

【ノート】

【令和5年度 先端技術等調査研究事業】

パラメトリック設計によるラティス構造生成

篠塚 慶介、伊藤 利憲、益田 佳奈
企画・事業推進部

AM(Additive Manufacturing)技術の発展により、従来の加工法では作ることが出来なかった形状が製造できるようになった。加えて、3次元設計ソフトウェアの高機能化やコンピューターの高性能化が進み、機能性を持った複雑な形状を設計し、AM技術で製造する手法が注目されている。

ラティス構造を取り入れた設計もその一つで、軽量化や放熱性向上などの効果が期待されるが、構造が複雑なため、設計者が3次元設計ソフトウェアの手動操作のみで形状を作り上げることは現実的ではない。

そこで本研究では、ビジュアルプログラミング言語を使ったパラメトリック設計でラティス構造を簡便に生成する手法について検討を行った。

キーワード：ラティス構造、パラメトリック設計、AM技術

1 緒言

一般的に3Dプリントや付加製造とも呼称される「AM技術」は、日本産業規格(JIS)で、3Dモデルデータを基に、材料を結合して造形物を実体化する加工法¹⁾として定義されている。従来型の成形加工(射出成形、鍛造、鋳造など)や除去加工(切削、切断、放電加工など)と比較して、AM技術固有の制約条件はあるものの、作ることができる形状の自由度が高い。

デジタル化が進む製造業界に目を向けてみると、高機能な3次元設計ソフトウェアと高性能のコンピューターを用いて、高い機能性を持つ、従来型の加工法では作ることが出来ない複雑形状部品を設計し、AM技術で製造する手法が注目されており、その一つにラティス構造がある。本研究では、そのラティス構造を簡便に生成する手法について検討を行った。

- ・ 弾力性の向上
- ・ 材料の節約
- ・ AMによる造形時間の削減
- ・ 他の部材との親和性向上(アンカー効果の向上)
- ・ 負のポアソン比など、素材単体では実現できない物性の再現

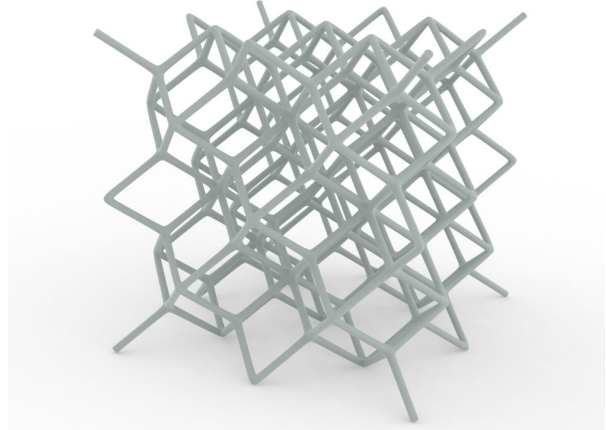


図1 ラティス構造の例

2 ラティス構造について

ラティス構造とは、頂点(点)間を連結するリンクを幾何学的に3D配置した機能構造²⁾である(図1)。

構造物の一部(あるいは全体)をラティス構造にすることで、以下のような機能の向上と効果付与などが期待できる。

- ・ 軽量化
- ・ 放熱性の向上
- ・ 通気性の向上

一方、ラティス構造は形状が複雑なため、設計者が3次元設計ソフトウェアの手動操作のみで作成することは、時間とコストの面からみて現実的ではない。

そこで本研究では、ビジュアルプログラミング言語を使ったパラメトリック設計によりラティス構造を簡便に生成する2つの手法について検討し、そのメリットとデメリットについて調査した。

なお、ここではラティス構造が持つ機能や効果の評価には言及せず、生成方法のみに着目する。

3 ビジュアルプログラミングによるパラメトリック設計

ビジュアルプログラミングとは、ある機能を持った図形・記号を組み合わせるプログラミングする手法のことである(図2)。コードを文字で記述するテキストプログラミングと比べ、初心者でも直感的にプログラミングしやすいという利点がある。

