

三次元デジタル製造に関する要素技術の確立と実部品への応用

電子情報科 専門研究員 小笠原 耕太郎
工業材料科 科 長 瀧内 直祐
工業材料科 主任研究員 福田 洋平

三次元デジタル製造技術の業務への応用化に関する実証及び可能性試験を実施し、技術及びノウハウの集積、県内中小企業の業務での有効活用、そして、市場性の高い製品を自社開発する企業への展開を図ることを目的とする。本研究開発の初年度である平成30年度は、リバースエンジニアリング環境の構築と3Dプリンター技術の樹脂利用に関するデータベースの構築として樹脂の形状再現性の性能評価を行った。

1. 緒言

付加製造技術を中心とする三次元デジタル製造技術は、新たな産業の創出や既存産業へ革新をもたらす今後の核となる技術として期待されており、2020年での経済波及効果は20兆円を超えると予想されている。重厚長大産業に特化した企業が大部分を占める本県においては、特に、この状況から脱却し製品開発型中小企業への展開を図る技術として特に重要となる。これら技術の導入は、これまでの設計や生産のやり方の変更が生じ、また全く新しい分野となるため、技術課題やリスクがあり、工業技術センターに実証や可能性試験による先導的役割が求められる。そこで、3Dプリンター技術の樹脂利用に関するデータベースと、リバースエンジニアリング環境の構築及び計測データから3DCADモデル化技術を開発する。また、生産工程等の実部品用途への先導実験を実施する。

本研究開発の初年度である平成30年度は、リバースエンジニアリング環境の構築と、3Dプリンター技術の樹脂利用に関するデータベースの構築として、形状再現性の性能評価、最小物の造形に関する機器の基本性能評価を実施した。

2. 実験方法

2.1 3Dプリンター—非接触三次元デジタイザ

三次元デジタル製造技術は、3Dプリンター技術、三次元スキャニング技術と、三次元形状データを構築、修正するソフトウェア技術であるデジタルエンジニアリング技術からなる。

3Dプリンター技術は、コンピュータモデル(CADデータ)から迅速に精密な試作品を造形する三次元造形装置により構成される。当センターの導入機器は、インクジェットノズルから紫外線硬化造形材料を紫外

線照射により固めながら積層するインクジェット方式である。3Dプリンター装置(Stratasys社製Connex350)の仕様を表1に

示す。本装置を利用した試作品製作の流れは、図1のとおりである。まず、三次元CADソフトウェアを用いてCADデータ(コンピュータモデル)を作成する。作成したCADデータから造形機用の形状データであるSTL(Stereolithography)ファイルを作成する。

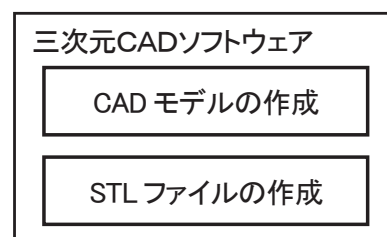


図1 試作品製作のフロー図

表1 3Dプリンター装置仕様

機能	内容
方式	インクジェット紫外線硬化
造形精度	±0.1mm
造形解像度	600dpi(X,Y軸)、160dpi(Z軸)
積層厚	16μm、30μm
造形サイズ	342mm×342mm×200mm
モデル材	アクリル樹脂(硬質、透明、ゴム系、ABS系、PP系)の13種類
マルチ/デジタルマテリアル	物性の異なる2種類の樹脂を同時使用/ミックス使用が可能
サポート材	水圧除去
入力データ形式	STLデータ

三次元スキャニング技術は、既存製品等の立体物を高密度の点列データとしてコンピュータに取り込む三次元測定装置により構成される。当センターの導入機器は、CCDカメラを用い非接触で三次元形状の取り込みを行う方式の非接触三次元デジタイザである。こ

の非接触三次元デジタイザは、デザイン模型等の試作模型からCADデータを作成する業務や、CADデータにより作成された製造品と元のCADデータとの形状比較のための形状評価業務において利用される。この非接触三次元デジタイザ（GOM社製 ATOS I）の仕様を表2に示す。

