

積層造形を活用した新たなモノづくり技術の開発に向けた調査研究

材料科 田光伸也 吉岡正行 植松俊明 長田貴将* 小粥基晴** 木野浩成
新産業集積課 二宮龍斗

Investigation for the development of new manufacturing technologies using additive manufacturing

TAKO Shinya, YOSHIOKA Masayuki, UEMATSU Toshiaki, OSADA Takamasa, OGAI Motoharu,
NIMOMIYA Ryuto and KINO Hironari

Metal 3D printers are attracting attention as a digitalization tool for manufacturing sites, and can fabricate complex or minute shapes, undulating holes, and other shapes that cannot be achieved with conventional processing methods.

Such printers can assist in making products more functional and lightweight, significantly reducing development costs and CO₂ emissions, so their use is rapidly expanding. In addition, metal 3D printers are beginning to be used for the mass production of aircraft and automobile parts, because it is possible to fabricate repair parts, jigs, and tools by selecting the appropriate molding method.

Companies in Shizuoka Prefecture are also highly interested in metal 3D printers and the industrial sector has made requests for metal/resin laminated modeling.

The objective of this investigation was to accumulate knowledge on the manufacturing of automobile parts using 3D printers at the Hamamatsu Industrial Technology Support Center and to respond to requests from the industrial sector in the prefecture. We established an environment in which companies in Shizuoka Prefecture can use metal 3D printers by surveying technical data, creating prototypes using 3D printers, developing a system for using metal 3D printers, and introducing metal 3D printers.

These efforts included the preparation of technical information reports on the mechanical properties of resin and metal 3D printer fabricated objects, the fabrication of samples, the establishment of the Shizuoka Prefecture Additive Manufacturing Technology Council, the establishment of a specialized website for metal 3D printers, and a survey of metal additive manufacturing activities to understand corporate needs for fabricated objects and materials, etc., which can be used to support digital manufacturing by companies in the prefecture. The project has obtained information with which we can assist companies in Shizuoka Prefecture with digital manufacturing.

keywords : additive manufacturing, metal 3D printer, digital manufacturing

製造現場のデジタル化ツールとして注目される金属3Dプリンタは、複雑形状及び微細形状、うねりのある穴形状など、従来の加工方法では実現不可能な形状を作製できる。これにより、製品の高機能化や軽量化、開発コストやCO₂排出の大幅な削減をアシストできるため、急速に利用が拡大している。また、適切な造形方式を選択することで、部品や治工具等の作製及び補修が可能となるため、航空機や自動車部品の量産に利用され始めている。

静岡県においても県内企業の金属3Dプリンタへの関心は高く、産業界からの金属・樹脂積層造形についての要望が寄せられている。

本研究では、浜松工業技術支援センターにおいて、3Dプリンタによる自動車部品製造の知見を蓄積し、県内産業界からの要望に対応することを目的として、技術資料調査、3Dプリンタによる試作造形、金属3Dプリンタ活用のための体制整備、金属3Dプリンタの導入を行い、県内企業が金属3Dプリンタを活用できる環境を構築した。

* 現 経済産業部 新産業集積課 ** 現 経済産業部 産業政策課

その結果、樹脂及び金属3Dプリンタ造形物の機械的特性等の技術情報報告書の作成、サンプル試作、静岡県積層造形技術協議会の設立等の体制整備、金属3Dプリンタ特集サイトの開設、金属積層造形への取組状況の調査による造形物や材料等に関する企業ニーズの把握を行うことで、県内企業のデジタルものづくり支援に活用できる情報を得ることができた。

キーワード：樹脂及び金属積層造形、3Dプリンタ、AM (Additive Manufacturing)、デジタルものづくり

1 はじめに

製造現場のデジタル化ツールとして注目される金属3Dプリンタは、複雑形状及び微細形状、うねりのある穴形状など、従来の加工方法では実現不可能な形状を作製できる。これにより、製品の高機能化や軽量化、開発コストやCO₂排出の大幅な削減をアシストできるため、急速に利用が拡大している¹⁾。また、適切な造形方式を選択することで、熱マネジメントに優れた小型で高性能な熱交換器、軽量で高強度な構造部品、開発コスト削減に寄与する試作、生産能力の高い金型や治工具等の作製及び補修が可能となるため、航空機や自動車部品の量産に利用され始めている²⁾。