パラメトリック設計とは、3D-CAD等で生成したモデル形状が、可変するパラメーター値(変数)と連動し、その設計の整合性を保ったまま、形状や個数が自動変更するように設計する手法であり、プログラムを用いて実行することが多い。

今回のラティス構造の設計には、3次元モデリングソフトウェア「RhinoCeros (Robert McNeel & Associates社)」上で動作するビジュアルプログラミング言語「Grasshopper」を用いて、パラメーターに連動して、ラティス構造の各部の寸法と配置数が変わるパラメトリック設計を行った。

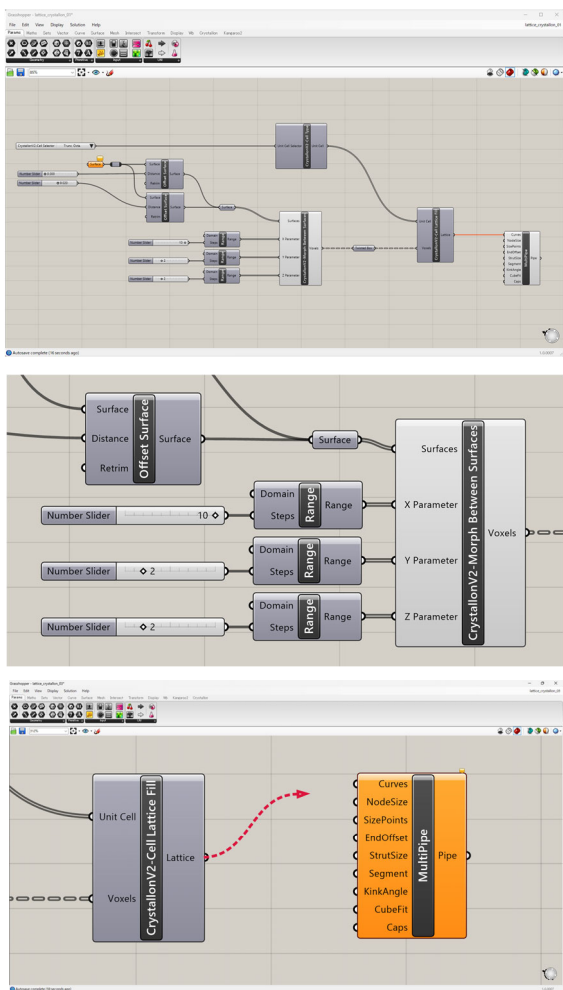


図2 ビジュアルプログラミングの操作画面例

4 ラティス構造の生成

4.1 ラティス構造の生成方法

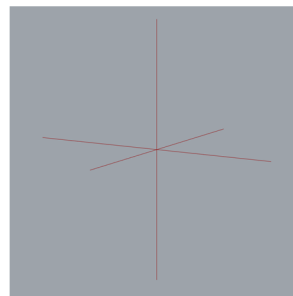
ラティス構造の生成については様々な方法が考えられるが、本研究では比較的容易に生成可能な、①「同形状のラティスをXYZ方向にそれぞれ配列複製」、②「3次元空間を六面体で区切り、その区画ひとつひとつにラティスを配置」、の2つの方法を採用した。

4.2 プログラムの実行

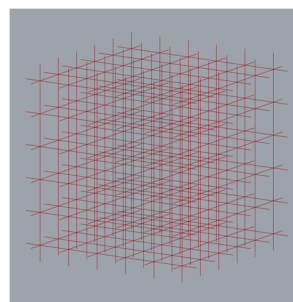
①「同形状のラティスをXYZ方向にそれぞれ配列複製」するプログラムは、以下の手順で実行される。

変更できるパラメーターは、ラティスの梁の長さ、梁の径、梁が交差する部分の形状、隣接するラティスとの接合部の径、配列複製する数とし、梁の断面形状は全て円形とした。

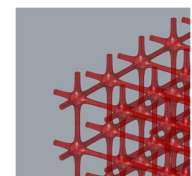
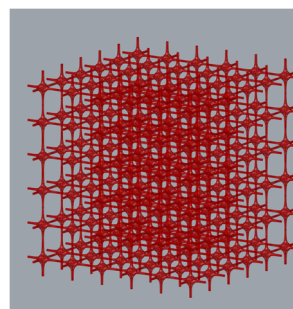
- 1) ラティスの梁の中心線(骨組み)を作図