表2 ATOS I Standard仕様

機能	内容
測定方式	非接触 CCD カメラ方式 距離算出方式・CCD カメラ 2 個による三角測量方式
一測定あたりの測定点数	800,832(1,032×776)点
測定範囲	500mm×400mm×400mm
測定精度(Z)	±0.05mm
任意方向からの測定データのマージ	ターゲットによる自動マージ
出力測定データ形式	STL, ASC II

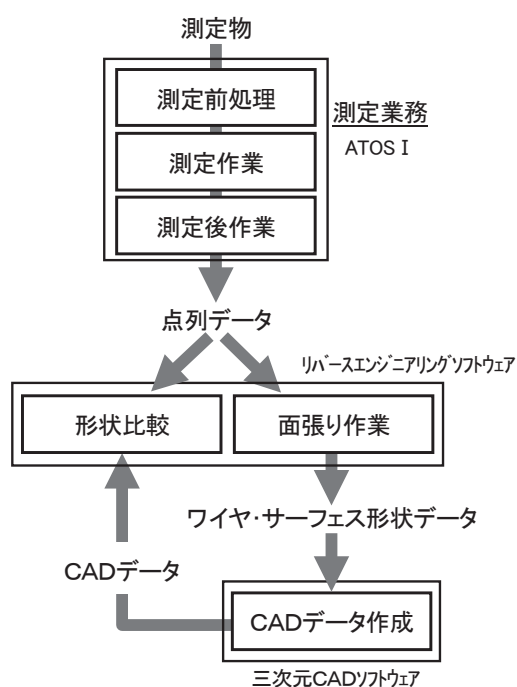


図2 測定業務のフロー図

本装置を利用した測定業務の流れは、図2のとおりである。まず、測定物に必要な応じ白色の塗料を塗布後、測定データのマージのためのリファレンスポイントと呼ばれるシールを貼り付け、測定物の準備を行う（測定前処理）。次に、測定前処理を施した測定物を本

機器により測定し、測定物の形状を複数ショットの点群データとして得る（測定作業）。得られた点群データは、他のCAD関連ソフトウェアで利用可能なデータ形式ではないため、本機器の制御ソフトウェアを用いて、複数点群データのマージやポリゴン化、そして、点群データの出力データ形式（以下、点列データという）への変換処理を行う（測定後処理）。この時点で、CAD等で処理可能な点列データが得られるので、CADデータと製造品間の形状評価を行う場合は、点列データ処理ソフトウェアを用いたCADデータとの形状比較が行われる。また、測定物からCADデータを作成する場合は、点列データ処理ソフトウェアを用いて、得られた点列データ上に形状定義カーブやサーフェスを作成（面張り作業）する。これら作成したカーブやサーフェス等の形状データを三次元CADソフトウェアに渡し、実際の製品形状のCADデータの設計が行われることとなる。

2.2 実験方法

2.1で述べた3Dプリンターを利用する際に問題となる機器の基本性能評価を実施した。

2.2.1 機器の基本性能評価：最小物の造形能力、耐水能力

本造形装置の造形方式は紫外線硬化タイプのアクリル樹脂をインクジェットノズルから射出し積層造形するインクジェット方式であり、細かい多数のノズル穴から樹脂を射出することから、他の造形装置と比べ最小物の造形に問題があると考えられる。また、造形物は実験模型で使用されることが多く、その際、耐水能力が求められる。そこで、樹脂の耐水性の試験も行った。

本装置では、物性の異なる様々な樹脂造形を行うことができるため、それぞれの樹脂での性能の差を把握することも必要となる。比較評価する樹脂としては、アクリル樹脂の一般的な硬質材として使用されるVero White Plusと、靱性の高いポリプロピレン樹脂をエミュレートされた樹脂であるRGD450樹脂の2種に関し評価した。造形仕上げ方式として、サポート材で造形物全体を覆うMatte仕上げとサポート材を必要な箇所のみ付与するGlossy仕上げの2種類の方式があるが、試験に応じ使い分ける。

