

3D プリンタ用スライス処理ソフトウェア「AMmeister」の紹介

Introducing “AMmeister”, a Slice Processing Software for 3D Printers

中 川 伸 市

要 約 現在3Dプリンタは、製造あるいは試作として、工業向けやホビー向けなど様々な分野で活用されている。その3Dプリンタの入力データを作成するのがスライス処理ソフトウェアであり、3Dプリンタ特有の課題に対応する機能やデータ編集機能を備えるのが一般的である。UELは、3Dプリンタのスライス処理を行うソフトウェアとしてAMmeisterを開発した。特にスライス機能では可変ピッチ・可変複数輪郭、サポート形状作成機能では効率的なアルゴリズムとサポート形状の拡充、データ編集機能では位置合わせ/自動配置やZ軸方向補正などの工夫を行い、性能も十分なものとなった。今後は未着手のプリント方式への対応やより多くの分野への進出を計画している。

Abstract Currently, 3D printers are used in various fields such as industrial and hobby fields for manufacturing or prototyping. Slice processing software is required to create the input data for the 3D printer, and it is generally equipped with functions to deal with problems specific to 3D printers and data editing functions. UEL has developed AMmeister as software for 3D printer slicing. In particular, We have improved the slice function with variable pitch and variable multiple contours, the support shape creation function with efficient algorithms and expanded support shapes, and the data editing function with features such as alignment/automatic placement and correction in Z-axis direction, resulting in sufficient performance. In the future, we plan to address printing methods that we have not yet tackled and to expand into more fields.

1. はじめに

UEL株式会社（以降、UEL）は、3Dプリンタ用スライス処理ソフトウェアAMmeisterの開発・販売を行っている。3Dプリンタは、3次元形状データの水平断面形状を積層し、立体物を造形する装置である。例えば樹脂や粉体などをレーザー照射などで固めた層を積み上げて、あるいは熱で溶かした樹脂をノズルから吐出してできた層を積み重ねて立体物を製作する。この技術は積層造形（Additive Manufacturing：AM）と呼ばれており、複雑な形状、中空構造や一体型を作成できるといった自由度の高さが魅力である。現在3Dプリンタは、製造あるいは試作として、工業向けやホビー向けなど様々な分野で活用されている。

スライスは、3次元形状データを水平に輪切りにし、3Dプリンタが入力できる断面データにする処理である。これを行うソフトウェアはスライサとも呼ばれる。スライサは、プリンタごとに専用のソフトウェアとなっている場合が多いが、様々なプリンタに対応した汎用のソフトウェアも存在する。それらはスライス機能のみでなく、3Dプリンタ特有の課題を解消する機能やCADのように形状データの編集機能も備える。ただし国産の汎用ソフトウェアは存在せず、海外製のソフトウェアの独占状態であった。汎用のスライサを国産すれば、国内の3Dプリンタメーカーからのカスタマイズの需要を満たすことができる。そこでUELはスライサと

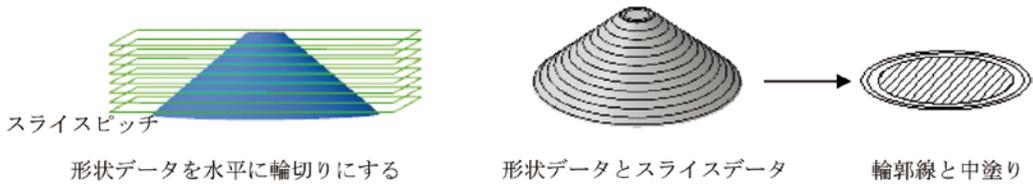


図2 スライスデータの構成

3.1 課題

積層造形では、一層ずつ造形する処理を積み重ねる仕組みのため、全体の造形に時間がかかる。また、図3のように端の部分（形状の切断線部分）に上下の間で階段状の積層段差が発生し易い。スライスピッチが大きいと積層段差は大きくなる。逆に積層段差を小さくするためにスライスピッチを小さくすると、積層が多くなり造形時間が増え効率が下がってしまう。個人利用だけではなく製造業でも広く利用されるためには、製品を高い精度で効率良く生産することが求められるので、積層段差の縮小と造形時間の短縮の両立が課題である。

