

# 3D プリンタ活用における造形技術等の研究

佐藤幸志郎  
製品開発支援担当

## Study on the modeling techniques of exploiting 3D printer

Koushirou SATOU  
Product Development Group

### 要 旨

3D プリンタ利用サービスを開始するにあたり、利用者が必要となる基本的な造形技術として 3D データ作成、造形オペレーション、造形物の特性把握の 3 項目について 2 カ年で蓄積を行う。本年度は 3D スキャナの寸法精度、3D プリンタの材料消費、3D プリンタの造形物の引張強度について確認し、造形技術の蓄積を行った。

#### 1. はじめに

3D プリンタはコンピュータ等で作成した 3 次元データから、金型を用いずに、直接樹脂等の立体モデルを積層製作する機器の総称である。これまでの用途の中心は試作であり、試作を用いた形状評価や機能評価に使われていたが、近年、製品の生産数が少ない場合には、金型を用いた樹脂成形より時間短縮、低コスト等のメリットがあることから、製品の少量生産装置としての可能性も注目されている。

しかし、3D プリンタによる造形は、通常の型を用いた樹脂成形とは異なる製造技術であるため、造形オペレーションや造形物の特性等についての運用データが十分整備されていない。試作であれば問題にならないことも、製品としてユーザーに供給し、使用されるとなると、製造者の責任を問われることとなる。

平成 25 年度に当センターに、「形状試作」「機能試作」「少量生産の可能性の検討」等を目的とした加工機器として 3D プリンタが導入された。

県内企業への貸付機器として 3D プリンタの利用サービスを開始するにあたり、その特性や操作方法についての正しい理解と、ものづくりの現場における新しいツールとしての可能性を県内企業向けに提案する必要がある。

そのために本研究では、造形技術についての運用データを積み重ねるとともに、最終製品、成型型、治工具等、新しい活用の可能性についても試行することにより、利用者が必要となる基本的な造形技術に関する知見を整備し、当センターの運用サービスを向上させることを目的とする。

基本的な造形技術として、1. 3D データの作成、2. 造

形オペレーション、3. 造形物の特性把握の 3 項目について蓄積を行う。

#### 2. 研究方法

##### 2.1 3D データの作成

3D プリンタでの造形を想定した 3D データを作成するための方法として、3D スキャナ等の 3 次元形状測定機がしばしば用いられる。特に 3D-CAD 等を使用せずに手作業等で造形された形状から 3D データを作成するためには有効な手法の一つとされている。

3 次元形状測定機は接触式のもの、非接触式のものに大きく分けられ、非接触式のものの中でもハンディタイプの 3D スキャナは、近年、その精度が向上したと言われ、取り扱いの手軽さもあって急速に普及し始めている。

研究の第 1 項目では、今後 3D プリンタの利用者の間に急速に普及することが予想されるハンディタイプの 3D スキャナを適正に利用するために、作成される 3D データの特性について把握する。本年度は寸法精度について確認することとした。

校正済みの接触式の 3 次元測定機と、ハンディタイプの 3D スキャナ(Fig.1)とで、同様の形状サンプル(Fig.2)を計測してその寸法を比較し、信頼性の高い接触式の測定データに対して、3D スキャナの測定データの精度を確認することとした。

- ・接触式 3 次元測定機：(株)ミットヨ FalcioApex910
- ・ハンディタイプの 3D スキャナ：米 Artec 社 Spyder
- ・サンプル：アルミニウムを放電加工により階段形状に加工

- ・計測：サンプルの各段差の高さを計測する



Fig.1 ハンディタイプの 3D スキャナ

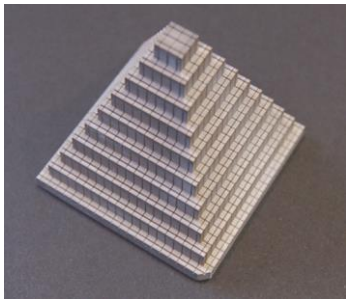


Fig.2 測定用形状サンプル

## 2.2 造形オペレーション

3D プリンタはプリントする対象物の形状、造形時の設定、プリンタそのものの造形方式の違い等によって、造形時間、造形コストが変動することが予想される。今後様々な造形作業を行う際に、対象物の形状や造形時の設定から、ある程度の造形時間やコストについての傾向を把握し予測ができるようになれば、効果的な 3D プリンタの運用とそれによる的確な利用サービスの提供が可能となると思われる。

研究第 2 項目では、造形オペレーションに関係する様々な要素（データ形状と造形出力の関連、コスト・速度・材料消費・電力消費等の造形効率 等）について把握する。本年度は材料消費について確認することとした。

3D プリンタは、その操作の PC アプリケーションに過去のプリントの実績データの履歴が自動で記録されることから、今後運用を積み重ねることによりプリントの造形効率についての傾向が精度よく把握できるようになると思われるが、まだ運用実績が少ないため、造形効率を予測するには、データの蓄積が少ない状態である。