静岡県においても県内企業の金属3Dプリンタへの関心は高く、産業界からの金属・樹脂積層造形についての要望（情報調査、試作、協議会の設立、相談窓口の設置、金属3Dプリンタの導入等）が寄せられている。

本研究では、浜松工業技術支援センターにおいて、3Dプリンタによる自動車部品製造の知見を蓄積し、県内産業界からの要望に対応することを目的として、技術資料調査、3Dプリンタによる試作造形、金属3Dプリンタ活用のための体制構築、金属3Dプリンタ導入を行い、県内企業が金属3Dプリンタを活用できる環境を構築した。

2 方法

3Dプリンタを用いた次世代自動車部品製造の知見を蓄積するため、表1に示す4つの小課題に取り組んだ。

表1 小課題のタイトルと取り組み内容

小課題タイトル	内容
3Dプリンタ情報の収集・提供	<ul style="list-style-type: none">・樹脂及び金属3Dプリンタ情報の収集・企業が活用できるデータベースの作成
樹脂及び金属3Dプリンタによるサンプルの試作	<ul style="list-style-type: none">・3Dプリンタのメリット/デメリットを理解するためのサンプルの試作
金属3Dプリンタ活用体制の整備	<ul style="list-style-type: none">・技術相談窓口の設置・協議会の設置・情報提供体制の構築
積層造形取組み状況の調査	<ul style="list-style-type: none">・県内企業への訪問、聞き取り調査

2.1 3Dプリンタ情報の収集・提供

次世代自動車に係る企業連携ワークショップにおける積層造形ワーキンググループの報告書によれば³⁾、3Dプリンタを活用するためには造形の基礎データとなる金属および樹脂3Dプリンタの材料特性や、公設試所有の装置情報、研究報告情報をまとめたものが必要であるとされている。

そこで、3Dプリンタ造形物の機械的特性、公設試で所有する3Dプリンタ、公設試の研究報告等の技術情報を、インターネット、3Dプリンタ及び材料メーカーのカタログ、論文などの公開されている情報と、3Dプリンタメーカー及び各県公設試の担当者への聞き取り調査により収集した。企業が活用できる樹脂および金属3Dプリンタに関するデータベースを構築することを目的とし、収集した調査内容をまとめた。

2.2 樹脂及び金属3Dプリンタによるサンプルの試作

金属と樹脂の3Dプリンタで何ができるか、実例を知りたいという県内企業からの要望に対し、3Dプリンタのメリットやデメリットを理解するためのサンプル（金型や治具、形状比較用モデル等）を試作した。試作した部品サンプルを表2に示す。これらの部品サンプルは企業への調査情報をもとに決定した。樹脂の造形は浜松工業技術支

援センターの所有する樹脂 3D プリンタ及び外部委託で実施した。金属の造形は外部に委託した。金属 3D プリンタ試作した模擬金型の冷却効果の評価にはサーモグラフィ Vario CAM Research (JENOPTIK AG 製) を用いた。