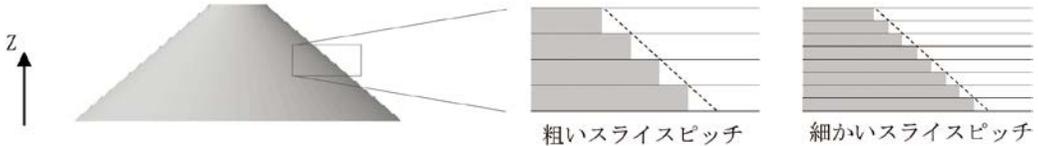


図3 積層段差

3.2 対策と工夫

AMmeister は、精度と効率の両立を目標とし、パスの精度は変えずにスライスデータの量と作成時間を削減する工夫を行った。

3.2.1 可変ピッチ

同一形状データ内で、スライスピッチを変更できるようにした。図4のように、細かく滑らかに表現したい部分は細かいスライスピッチを、垂直壁など起伏の少ない部分は粗いスライスピッチを設定する。これにより、全体の品質を維持しながら、粗い部分はスライスパスを削減することで高速に造形する。

ただし複数の形状を造形する場合、それぞれの形状で自由にスライスピッチを設定すると、



図4 可変ピッチ適用例

形状間でスライスピッチが揃わず同時に造形できなくなる可能性がある。そこで3Dプリンタの分解性能を基に基準となるピッチを定義し、形状ごとに基準ピッチに対する倍数を設定するようにした。これにより、スライスピッチが異なる複数の形状も同一造形テーブル内で一度に造形できる。

3.2.2 可変複数輪郭

各輪郭線のビーム径、オフセット値を個別に変更できるようにした。積層造形では、造形物の表面の仕上がりを良くする、あるいは表面の強度を確保するために、表面の内側を何回かオフセットして重ね塗りする。このため、図5のように表面に近い輪郭線から内部にいくにつれ、ビーム径とオフセット値を大きく設定する。これにより、品質を維持したままスライスパスを削減する。

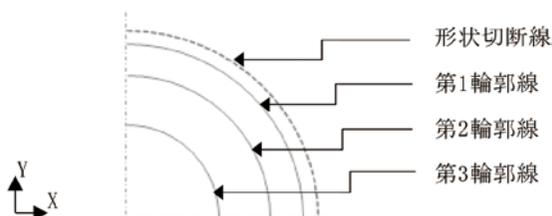


図5 可変複数輪郭

3.3 評価

既存の他のスライサは、一定ピッチの製品が多い。しかし AMmeister は、可変ピッチ・可変複数輪郭を取り入れることで、外観品質と生産性といった精度と効率の両立を実現した^{*5}。造形例を図6に示す。



図6 造形サンプル

4. サポート形状作成機能

積層造形では、下から1層ずつ材料を積み上げて造形する。そのため積層過程において、下の層より上の層が飛び出したり浮いたりしていると、その箇所が垂れたり崩れ落ちたりしてしまう。横へ出っ張る箇所、上部へ広がる箇所、浮いている箇所がある形状の場合、図7のように下から支える形状を新たに追加する。その形状をサポート形状と呼ぶ。

モデル形状はCADシステムで作成されるが、サポート形状はスライサ側で準備する。造形後、このサポート形状は不要なため、ヘラやニッパなどの道具を使って手動で取り除かれる。

サポート形状には他に、力や熱による変形を防ぐ、土台として安定させる、といった役割も

ある。通常の運用では、モデル形状を浮かせて配置し、その下全体をサポート形状が支えるように作成する。



図7 モデル形状とサポート形状

4.1 要件

サポート形状に対する要望を3Dプリンタメーカーおよび顧客からヒアリングした。要件は、モデル形状をしっかり支えること、造形後はモデル形状からの取り外しが容易であること、造形中の樹脂の流動性を良くすること、操作性が高いこと、に集約された。