3D プリンタの操作アプリケーションは造形データを入力すると、プリント開始前にプリント時間や材料消費について精度の高い予測値を表示することができる。様々な造形データとプリント条件をアプリケーションに入力して得られたこの予測値を使用し、その造形効率について検討する。

当センターに導入された 3D プリンタ（Stratasys 社 FORTUS360mc-s）は、4 段階の積層ピッチを選択して出力することができ、これまでの運用実績から、プリント

速度に大きな影響を与えることがわかっている。

今回は 4 段階の積層ピッチ(0.127mm, 0.1778mm, 0.2540mm, 0.3302mm)と、積層する対象物本体とサポート材の合計体積のバリエーション (100cm<sup>2</sup>, 400cm<sup>2</sup>, 800cm<sup>2</sup>, 1000cm<sup>2</sup>)についてアプリケーションに入力し、積層速度の傾向を把握する。

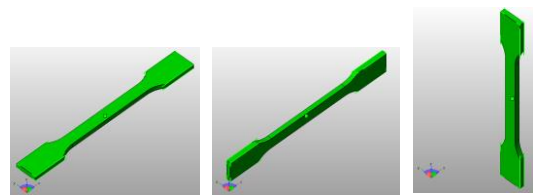
## 2.3 造形物の特性把握

3D プリンタによる造形は、通常の型を用いた樹脂成形とは異なる製造技術であるため、造形物の特性等についてのデータが十分整備されていない。小ロット生産品としてエンドユーザーに使用してもらうためには、その特性の把握が提供者側の責任として求められる。

研究第 3 項目では、造形物の特性（ひっぱり・曲げ試験等の強度、屋外暴露等による寸法精度や強度等の耐候性、微小形状・曲面形状・パーツはめあい等の精度、成形取り出し後の膨張・収縮、外気温度変化による膨張・収縮 等）について把握する。本年度はひっぱり強度について確認することとした。

3D プリンタによる造形において、通常の型を用いた樹脂成形との一番の違いは、層状樹脂の積層による造形ということであり、このことから造形物の強度特性として異方性を持つことが予想され、他機関の実験からもそれを裏付ける結果が報告されている。

今回は、JIS K7161, K7162 の手法を用いて、3 種類の試験片（造形方向 1：XY 平面上に試験片の特徴形状を造形させたもの、造形方向 2：1 を Y 軸中心に 90 度回転させたもの、造形方向 3：1 を X 軸中心に 90 度回転させたもの）(Fig.3)に樹脂の引張試験（強度試験機（株）エー・アンド・デイ製 RTF-2350）を実施し、その強度特性を確認することとした。



造形方向 1      造形方向 2      造形方向 3

Fig.3 測定用形状サンプル

## 3. 結果及び考察

### 3.1 3D データ作成

計測用サンプルとした階段形状のアルミニウム材の各段差の高さを 3D スキャナで計測し(Fig.4), 接触式 3 次元測定機の計測値と比較した。

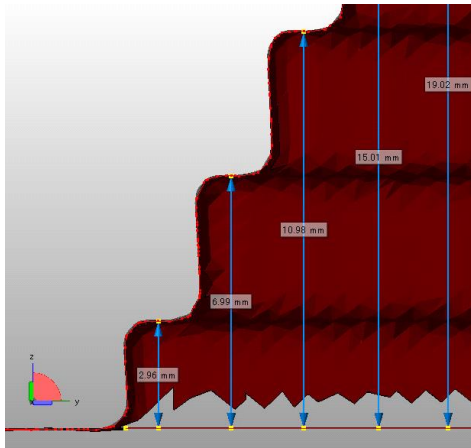


Fig.4 3D スキャナによる計測

計測用サンプルの各段差 10 カ所について、校正済みで信頼できる接触式 3 次元測定機と比較した距離の誤差の平均は-0.054mm, 0.3%であることがわかった。今後の使用において、例えば 3D-CAD 作図用の下絵としての形状データとして問題無く使用できる誤差であることが確認できた。寸法精度について厳しいチェックが求められる計測用途の場合は、誤差の含まれたデータであることを考慮して、データを取り扱う必要がある。

また今回初めて光学式の非接触式 3 次元計測装置による計測を行い、その作成データを確認することができたが、その特徴として、対象物のエッジ部分の鋭さがかなり丸められることが確認された。製品の造形表現で言うところのピン角(Fig.2)が、角 R のついた状態でデータ化されてしまう(Fig.5)。その R のサイズが一定の範囲にあることが推測されるため、今後は計測ソフトウェア等(Fig.6)を使用してそのサイズの傾向を把握する方法とその発生の機序について検討したい。

