実施し、圧縮時の機械特性を調査した。

2. 実験方法

CADモデルは、3D CADソフトRhino6(Robert

McNeel & Associates)およびそのプラグインであるGrasshopperにより設計した。Grasshopperでは、設計者のアルゴリズムに沿ってプログラムを視覚的に構築していくことができる。その際、設計者の意図する条件を変数パラメータとして設定しておくことで、変数の値を変更するだけで類似形状を容易に作成できるパラメトリックモデリングが可能である。設計したモデルを粉末床溶融結合型積層造形装置sPro60 HD-HS(3D Systems)を用いて造形した。

造形した試験体は、万能試験機AGX-50kNVD((株)島津製作所)を用いて圧縮特性を評価した。上部圧盤は球座式、下部圧盤は固定式を用いた。試験中に試験体が滑ることを防ぐため、下部のみ圧盤と試験体の間を両面テープで固定した。クロスヘッド速度は10mm/minとし、試験はN=2で実施した。

3. 実験結果及び考察

3.1 自然由来構造のパラメトリックモデリング

昆虫等の外骨格を構成するクチクラには積層材型と呼ばれる積層構造があることが知られている¹⁾。クチクラ内薄層では繊維が平行に並んだ層が、前の薄層に対して繊維方向を回転させながら積層されている。クチクラの構造はマイクロメートルスケールであるが、本研究ではそれに倣った構造を積層造形可能なミリメートルスケールにスケールアップし、繊維ではなく半径1mmの丸棒を積み重ねたモデルとしてGrasshopperによりパラメトリックモデリングを実施した。図1にGrasshopperによるモデル設計画面を示す。図中左下のように、本研究では積層回転角を変数として設定した。これにより、

*1 共同研究支援部 試作評価室

入力数値を変更することで容易に積層回転角を変えたモデルを生成することが可能となり、今回は図2に示す0°、15°、45°、90°の4種類のモデル作成を行った。変数を設定したパラメトリックモデリングとすることで、このような派生モデルを容易に生成することが可能となる。

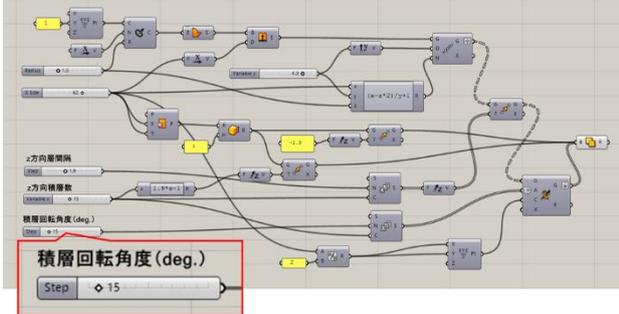


図1 Grasshopperによる設計画面

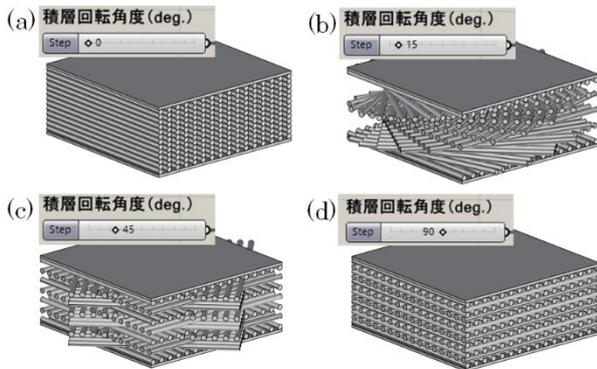


図2 積層回転角を変化させた4種類のCADモデル
(a)0°、(b)15°、(c)45°、(d)90°

3.2 積層造形による試験体の作製

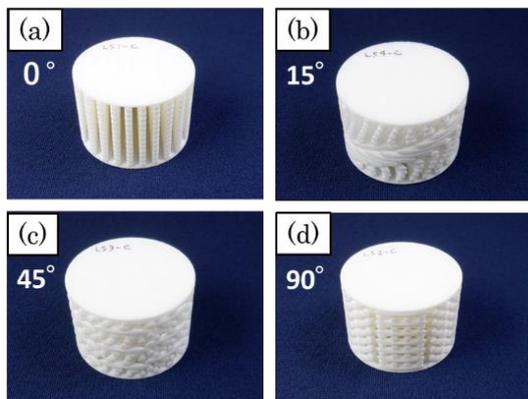
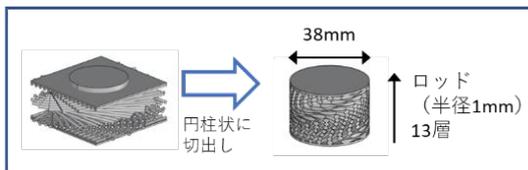


図3 積層造形により作製した4種類の造形物
積層回転角(a)0°、(b)15°、(c)45°、(d)90°

作成したCADモデルは円柱状に切り出し、STLファイルに変換することで積層造形可能なデータファイルと

し、粉末床溶融結合法により造形を行った(図3)。積層造形装置を用いることで設計モデル通りの造形物を得ることができた。

3.3 試験体の圧縮特性の評価

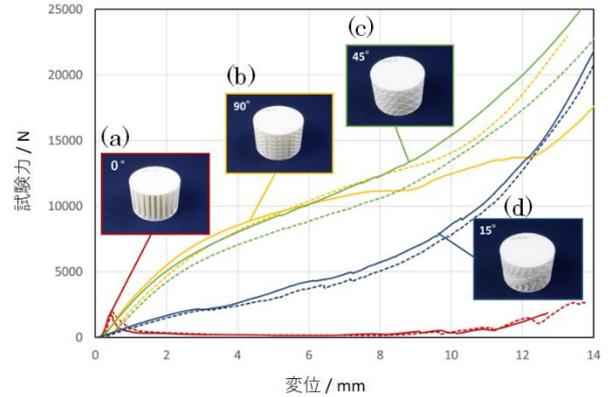


図4 造形物の圧縮試験結果
積層回転角(a)0°、(b)15°、(c)45°、(d)90°

積層回転角を0°、15°、45°、90°として設計・造形した4種類の造形物を試験体として万能試験機により圧縮試験を行い、その圧縮時の特性を評価した。圧縮試験結果を図4に示す。4種類の試験体について、それぞれN=2で圧縮試験を実施し、図中の実線と破線はそれぞれ同形状試験体における圧縮試験の1回目、2回目の結果を示している。回転角0°の試験体は試験の早い段階で横倒れ、または座屈により試験力が低下した。回転角45°および90°の試験体は試験のばらつきの範囲が比較的大きく、明確な違いは見られなかったが、いずれも時間(変位)とともに試験力が増加した。回転角15°の試験体は、回転角45°および90°の試験体と同様に時間とともに試験力が増加したが、比較的低い試験力で推移した。これらの結果から、積層回転角により圧縮特性が変化することがわかった。

4. 結び

自然由来構造の3次元周期構造をパラメトリックモデリングすることで、類似モデルを容易に生成できる設計が可能となった。作成したCADモデルを積層造形することで、設計通りの3次元周期構造を持ち、圧縮試験が可能な試験体を造形することが可能であった。設計時に積層回転角を変数として設定し、それを変化させた造形物(試験体)は異なる圧縮特性を有することがわかった。今後、シミュレーション等を活用した詳細な解析および、部品軽量化や衝撃吸収材料等への活用可能性を検討する。

文献

- 1) 岡本秀穂: 高分子, **36**(12), 836(1987)