

## 3D プリンタ出力用 CAD データの設計寸法の最適化検討

狩野幹大・須田高史・黒岩広樹\*・新井宏章\*\*

Optimization of design dimensions of CAD data for 3D printer

Motohiro KANO, Takashi SUDA, Hiroki KUROIWA and Hiroaki ARAI

3D プリンタの高精度化に伴い、製品の試作工程においてモデルを造形して形状や組み付けの確認に活用する事例も増えているが、造形されたモデルの寸法の微小な誤差やばらつきにより、想定外の干渉やクリアランスが発生することがある。本研究では、3D プリンタの造形物のさらなる高精度化を目的とし、造形条件が造形物の寸法に及ぼす影響について明らかにし、CAD データの設計値の補正から造形物の寸法精度を向上させる方法について検討を行った。

キーワード：3D プリンタ、3D-CAD

Since the performance of the 3D printer has improved, they became commonly used to check the shape of the model and assembly. However, small errors and dimensional variations cause interference and clearance. Therefore, in order to improve the accuracy of modeled objects of 3D printers, we clarified the relationship between molding conditions and dimensions. Furthermore, we verified the method of improving molding accuracy by modifying CAD data.

Keywords : 3D printer, 3D-CAD

### 1 はじめに

3D プリンタは 3D-CAD ソフト等で作成した 3D モデルデータを入力することで、立体形状を直接造形することが可能な装置である。工業製品の試作において機械加工や金型を用いる従来の手法と比較すると短時間かつ低コストでの試作が可能であり、複雑な形状でも簡単にモデルを得ることが出来る優位性から近年では様々な企業や業界で利用が進んでいる。

3D プリンタにもいくつかの方式が存在し、熱可塑性樹脂のフィラメントを熱で熔融して積層する熱溶解方式や、粉末材料をレーザーで焼結させる粉末焼結方式などが挙げられるが、方式によって造形可能な材料や大きさ、造形精度、強度、コスト、造形速度などに特徴があることから、造形物の用途に応じて適切な方式の機種を選択することが望まれる。

当センターではインクジェット方式の 3D プリンタを保有している。この方式はヘッドから

噴射した樹脂材料を紫外線で硬化させて積層を行うものであり、他の方式と比較して積層ピッチが細かく、高精度な造形が可能であることが特徴となっている。

しかしながら、造形されたモデルの寸法には誤差やばらつきが発生し、3D プリンタでは寸法公差も考慮されないことから、複数の部品を造形して組み付けを確認する場合には、造形するモデルや条件によって設計値よりもクリアランスが大きくなる、あるいは部品同士が干渉してしまう、といった問題が発生することもある。

そこで、本研究では 3D プリンタの造形物の寸法精度の向上を目的とし、モデルに発生する寸法誤差の傾向を明らかにし、造形条件やモデルの造形方向が造形物の寸法に及ぼす影響について検証を行った。

さらに、測定値から予想される誤差を考慮して補正值として反映した 3D データを作成・造形することで、3D-CAD データの微小な修正

が 3D プリンタで出力されたモデルの寸法に及ぼす影響を明らかにし、より高精度な造形物を得るための手法について検討を行った。

## 2 方法

### 2.1 積層造形

本研究で測定するモデルは当センターが保有する 3D プリンタ AGILISTA-3100 (株式会社キーエンス製) で造形を行う。本装置はインクジェット方式の 3D プリンタであり、透明色のアクリル系光硬化性樹脂材料による造形が可能である。

モデルの造形条件は、高さ方向の積層ピッチを標準条件である  $20\mu\text{m}$ 、表面仕上げはマット (非光沢)、グロッキー (光沢) の 2 種類とした。この表面仕上げの設定によってサポート材の付着部が変化する。マットではモデルの全面にサポート材が付着するのに対して、グロッキーでは必要な部分にのみサポート材が使用される。サポート材の付着によって、図 1 のように表面状態が変化することから、この変化が造形物の寸法に及ぼす影響について検証を行う。