表 2 試作した部品サンプルの一覧

材種	サンプル名	装置(メーカー)
樹脂	ABS マフラー保持治具	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	ABS クラッチケース	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	ABS 微小部品ホルダ	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	ABS 簡易座標決め治具	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	ABS 把持力微調整可能ジンセット	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	PLA 形状比較用モデル	Adventurer3 (Apple Tree)
	ABS 形状比較用モデル	FORTUS 400mc-L (Stratasys)
	UV 硬化樹脂 形状比較用モデル	Photon Mono X (ANYCUBIC)
金属	AlSi12 形状比較用モデル	ProX300 (3D Systems)
	AlSi10Mg 形状比較用モデル	M2 cusing (Concept Laser/ GE)
	AlSi10Mg 形状比較用モデル	EOSINT M280 (EOS)
	AlSi10Mg 形状比較用モデル	TruPrint1000 (TRUMPF)
	SUS316L 形状比較用モデル	Shop System (Desktop Metal)
	SUS316L 形状比較用モデル	Studio System (Desktop Metal)
	マルニージング鋼 形状比較用モデル	SLM280 (SLM Solutions)
	マルニージング鋼 水管入り金型 (円形)	OPM250L (ソディック)
	マルニージング鋼 水管入り金型 (M 字形)	OPM250L (ソディック)

2.3 金属 3D プリンタ活用体制の整備

金属 3D プリンタ等を活用したデジタルものづくりを進展させるため、それらの活用及び支援体制を整備した。具体的には、技術相談窓口の設置や収集した情報の提供に関する要望への対応のため表 3 の項目に取り組んだ。

表 3 3D プリンタ活用体制の整備のために取り組んだ項目

項目	内容
技術相談窓口の設置	工業技術研究所及び工業技術支援センターに県内企業の要望する「積層造形についてワンストップで相談できる技術相談窓口」を設置する。
協議会の設置	金属 3D プリンタ関連事業や研究に県内企業の意見を活かすための協議会を設置する。
情報提供体制の構築	工業技術研究所及び工業技術支援センターが集めた 3D プリンタに関する様々な情報を企業に提供するための体制を構築する。

2.4 積層造形取組み状況の調査

積層造形 (Additive Manufacturing: AM) に関する現場の取り組みや技術的課題を把握し、金属 3D プリンタの活用や、令和 5 年度からの新成長戦略研究に反映させることを目的に、県内企業

を訪問し聞き取り調査を実施した。

訪問先企業は、次世代自動車に係る企業連携ワークショップ (令和 3 年度 新産業集積課主催) の旧積層造形ワーキンググループ (WG) メンバー企業、3D プリンタ受託造形を行う企業、AMへの取り組みをホームページで公表している企業、ダイカストまたは射出成型金型を取り扱う企業等とした。

3 結果

3.1 3D プリンタ情報の収集・提供

収集した情報を、全七章から成る報告書「樹脂及び金属 3D プリンタ造形物の物性情報と公設試験機関の取り組み」にまとめた。報告書の目次を表 4 に、報告書冊子の外観を図 1 に示す。報告書冊子は、県内企業や令和 5 年 2 月 3 日開催のセミナー参加者等に配布した。

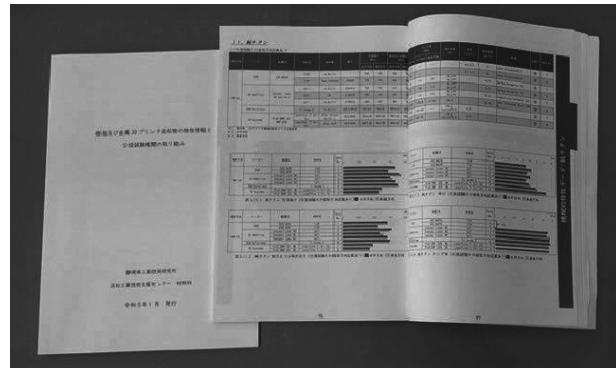


図 1 報告書冊子

表 4 報告書冊子の目次

章	各章のタイトル
1	3D プリンタの概要
2	樹脂 3D プリンタ造形物 機械的特性データ一覧
3	金属 3D プリンタ造形物 機械的特性データ一覧
4	樹脂及び金属 3D プリンタ造形物 機械的特性データ出典
5	公設試の 3D プリンタ所有情報
6	公設試 積層造形技術に関する研究報告
7	浜松工業技術支援センター導入機器