4.2 対策と工夫

各要件を満たす対策を検討し、結果として図8のような作成形状や基本アルゴリズムを定義した。さらに作成形状については、種類の追加を行った。

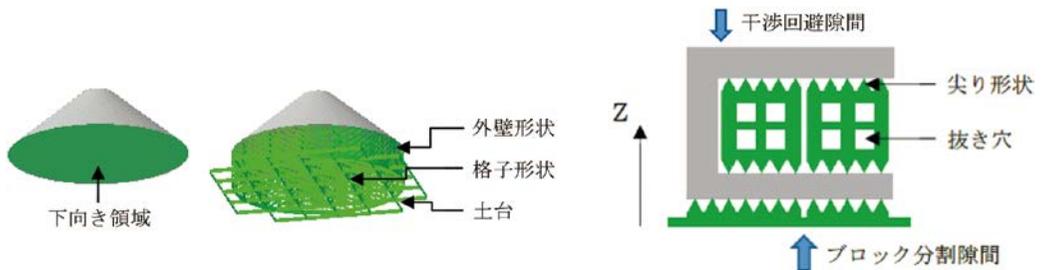


図8 作成形状

4.2.1 要件への対策

4.1節のヒアリング要件への対策を以下の1)～4)に挙げる。

1) モデル形状をしっかり支えること

モデル形状において下向きの面（以降、下向き領域）を抽出し、その下にブロック状の格子形状を作成する。格子形状は剛性が高く、材料を節約できる。下向き領域の外周線に沿って外壁形状を作成する。外壁形状は格子形状による支えを補強できる。さらに土台を挿入し、造形テーブルへの付きを良くする。

2) 造形後はモデル形状から取り外しが容易であること

モデル形状に干渉（接触）させないために、隙間を設けモデル形状から離す。モデル形状との接点は尖った形状にする。さらにブロック分割を行い、ブロックごとに取り外せるようにする。

3) 造形中の樹脂の流動性を良くすること

光造形ではリコータ*6が液面を均すため、造形テーブル内の樹脂が移動する。そのときに樹脂が造形物を倒すことがないように流動性を良くしておかなければならない。よって、格子形状や外壁形状には抜き穴を設ける。さらにブロック分割を行い、ブロック間に隙間を設ける。

4) 操作性が高いこと

1クリックでサポート形状を作成するようにUIを設計する。

4.2.2 基本アルゴリズム

処理のアルゴリズムは、大量データにも繰り返し適用できるよう、単純で効率的なものが望まれる。格子線や外壁線とモデル形状との交点/交線計算を処理の基本とし、有効と判定した線分からサポート面を作成するようにした。その結果、確実に、さらに並列処理を行うことで高速にサポート形状を作成できる仕組みとなった。

4.2.3 サポート種類の拡充

領域を格子で支えるだけでは、モデル形状の最下点や下向き突出点が格子の間にある場合にそこを支えることができない。よって最下点や下向き突出点を事前に抽出し、その点を支える柱状のサポート形状を追加した。また、点よりも線で支えるサポート形状、上部で柱と梁を繋ぐような斜めのサポート形状も手動により追加している。

4.3 評価

要件を満たすサポート形状は、考案したアルゴリズムによって実現した。単純なアルゴリズムなため、大量データに対しても繰り返し適用するだけであり、問題無く処理できる。実例を図9に示す。