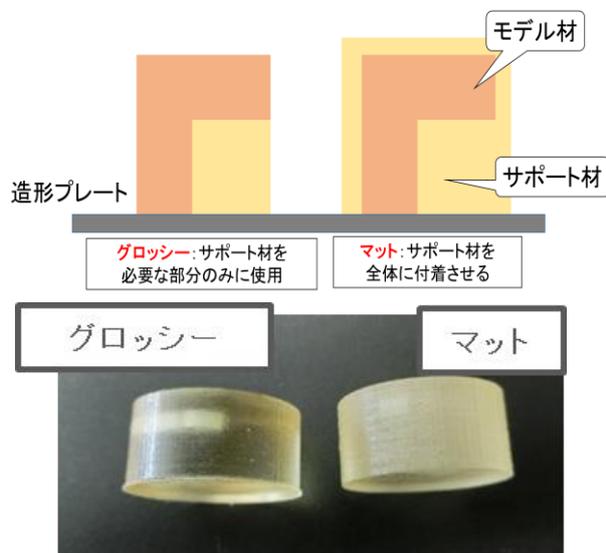


図 1 表面仕上げ

### 2.2 モデル形状

測定用のモデルは円形、角形、リング状 (円形および角形)、薄板の 5 種類を選定し、それぞれの形状ごとに寸法の異なるモデルを複数作成した。モデルの形状と設計寸法は図 2 に示す通りである。

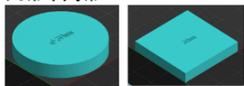
モデル形状	寸法[mm]
円形、角形 	外径: 5, 10, 20, 30, 40, 50 厚さ: 5(共通)
リング状(円形、角形) 	(外径,内径): (10,5), (20,10), (30,20), (40,30), (50,40) 厚さ: 5(共通)
薄板 	厚さ: 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 (高さ,幅): (15,10)(共通)

図 2 モデル形状

### 2.3 試験方法

各モデルをマットとグロッキーの 2 条件で造形し、得られた造形物の造形プレート上における X 方向、Y 方向の寸法について計測を行った。なお、1 条件あたりの造形サンプル数は  $N=3$  とした。

CAD データ上の設計値と造形物の寸法の誤差の平均を算出し、設計値の補正を行った CAD データを作成して STL データを出力した。その後、補正後のモデルで再度造形を行い、モデルの寸法を計測することで、CAD データの補正が 3D プリンタでの造形物の寸法に与える影響について調べた。

## 3 結果

### 3.1 測定結果

造形したモデルの寸法の測定結果をまとめたものを示す。円形、角形の基本形については図 3、リング状モデルの外径と内径がそれぞれ図 4 と図 5、薄板モデルの結果が図 6 のようになった。なお、モデルが膨張する方向の誤差を正としている。

これらの結果から、表面仕上げの設定により誤差の傾向が表れており、グロッキーではモデルが膨張、マットでは収縮する場合が多く、誤差の大きさはマットがおおよそ  $0.2\text{mm}$  以内、グロッキーがおおよそ  $0.1\text{mm}$  以内となっており、全体的な誤差はグロッキーの方が小さくなっていることが確認できる。