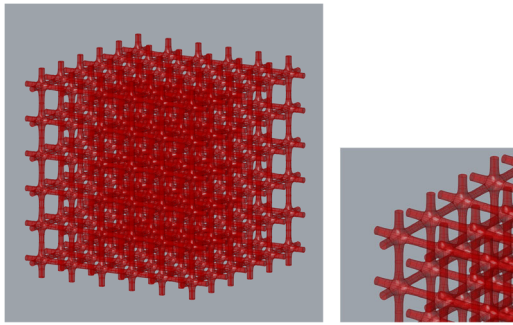
- 2) 中心線を配列複製



- 3) 中心線に厚み付け



4) パラメーターの調整



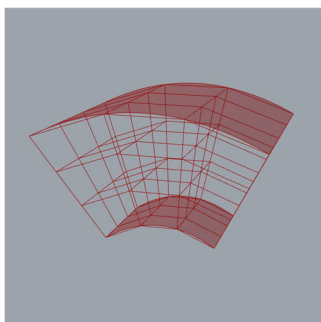
生成したラティス構造は、不要な部分をトリミングし、3D-CAD等のブーリアン演算機能を用いて土台となる形状と結合する。

②「空間を六面体で区切り、その区画ひとつひとつにラティスを配置」するプログラムは、以下の手順で実行される。変更できるパラメーターは、①と同様とした。

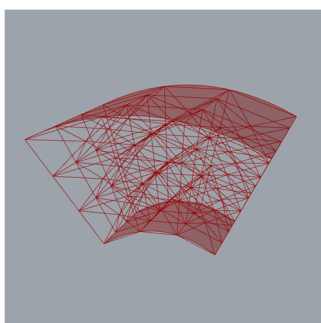
1) ラティス構造化する領域を指定



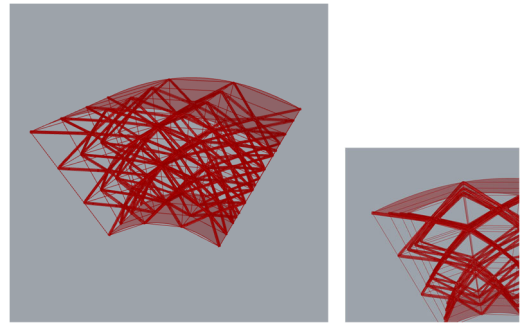
2) 領域を六面体で分割



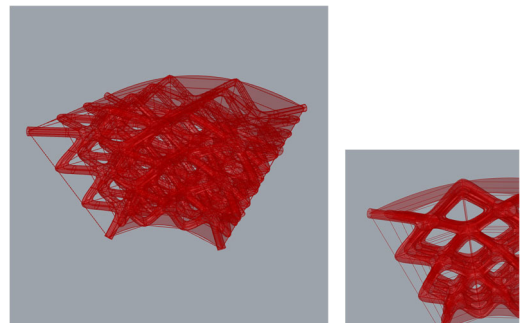
3) 各六面体の内部に、中心線(骨組み)を配置



4) 中心線に厚み付け



5) パラメーターの調整



ラティス構造を生成後、必要に応じて、土台となる形状とブーリアン演算機能で結合する。

5 考察

今回、作成した①②のプログラムによるラティス構造の生成方法は、それぞれ以下の特性を持つことが確認できた。

① 「同形状のラティスをXYZ方向にそれぞれ配列複製する生成方法の特性

- ・ 同形状の構造を配置複製しているため、単純形状の空間をラティス構造で充填することに向いている。ただし、トリミングする場合、その位置によって、構造の途中でラティスが途切れる可能性がある(図3)。