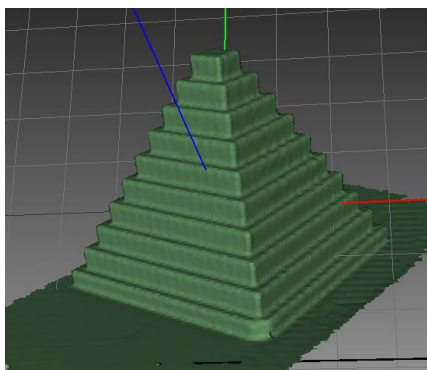


Fig.5 3D スキャナによる計測で丸められたエッジ

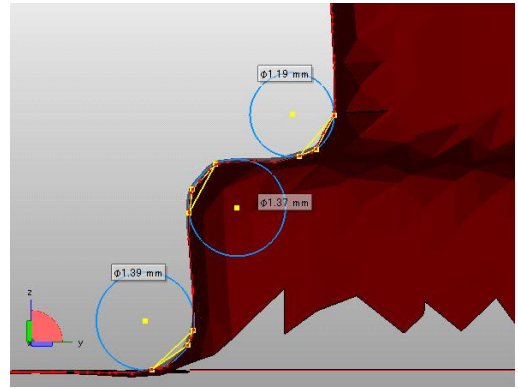


Fig.6 計測ソフトウェアによる角 R の計測

更に、3D データの作成方法として一般的によく用いられる 3D-CAD についても、その実施データを積み上げる必要がある。代表的な 3D-CAD によるモデリングデータ比較や、CAD データのフォーマット変換について、その実験手法を今後は検討したい。

### 3.2 造形オペレーション

4 段階の積層ピッチ(0.127mm, 0.1778mm, 0.2540mm, 0.3302mm)と、積層する対象物本体とサポート材の合計体積のバリエーション (100cm<sup>2</sup>, 400cm<sup>2</sup>, 800cm<sup>2</sup>, 1000cm<sup>2</sup> にそれぞれ近い 4 種類のボリュームのデータ) についてアプリケーションに入力し、その表示される造形予想時間から、材料の積層速度 (消費速度) を計算したところ Table 1 のような結果となった。

これにより、積層ピッチごとに材料の消費速度は、合計体積が大きく変わってもほぼ一定であることが把握でき、今後の作業の目安となるデータの蓄積となった。

Table 1 積層ピッチ毎の材料の積層速度 (消費速度)

	ABS +SUPPORT cm <sup>3</sup>	時間 h	ABS cm <sup>3</sup>	support cm <sup>3</sup>	ABS cm <sup>3</sup> /h	support cm <sup>3</sup> /h
T10	~200	16.5	81.0	41.2	4.9	2.5
	200~600	51.9	319.9	113.9	6.2	2.2
	600~1000	103.8	639.7	227.8	6.2	2.2
	1000~	135.6	793.4	319.2	5.9	2.4
T12	~200	8.9	75.5	34.6	8.4	3.9
	200~600	26.1	303.7	89.9	11.6	3.4
	600~1000	52.3	607.4	179.7	11.6	3.4
	1000~	69.4	751.6	251.5	10.8	3.6
T16	~200	4.9	71.8	28.7	14.6	5.8
	200~600	21.5	339.8	117.7	15.8	5.5
	600~1000	40.2	621.3	223.2	15.5	5.6
	1000~	47.7	772.5	236.4	16.2	5.0
T20	~200	3.6	68.0	29.2	18.9	8.1
	200~600	14.2	268.3	119.5	18.9	8.4
	600~1000	28.4	536.5	239.1	18.9	8.4
	1000~	34.5	847.9	262.3	24.6	7.6

### 3.3 造形物の特性把握

3種類の試験片（造形方向1：XY平面上に試験片の特徴形状を造形させたもの、造形方向2：1をY軸中心に90度回転させたもの、造形方向3：1をX軸中心に90度回転させたもの）引張強度特性は下記 Fig.7 のとおりとなり、X軸中心に90度回転させたもの（引張方向に樹脂が層状に積層されたもの）が、Y軸中心に90度回転させたもの比べて10%程度強度特性が劣る結果となり、予想どおりの異方性を持つことが確認できた。

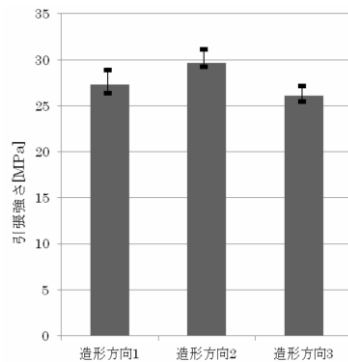


Fig.7 3種類の造形方向別の引張強度特性

他機関の実験においては、当センターとは異なる造形方式の3Dプリンタではあるが、引張方向への垂直な積層造形の試験片だけでなく、引張方向に45度等の斜めの角度をつけた造形の試験片についても実験を行っており、当センターにおいても今後の取り組みで斜めの積層条件について検討することとし、更に曲げ試験や屋外暴露試験など、基本的な強度特性、耐候特性について把握することとしたい。