○ 最小板厚

図3の図面に示す0.1mm厚から1.5mm厚までの立

壁を造形し、最小の板厚としてどこまで造形できるかの実験を行った。

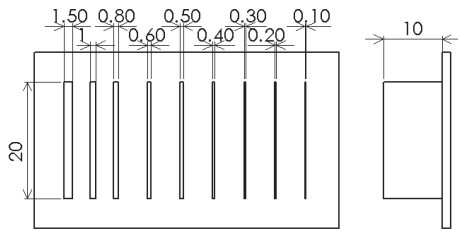


図3 最小板厚造形

○ 最小穴径

図4に示す直径0.1 mmから5 mmまでの穴を造形し、造形された穴の円形度と真の値との誤差を計測し、最小穴の造形能力を検討した。

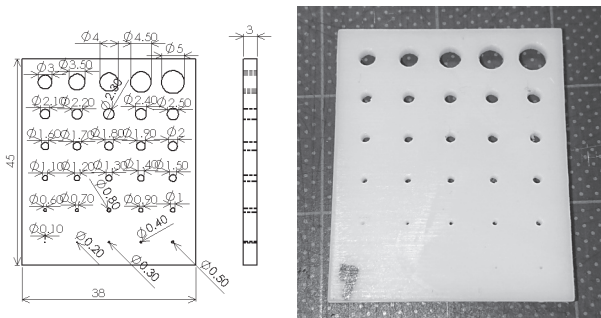


図4 穴造形図面 (左) とテストピース (右)

○ 耐水性

図5の図面に示すテストピース (体積 600 mm³) を造形し、真水に0分から3日まで浸水した前と後の重さを計る実験を行った。

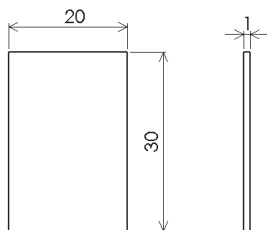


図5 耐水試験テストピース図面

3. 結果と考察

2. 2で述べたそれぞれの実験方法に関し、その実験結果と考察を以下に述べる。

○ 最小板厚

造形方式は Glossy 方

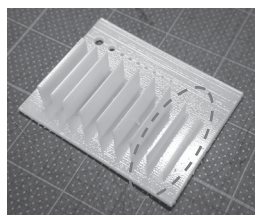
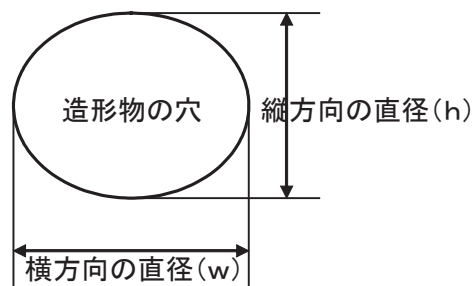


図6 最小板厚造物

式のみで試験した。図6にその造形結果を示す。波線円で囲む0.2 mm以下の板厚の壁が造形できていない。サポート除去が無ければ0.3 mm以上の立壁であれば造形できる。

○ 最小穴径

図7に示す造形された穴の円形度と真の値との誤差 (図中の誤差の式) を各造形物に対し計測した。横方向の w は、造形時の射出する際の移動方向に合わせている。造形方式は Matte と Glossy 両方式で行っている。その結果をグラフ化したものが図8と図9である。

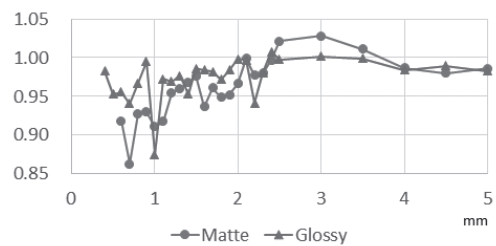


$$\text{誤差} = \text{平均直径} : (w+h) / 2 - \text{真の直径}$$

図7 円形度と真の値との誤差

円形度は、図8のグラフから明らかなように、材質による違いはなく、ほぼ1より小さい値となっており、これは造形する際ヘッドが横方向に動くため、そのためのずれによる影響と考えられる。

