

ノート

インクジェット式三次元造形機を用いた製品製作とその精度評価

小船 諭史*¹⁾ 西川 康博*¹⁾ 阿保 友二郎*¹⁾

Accuracy Evaluation of 3D Ink-Jet RP Manufactured Products

Satoshi Kobune*¹⁾, Yasuhiro Nishikawa*¹⁾, Yujiro Abo*¹⁾

キーワード：インクジェット式三次元造形機，RP，ラピッドプロトタイピング

Keywords：Ink-Jet-Type Rapid Prototyping，RP, Rapid Prototyping

1. はじめに

近年，製品開発において設計から製作までのリードタイムの短縮化が求められている．この要望に対応するために設計と並行して製品の試作が可能である三次元造形機が広く用いられている．当センターにおいてもインクジェット式三次元造形機を導入しているが，形状・寸法，製品概観および部品干渉等の確認での利用が主であり，実製品製作の例は少ない．今後更なる実製品製作を図るためには，造形品の表面性状，寸法・形状精度に関するデータ蓄積が不可欠である．

本研究ではインクジェット式三次元造形機により製作した造形品の表面性状，寸法精度，形状精度を評価した．

2. 試験装置

本研究ではインクジェット式三次元造形機として CONNEX500 (Objet 社製) を用いた．同造形機の仕様を表1に示す．同造形機は紫外線硬化樹脂の液滴を連続的に噴射，液滴をローラで均一化させながら硬化し，三次元形状を造形するものである．図1に同造形機のプリンタヘッド走行方向と座標系の関係を示す．図2に造形品の一例を示す．

表1. 三次元造形機の仕様

積層ピッチ	30 μ m
造形解像度	X 軸 600dpi, Y 軸 600dpi, Z 軸 800dpi

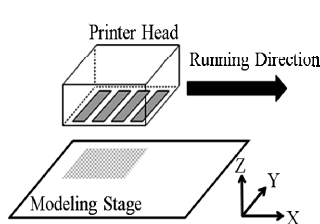


図1. 三次元造形機の座標系

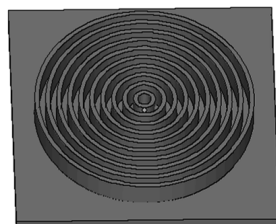


図2. 造形品の一例(軸モデル)

3. 評価内容および結果

3.1 表面性状の造形方向異方性評価 同造形機で製作した造形品表面には造形痕が筋目状に残留する．この造形痕は造形方向により様相が異なるため，各面 (XY 面, YZ 面, ZX 面) の表面粗さ (算術平均粗さ R_a) を評価した．その結果を図3に示す．これより，表面性状は造形方向異方性を示すことがわかる．この原因は，XY 面では，噴射された樹脂がローラによって均一化され，樹脂の噴射および硬化が連続的であるが，他の面ではローラの作用がなく，樹脂の噴射および硬化が不連続であるためと推定できる．

3.2 寸法・形状精度の造形方向異方性評価 各造形方向の寸法精度を調べるために階段状の段差寸法を測定した．試験片の段差は 0.1mm~1mm (0.1mm ピッチ), 1~10mm (1mm ピッチ), 10~100mm (10mm ピッチ) の3種類とした．その結果，X 方向および Y 方向では，プラスの誤差，Z 方向ではマイナスの誤差が生じた．しかし，誤差は表1における造形解像度以下であり，造形サイズの増大に伴った誤差の変化は生じなかった．

次に，軸および穴形状の試験片を作製し，設計値寸法と造形品寸法を比較した．試験片寸法は $\phi 10 \sim \phi 100$ mm (10mm ピッチ) とした．図4, 5に設計値寸法と造形誤差の関係を示す．両図において，造形誤差は軸では全方向でプラス方向 (最大で 0.3mm 程度) が支配的であり，穴ではマイナス方向 (最大で -0.15mm 程度) が支配的である．これより，同造形機で作製した製品は，軸，穴形状によらず実体が設計値より大きくなると言える．また，軸，穴寸法においては，造形品寸法の増大に伴う造形誤差の変化が生じることを確認した．この造形誤差の変化は造形方向によって異なるが，軸形状では造形品サイズの増大に伴う誤差の増大，穴形状では，造形品サイズの増大に伴う誤差の減少を確認した．

さらに，三次元座標測定機を用い軸，穴の実体形状をスキヤニング測定し，形状精度 (真円度) を調べた．その結果，これらの形状は造形方向に依存して引き伸ばされた形状や押し縮められた形状となるがわかった．