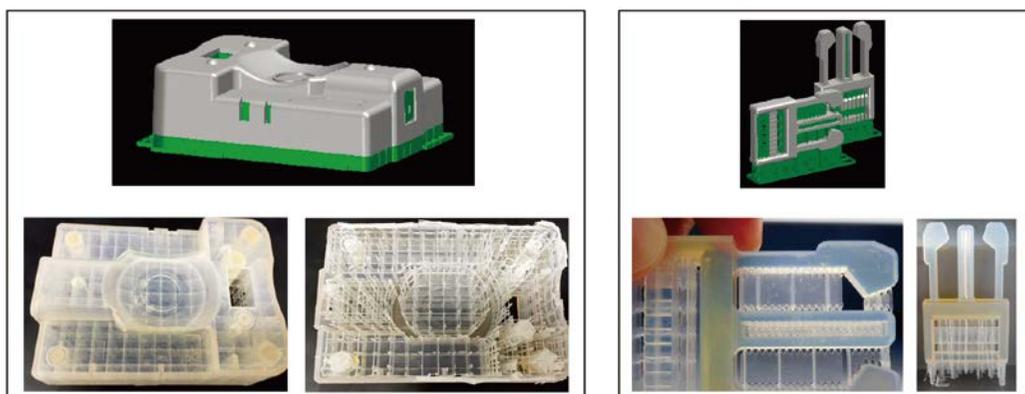


図9 作成したモデル形状とサポート形状（上段）および造形サンプル（下段）

5. データ編集機能

通常は、STL形状データを入力し、サポート形状作成、スライスを行い、スライスデータを出力する。しかし実際にはSTL形状の質が悪い場合、微小や不整合などの対応を行う。よっ

て、STL データ入力後に不正なデータを修復するための編集ツールを提供している。

さらに積層造形ならではの、形状データ段階で簡単にやっておきたい操作があり、そのための機能を備えている。本章ではそれらについて記述する。

5.1 位置合わせ

形状データの高さを一括で変更し、目的に合った方向に自動で回転する機能である。

5.1.1 課題

サポート形状を作成する前工程では、モデル形状に対してどう支えるかを検討する。造形テーブルからの高さを調整したり、モデル形状データを回転させたりと、試行錯誤することが多い。後の造形時間をいかに短くするか、あるいはサポートを造形する材料をいかに少なくするかを判断基準となる。

5.1.2 対策と工夫

1) 高さ合わせ

モデル形状データの底面の高さを造形テーブルから例えば 10mm 上げた位置に設定し、その隙間にサポートを作成したい、という用途を想定する。複数の形状データの底面高さを一括で揃えるためである。

2) 方向設定

優先基準「高さ最小」あるいは「サポート材最少」に合った方向にモデル形状データを 3D 回転する。高さは造形時間を最も大きく左右する。例えば光造形ではリコータ処理が 1 層ごとにあるため、層数が多いと時間がかかる。モデル形状データの高さを最小にすることで、造形時間が短縮されることを想定する。また、生成されるサポートが減れば、消費材料が少なくなり、コストと造形後の仕上げの手間が減る。

指示されたモデル形状データに対し、複数の回転方向で高さやサポート材体積などを試算し、優先基準「高さ最小」あるいは「サポート材最少」に従って、モデル形状データの最終的な回転方向を決定する。試算回数が処理時間に影響するため、刻みの角度や角度範囲を制限できる。また、優先基準 2 通りで回転した場合と方向設定前の場合の効果を比較提示できる。「サポート材最少」の例を図 10 に示す。

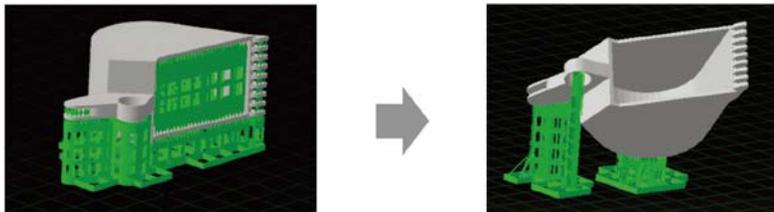


図 10 方向設定（サポート材最少）適用例

5.2 自動配置

3D プリンタの特性に合わせて、複数の形状を重ならないように造形範囲内に自動で配置する機能である。

5.2.1 課題

複数の小物部品を扱うことが増えたため、自動配置機能が望まれた。従来は、複数形状を入力した場合、造形にとって適切な位置、向き、間隔、高さに配置し直すために、手動で移動・回転していた。試行錯誤することが多く、数が多くなればなるほど、時間がかかる。