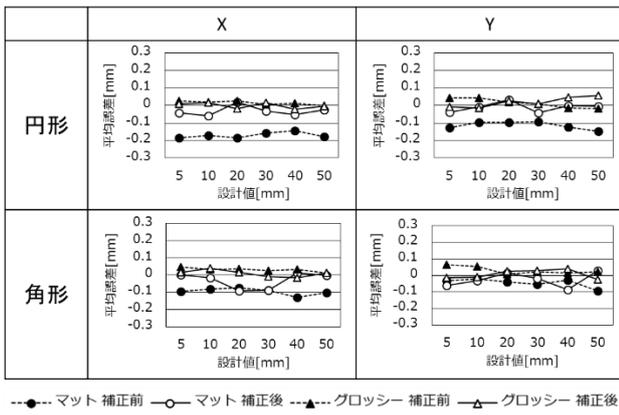


図3 造形誤差（円形、角形）

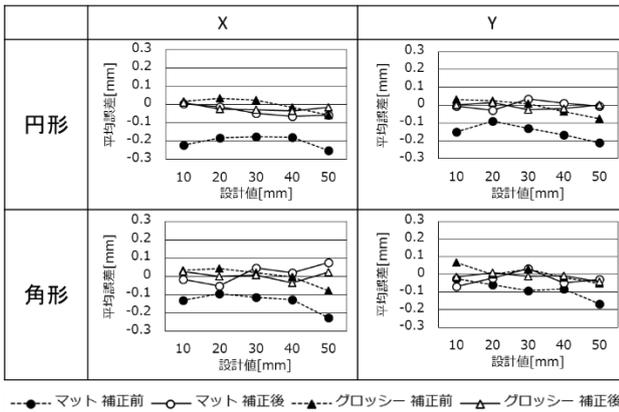


図4 造形誤差（リング外径）

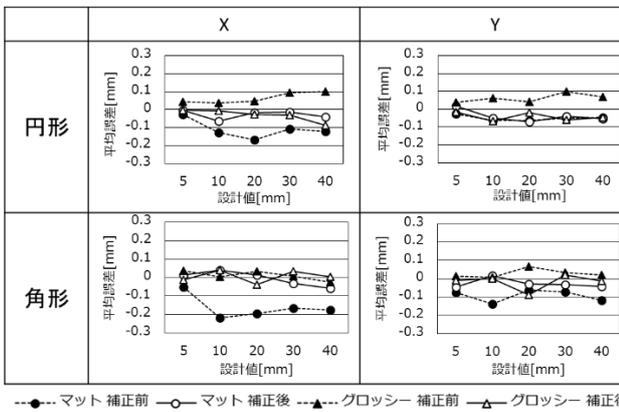


図5 造形誤差（リング内径）

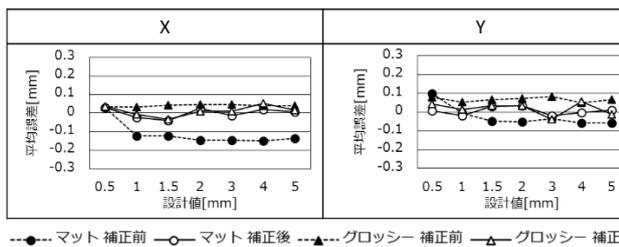


図6 造形誤差（薄板）

さらに、造形の方向に関してはX方向よりもY方向の精度が良好であるという結果が得られた。これは造形する時に3DプリンタのヘッドがX方向に動作することに関係するものと考えられる。また、薄板形状では厚さ0.5mmのマットのモデルについては他のモデルと比較して誤差の傾向が変化し、寸法が大きくなる傾向が確認された。

### 3.2 誤差の分布および補正の効果

補正前の誤差と、補正後の改善の効果をプロットしたものを図7と図8に示す。補正值と補正効果には相関関係が確認でき、補正值と補正効果が一致する線に沿った形で点が密集している。それぞれの条件の相関係数を算出したところ表1のようになった。いずれの条件でも0.8を超える値となり強い相関があることが確認できる。このことから、CADデータの補正が造形精度の向上にある程度の効果があることがわかる。しかしながら、同じ造形条件のモデルでも寸法や補正効果にばらつきが発生し、補正值以上の変化があったモデルや、補正前よりも誤差が大きくなったモデルも確認された。

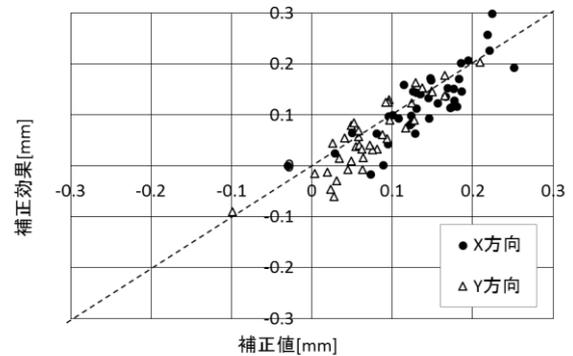


図7 寸法補正の効果（マット）

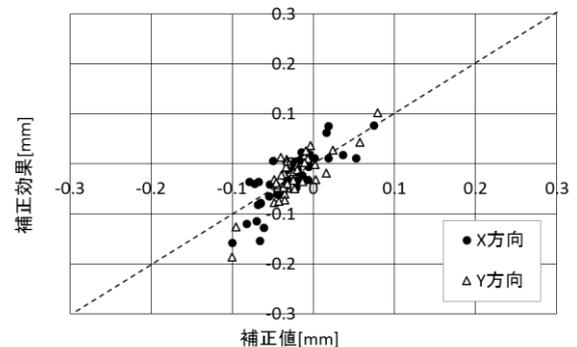


図8 寸法補正の効果（グロッシー）

#### 4 まとめ

さらに、造形条件ごとの誤差の平均値を図9、全ての造形物の計測値の誤差分布を条件別にまとめたものを図10に示す。全ての条件で補正による造形寸法誤差の改善がみられ、このことから CAD の設計値の補正が造形精度の向上に対して効果があることが確認できる。