*¹⁾ 電子・機械グループ

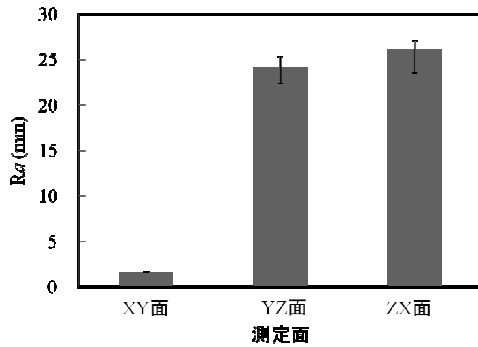


図3. 各面の算術平均粗さ Ra

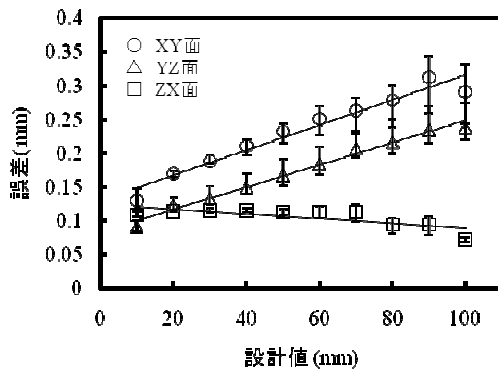


図4. 軸形状における設計値寸法と造形誤差の関係

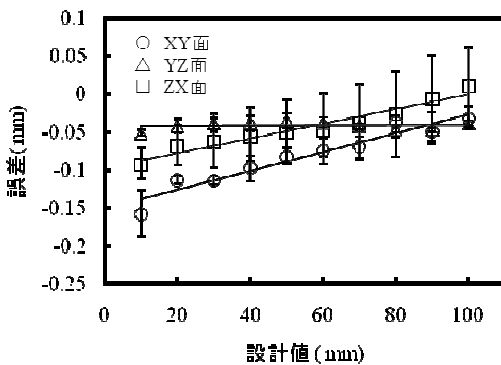


図5. 穴形状における設計値寸法と造形誤差の関係

3. 3 補正による寸法・形状精度の向上 3.2 節で明らかになった結果を用い、造形方向、寸法ごとの寸法・形状の補正を試みた。補正のため、軸、穴の第一軸と第二軸 (XY 平面の形状であれば、第一軸: X 軸, 第二軸: Y 軸) の二点間寸法を算出し、オフセット誤差と倍率誤差に分離した補正式を求めた。ここで、オフセット誤差とは設計値と実測値の関係より求めた近似直線の初期誤差、倍率誤差とは傾きにより生じる誤差である。

得られた補正値を、楕円として定義した軸、穴形状の長軸と短軸寸法として CAD 寸法に適用した。補正前後の実体の形状精度 (形状精度のプロファイル) を重ね合わせた結果の一例を図 6, 7 に示す。補正を実施したモデルの呼び径

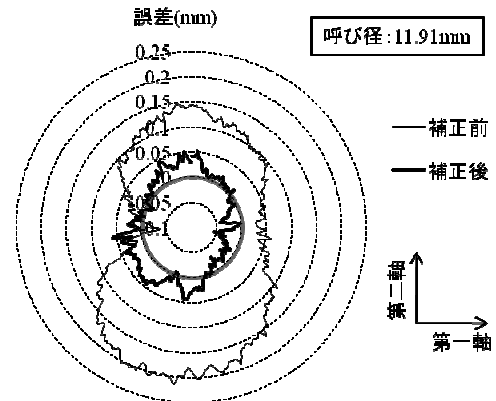


図6. 軸形状における形状補正効果の一例 (XY 面)

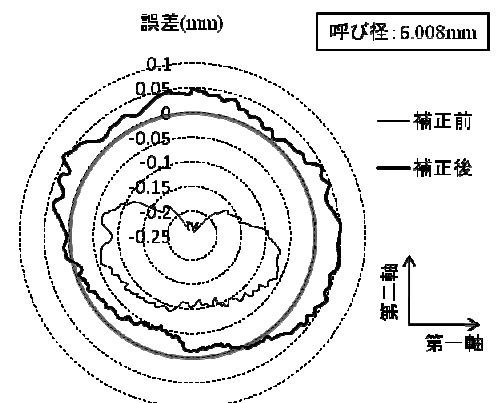


図7. 穴形状における形状補正効果の一例 (XY 面)

は、軸モデルが 11.91mm、穴モデルが 6.008mm である。これらより、形状精度 (真円度) を 0.2mm 程度 (補正前) から 0.1mm 程度 (補正後) まで向上できることがわかった。ただし、この補正方法が様々な寸法、造形方向に効果を示すかについてさらに調査が必要である。

4. まとめ

インクジェット式三次元造形機により製作した造形品の表面性状、寸法・形状精度は、造形方向異方性を示すことが明らかとなった。また、CAD 上の補正により、軸と穴の形状精度 (真円度) は 0.1mm 程度まで向上することが可能であった。

今後は、本研究で得られた基礎データをもとに、樹脂注型のマスターモデル等の高精度が要求される製品への適用を目指す。

(平成 23 年 5 月 20 日受付, 平成 23 年 7 月 27 日再受付)

文 献

- (1) 小金井 誠司:「インクジェット式三次元造形機 (RP) の実造形に関する検証」, 東京都立産業技術研究センター平成 21 年度萌芽研究結果報告書(2010)