光造形ではレーザが中央に位置するため、高い形状を中央に寄せた方が精度が出る。リコータがある 3D プリンタでは、リコータが動く距離が短くなる方が造形効率が良い。そういった特性があるため、作業者のスキルによって精度や造形効率が左右されることが課題であった。

5.2.2 対策と工夫

形状データを最初に配置する基準位置や優先配置する形状 [高い形状/投影面積が大きい形状] を設定できる。これによって、高い形状を中央に寄せることができる。あるいは、投影面積が大きい形状から配置すると、より詰まって配置することができる。他に、優先方向 [X 方向/Y 方向] が設定できるため、リコータの動く距離を短くし、造形時間短縮が図れる。

詰め込み最大設定では、造形するモデル形状データを指定した間隔のまま、造形範囲内に可能な限り詰め込む。多くの造形データがある場合に、造形回数を最低限に抑え、詰め込み率を向上することができる。もし自動配置で造形範囲に収まらない場合、造形範囲外に複製した造形範囲に配置され、造形段取りのシミュレーションが行える。

ショベルカーのプラモデルの部品を自動配置する図 11 の例では、投影面積が大きい形状を優先し、さらに詰め込み最大で配置している。一回の造形に収まり、高い造形効率を得ている。

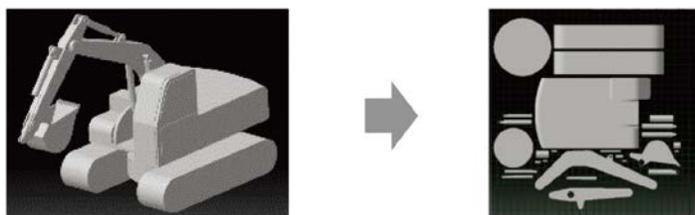


図 11 自動配置適用例

5.3 Z 軸方向補正

造形後の製品の Z 軸方向への影響を事前に補正する機能である。

5.3.1 課題

光造形や粉末焼結の場合、余剰硬化により下向きの面が余分に造形される場合がある。つまり真球が高さ方向に長い長球になってしまう。造形後にモデル形状を修正する手間を避けるため、事前に対応しておきたい。