穴 円形度(W/H): RGD450Figure



穴 円形度(W/H): VeroWhitePlus

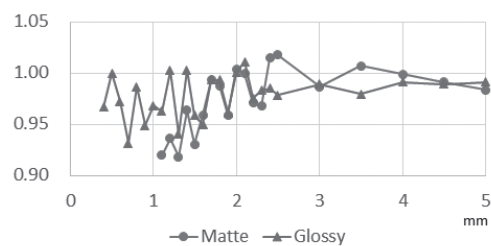


図8 穴 円形度グラフ

図9のグラフより、より正確な造形はRGD450 Rigureで行えているが、Vero White Plusの場合は、Matteの場合0.1 mm程度縮んで造形され、RGD450 Rigureの場合はMatte,Glossyとも0.05 mm程度膨らんで造形されることがわかる。

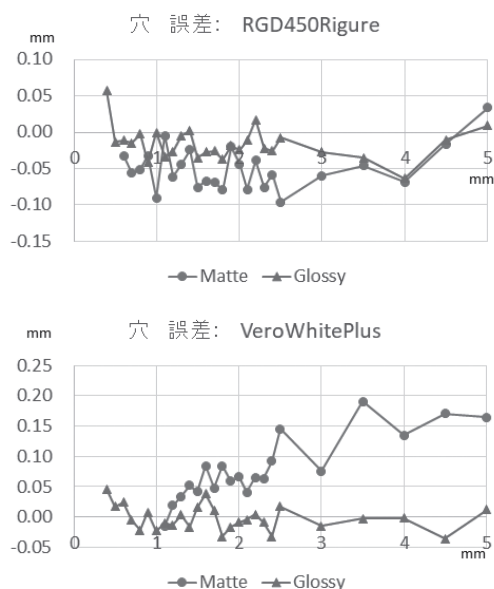


図9 穴 誤算グラフ

○ 耐水性

造形方式はGlossy方式のみで試験した。樹脂はVero White PlusとRGD450 Rigureの2種類で試験した。その結果を図10に示す。

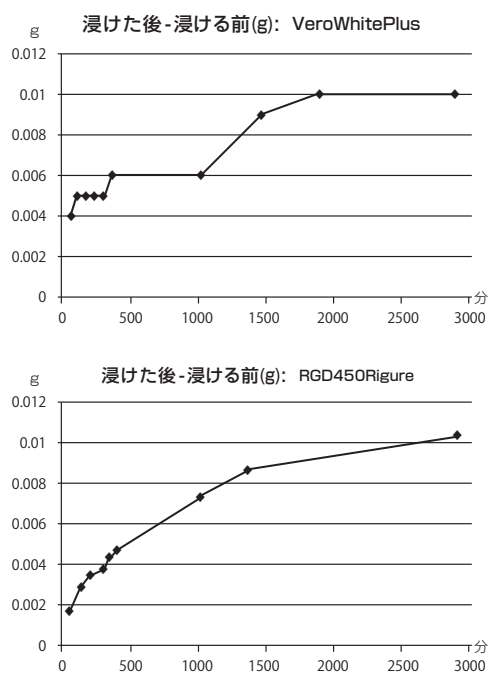


図10 浸水試験

Vero White Plus に関しては、長時間浸けても重さの変化は体積の0.002%で吸水性は無いが、RGD450 Rigureに関しては、浸ければ浸けるほど吸水し続けるとの結果が出た。そのため、Vero White Plus に関しては水に浸けた後の形状の硬さに変化は無いが、RGD450 Rigureは、つけた後はふやけた形状となる。RGD450 Rigureは水がからむ箇所には使用できない。

4. 結言

リバースエンジニアリング環境の構築と、3Dプリンター技術の樹脂利用に関するデータベースの構築として、形状再現性の性能評価、最小物の造形に関する機器の基本性能評価を実施した。今後は、得られた成果をもとに、リバースエンジニアリング環境の構築及び計測データから3DCADモデル化技術開発を進め、生産工程等の実部品用途への先導実験を実施する。