3.2 樹脂及び金属 3D プリンタによるサンプルの試作

樹脂 8 点 (図 2~7)、金属 9 点 (図 8、9) の計 17 点を試作した。

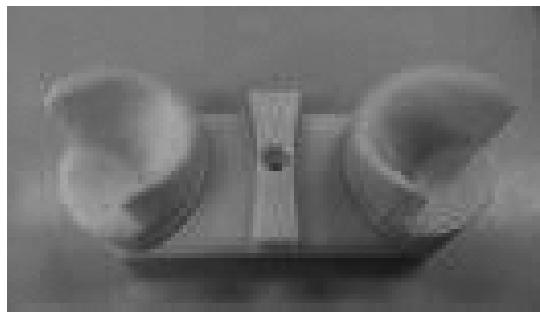


図2 マフラー保持治具の外観



図3 クラッチケース（矢印指示部）の外観

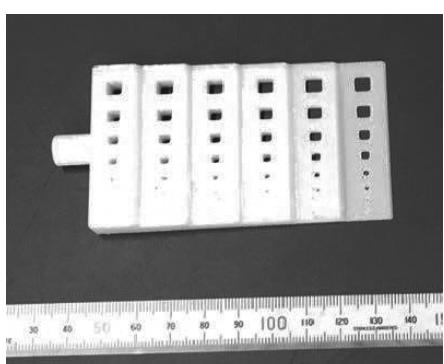


図4 微小部品ホルダの外観

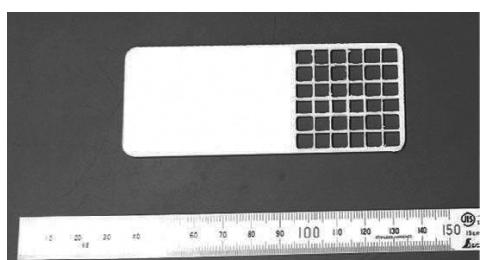


図5 簡易座標決め治具の外観



図6 把持力微調整可能ピンセットの外観

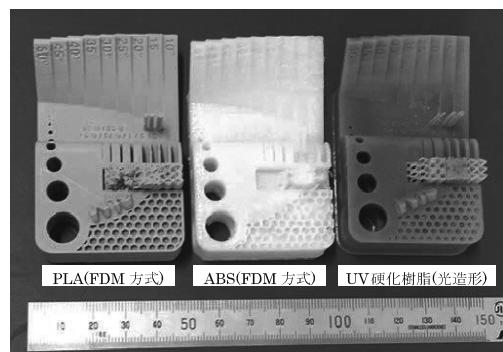


図7 形状比較用モデル（樹脂）の外観

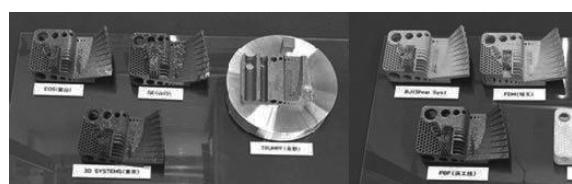


図8 形状比較用モデル（金属）の外観

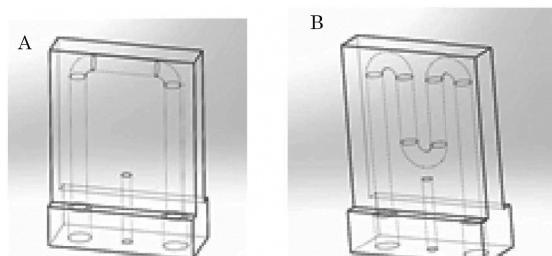


図9 水管入り金型のモデル

A 単純水管（U字形）、B 複雑水管（M字形）

樹脂3Dプリンタによる試作では、県内企業の要望を聞き取り、企業と協力して生産工程で使える治具を作製した。表5に試作した治具の名称、用途、使用者の感想等を示す。

表5 樹脂3Dプリンタで試作した治具

名称	企業名(所在地)	用途(目的)	使用した感想・使い勝手
マフラー保持ジグ (図2)	サクラ工業㈱(浜松市)	マフラー組立て、位置決め時の保持・固定に使用。	熱加工後のマフラーを保持・固定するため、耐熱性の高い樹脂で造形できるとより有用。(現行はABS樹脂)
クラッチケース (図3)	朝日電装㈱(浜松市)	クラッチを手動でつなぎだり、切ったり、動力の伝達方向を変える操作をするノブ。	削り・肉付け等の調製不要で、即取付・使用できた。強度があり、剛性も高く、操作がし易く、治具使用者に好評。
微小部品ホルダ (図4)	アオイデック㈱(浜松市)	回路基板構成部品の取り付け、取り外し時の紛失を防ぐ。	これまでこういったものは無かったので、重宝している。
簡易座標決めジグ (図5)	三光製作㈱(浜松市)	めつき表面の色ムラ、しみ、キズ等のチェック、不具合の位置情報共有に使用。	フィルムにマス目を書いたモノに比べ、不具合部分を見やすく、触りやすくなかった。