しかしながら、誤差の傾向がモデルの大きさや形状によって変化することに加え、同一のモデルを複数造形した場合の測定値の最大と最小の差が 0.1mm 以上になるモデルもあり、寸法の補正を機械的に行う上ではこれらのばらつきの発生が問題になると考えられる。

表 1 補正值と効果の相関係数

	X方向	Y方向	全体
マット	0.832	0.885	0.885
グロッキー	0.829	0.819	0.824

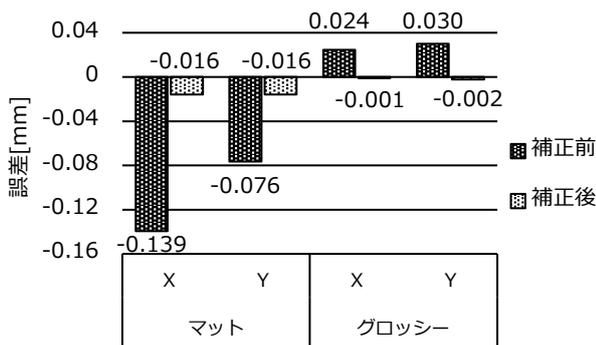


図 9 誤差の平均値

本研究では 3D プリンタの造形物の造形精度と造形条件の関係性について調査を行い、CAD の設計値の補正が造形物の寸法に与える影響について検証を行った。その結果、以下のことが確認された。

- 表面仕上げの設定によって寸法の傾向に差がみられた。設計値と比較した場合、マットでは収縮する方向におよそ 0.2mm 以内、グロッキーでは膨張する方向におよそ 0.1mm 以内の誤差が生じる場合が多い。
- X 方向と比較して Y 方向の誤差が小さくなる傾向にある。これは、ヘッドやローラーが X 方向に動作することによる影響と考えられる。
- モデルの形状や造形方向により誤差の傾向が変化することや、同じモデルを造形しても寸法にばらつきが発生することから、誤差の発生を完全にコントロールすることは困難である。
- 3D-CAD データ補正後の造形物は補正前のもものと比較して全体的に寸法精度が向上しており、3D データの補正が造形精度の向上に対して有効であることが示唆された。

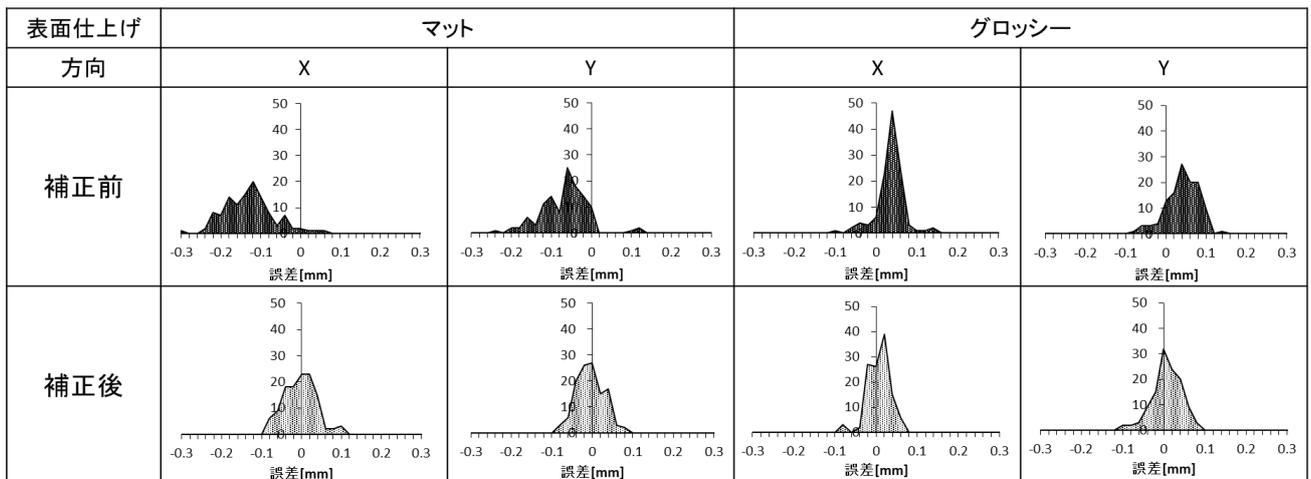


図 10 誤差の分布