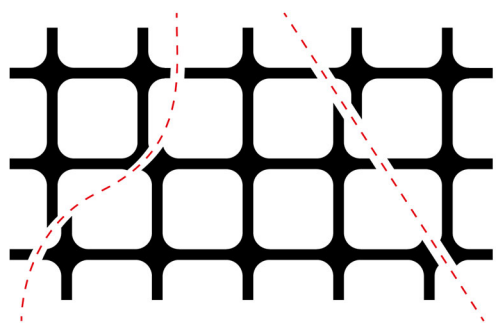


図3 構造の途中で途切れたラティス構造の模式図

- ・ 中心線(骨組み)の形状を変えるだけで、様々なラティス構造を簡便に生成できる。
- ・ プログラミングの手順を変更すると、計算処理が極端に重くなる。具体的には手順2)と3)の処理の前後関係を入れ替えると計算が収束しない。

② 「空間を六面体で区切り、その区画ひとつひとつにラティスを配置」する生成方法の特性

- ・ トポロジーを保ったまま、領域に合わせてラティス構造が変形する(図4)。
- ・ 曲面で囲まれた空間も、構造が途中で途切れることなくラティス構造で充填できる。
- ・ 中心線(骨組み)の形状を変えるだけで、様々なラティス構造を生成できる。

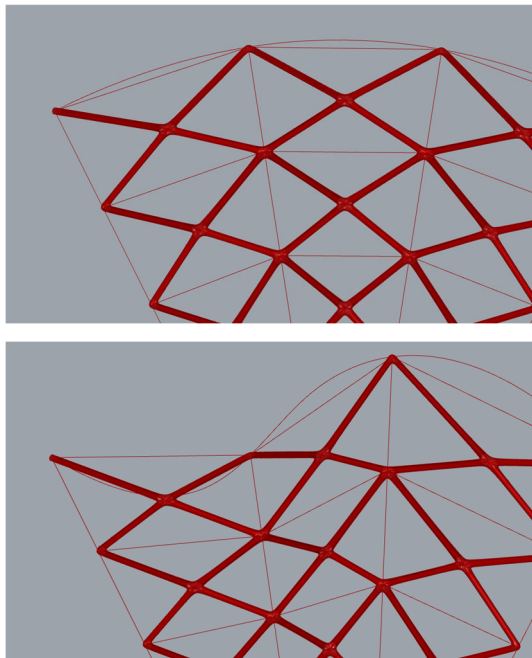


図4 領域に合わせて変形する

6 結言

今回の調査研究では、ビジュアルプログラミング言語を用い、比較的簡単にラティス構造を生成するプログラムを作成した。生成したラティス構造は、異なる3D-CAD間でも互換性を持つ中間ファイル(IGES、STEPなど)に変換できるため、県内企業が多く導入している一般的な3D-CADでも扱える。

設計の現場では、コストや操作の難易度の面でラティス構造を生成するためのソフトウェアの導入や設計ノウハウの蓄積は進んでいない状況が見受けられるが、本

研究の終盤に、今回作成したプログラムを用いて企業支援を行い、AM造形部品設計に有効活用できることが確認できた。今後も、本技術の活用と県内企業への普及を進めたい。

残された課題として、データ量が重くなる複雑なラティス構造は、強度解析や熱流体解析などのシミュレーションが難しいことが挙げられる。コンピューター性能のさらなる向上により解決する可能性もあるが、ラティス構造の物理特性を単純なひとつのボクセル形状に置き換えることでデータ量を軽くし、シミュレーションする等の対応策も同時に検討していきたい。

現在、県内企業の間でAM技術の理解が徐々に進んだこともあり、ラティス構造への関心が高まってきている。

宮城県産業技術総合センターでは県内企業向けにAM技術を発信する「宮城AM研究会」を開催し、ラティス構造などのAM関連技術を、研究会会員が相互に学ぶ場を設けている。興味のある方は、是非、次のURLをご覧ください。

<https://www.mit.pref.miyagi.jp/mde/mde-labs/>

参考文献

- 1) 一般財団法人日本規格協会. JIS B 9441:2020. 付加製造(AM)ー用語及び基本的概念. 2020. p. 5.
- 2) 一般財団法人日本規格協会. JIS B 9441:2020. 付加製造(AM)ー用語及び基本的概念. 2020. p.16.