把持力微調整可能ピンセット (図6)	浜松光電㈱(磐田市)	軟らかい試料を移行・移動させたい時に、掴む力を微調整できる。	通常のピンセットでは碎けたり落とし易い試料を、容易かつ確実に掴むことができた。

一般的な機械加工で作ることを想定した直線の単純な水管が金型内部に施された模擬金型(図9A)、金属3Dプリンタでなければ作製できない入り組んだ水管を設けた模擬金型(図9B)の冷却効果の違いを確認するためのデモ装置を作製した(図10)。それぞれの模擬金型を金属3Dプリンタで試作し、冷却効果をサーモグラフィで比較した結果を図11に示す。加熱した模擬金型に冷却水を流すと水管部分から冷却され、約10秒後には複雑水管入り金型は全体が冷却された。このとき単純水管入り金型の中央部は十分に冷却されておらず、金属3Dプリンタで適切な冷却水管を形成することで高い冷却効果が得られることを確認した。デモ装置では、サーモグラフィの写真や動画だけでなく、実際に触れて冷却効果を実感することもできるため、ワークショップ等を通じて県内企業に体験する場を提供することも可能である。

3.3 3Dプリンタ活用体制の整備

3.3.1 技術相談窓口の設置

工業技術研究所本所と浜松、沼津、富士の3カ所の支援センターに「デジタルものづくり相談窓口」を令和5年1月に開設した。デジタルものづくりに関する相談窓口が明確になり、県内企業は3Dプリンタに関する相談や情報提供を受けやす

くなった。

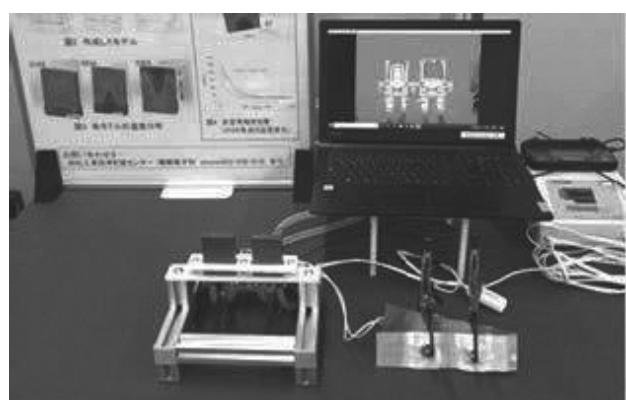


図10 試作した水管入り金型とデモ装置の外観

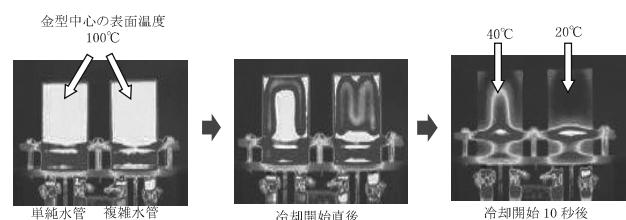


図11 水管形状が金型の冷却に及ぼす影響

3.3.2 協議会の設置

金属3Dプリンタの活用に対して、利用者である企業目線での意見や提案を取り込むために、产学研官で連携するための枠組みとして、「静岡県積層造形技術協議会(略称:静岡県AM協議会)」を令和5年1月23日に設立した。会長は望月達也(静岡文化芸術大学名誉教授)とし、企業5社、産業支援機関7機関、大学関係者3名を設立時のメンバーとした。