5.3.2 対策と工夫

図 12 のように、あらかじめ形状データを Z 軸方向にわずかに縮小しておく。単に全体を縮小するのではなく、下向き領域を指示された量だけ Z 方向に持ち上げる。

持ち上げた箇所と元のままの箇所で自己交差などの不整合が起り易いため、それを除去するなどの処理を行う。

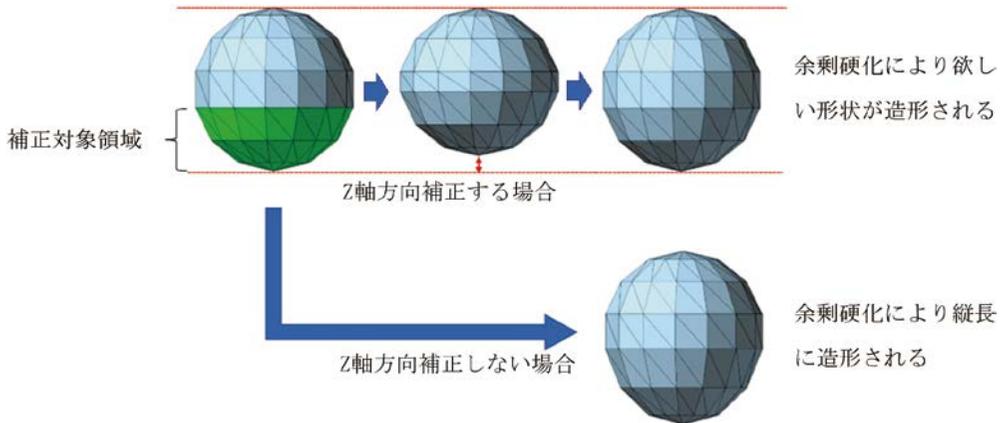


図 12 Z 軸方向補正

5.4 評価

26 個の部品から成る図 11 のショベルカー・プラモデルの例では、移動・回転・配置などの微調整を手作業で行うよりも、位置合わせと自動配置を使用することで、1/10 の操作時間で配置でき、簡単な操作で作業効率を向上させるという目標を達成した。Z 軸方向補正は、望む形状を造形するために必須の機能となっている。

6. おわりに

積層造形のためのソフトウェアとして、求められた機能は揃い性能も十分なものとなった。あるユーザからはカメラに例え、他のソフトウェアがコンパクトカメラなら、AMmeister は一眼レフのようだとされている。何でも一様に処理してしまうのではなく、精緻なパラメータ、精緻な処理によって、ユーザが求める高品質な造形ができると評価されている。

3D プリントには様々な造形方式があり、これまで AMmeister は光造形に対応していた。光造形は造形の精度は高いが、装置が複雑、高価であるため、業務用途となっている。一方、MEX で特に FDM^{*7} と呼ばれる方式は、精度は光造形に及ばないものの、装置が単純で運用も容易なため、ホビー用途から業務用途まで幅広く普及しており、材料の種類も豊富である。AMmeister はライセンス拡販、受託案件増加のため、出荷台数の多い FDM に対応予定である。また、3D プリントは金属、食品、建設、医療などに用途が広がっているため、それらの分野へも展開していく。

- * 1 光造形：3D プリンタの造形方式の一種。光硬化樹脂を紫外線レーザーや類似の光源で1層ずつ硬化して積層する。SLA (Stereolithography Apparatus) とも呼ばれる。
- * 2 MEX：Material Extrusion の略。3D プリンタの造形方式の一種。熱可塑性樹脂などの材料を加熱、熔融させ、ノズルから押し出ししながら積層する。熱溶解積層とも呼ばれる。
- * 3 STL：Stereolithography の略。3次元形状を小さな三角形パッチの集合体（ポリゴン）として表現するデータ形式である。
- * 4 Gコード：NC 工作機械の内部設定を処理するためのコード。軸移動、座標、回転、加工方法などを設定する。
- * 5 造形時間が2分の1、モデリング完成後の仕上げ時間が30%削減された報告がある。
- * 6 リコータ：光造形や金属積層では、一層を造形することに樹脂や金属粉末を均一に均したり敷き詰めたりする。その動作をリコート、装置をリコータと呼ぶ。
- * 7 FDM：Fused Deposition Modeling の略。MEX の一種であり、Stratasys 社の商標である。材料にフィラメントを使用する。

- 参考文献** [1] 「3D プリンタの課題と展望 工作機械としての課題」, 株式会社キーエンス,
https://www.keyence.co.jp/ss/products/3d-printers/agilista/usage/theme_machine.jsp
- [2] 「3D プリンターのサポート材って何？なぜ必要？」, アルテック株式会社, 2021年5月
<https://www.3d-printer.jp/column/basic/support-material.html>
- [3] 「3D プリンター用スライス処理ソフト AMmeister」, UEL 株式会社,
<https://www.biprogy-uel.co.jp/am/>

※ 上記参考文献にて示した URL のリンク先は、2024年7月22日時点での存在を確認。

執筆者紹介 中川 伸 市 (Shinichi Nakagawa)

1983年日本ユニバック(株)入社。CAD/CGシステムの開発・保守に従事。2012年に現在のUEL(株)に出向。2016年からAMmeister開発担当。