3.3.3 情報提供体制の構築

令和5年2月、静岡県工業技術研究所ホームページ内に金属3Dプリンタ特集サイト(<https://www.iri.pref.shizuoka.jp/printer/>)を開設し、技術調査や実験結果、セミナー情報などの情報発信を行う環境を整備した。

金属3Dプリンタ特集サイトは、「金属3Dプリンタ関連装置の紹介(金属3Dプリンタ、ワイヤーカット放電加工機、ブラスト装置、ミリング加工機、計測用X線CT、非接触三次元ひずみ・変位測定機、三次元測定機、X線残留応力測定装置)」、

「ご利用・ご相談」、「静岡県積層造形技術協議会について」等から構成される。金属3Dプリンタを利用したことのない企業や利用してみたい企業に対し、利用を促す内容となるよう留意した。

3.4 積層造形取組み状況の調査

本調査により、水管入り金型や、熱処理用コイルなど、県内企業が希望する造形物の情報や、県内企業が利用したい金属粉末材料の種類に関する情報など、金属3Dプリンタの運用に有用な情報を得ることができた（表6）。金属3Dプリンタに関する情報は、企業内で秘匿される傾向にあるが、公的機関で調査する目的を説明することで、今回のような詳細な情報獲得に繋がったと考えられる。

表6 本調査で得られた情報（一部を抜粋）

項目	企業の課題、要望
企業で検討している具体的な造形対象	<ul style="list-style-type: none"> ・水管入り樹脂射出成形用金型 ・高熱伝導金型 ・熱処理用高周波コイル ・高性能ヒートシンク ・排気管の複合化（ロストワックスの代替）他
企業における金属3Dプリンタに対する課題	<ul style="list-style-type: none"> ・高コスト（装置、試作費、材料費等） ・情報不足 ・担当者不足 ・データ作成のノウハウ 他

4 まとめ

3Dプリンタ情報の収集・提供では、樹脂、金属3Dプリンタ造形物の機械的特性他の技術情報を調査し、140ページの報告書にまとめた。また、調査結果は、金属3Dプリンタ活用セミナーにより県内企業に報告した。

活用が見込まれるサンプルの試作では、樹脂による治具・部品（7点）、形状比較用モデル（3点）、金属による冷却効果確認デモ用水管入り金型モデ

ル（単純水管、複雑水管の2点）、装置/造形条件の違いによる形状比較用モデル（7点）の造形を行った。

金属3Dプリンタ活用体制の整備では、静岡県積層造形技術協議会の設立（令和5年1月23日、15社・団体）、デジタルものづくり相談窓口の設置（令和5年1月4日）、静岡県工業技術研究所ホームページに金属3Dプリンタ特集サイトを令和5年3月1日に開設した。

金属積層造形への取組状況の調査では、企業や団体など61社を調査し、造形物や材料等に関する企業ニーズを把握した。

得られた研究成果は金属3Dプリンタ特集サイト等で公開し、今後のセミナーや令和5年度以降の研究内容に反映させ、県内企業のデジタルものづくり支援に活用する。

参考文献

- 1) 京極秀樹: 金属材料を中心とした3Dプリントの現状と展望, 工業材料2022年夏号, 70(4), 8-12 (2022).
- 2) みづほリサーチ&テクノロジーズ㈱: 令和3年度重要技術管理体制強化事業（金属積層造形技術動向調査）調査報告書. (2023.3.13日公表)
- 3) 公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構次世代自動車センター: 令和3年度 次世代自動車に係る企業連携ワークショップ開催業務最終報告書. (2022.3月公表)