



資料 No. 138  
平成 27 年 3 月

# 「三次元積層造形技術（3Dプリンター） の活用」に関する調査研究

大阪府商工労働部

（大阪産業経済リサーチセンター）

# ま え が き

一昨年あたりからものづくり分野で世界的に注目されるようになった「3Dプリンター」は、樹脂や金属を三次元積層させて造形する比較的新しい工法です。

1980年後半に日本を始めとして特許が出され、3Dプリンターの導入が進んだ時期がありました。一昨年あたりからアメリカのオバマ大統領が一般教書演説の中で三次元積層造形技術に触れたり、『メイカーズ』というものづくりが個人にも移行されるといった方向性を示す本が刊行されるなど言及される機会が増えたことにより、世界的な動きとなり、ものづくり大国の日本においても、製造企業から個人にまで導入、活用の動きが強まっています。

大阪は特に機械・金属加工を得意とするものづくりの集積地であり、切削加工や鍛造といった変形加工に優れた技術を有しています。そこで、ものづくりの世界でも注目されている三次元積層造形技術（3Dプリンター）が、大阪府内の製造業の現場では、実際にどう受け止められているのか、どう活用されているのかなど実態を正確に調査することが必要と考えました。

そこで、大阪府内の製造業 2000社に対して、アンケートを送付し、242社から回答を得、実態把握を数量的に行うとともに、企業や業界団体を訪問し、インタビュー調査を行うことで、三次元積層造形技術の活用について正確な実態把握を目指しました。

新たに沸き起こってきた新技術である三次元積層造形技術について、中小企業の現場の動き、経営者の考え方、技術動向の判断、導入への意思決定とともに、産業界での変化などの実態を明らかにした本調査結果は、他にないものであり、本調査結果が各種団体、企業の経営判断の参考、自治体行政の政策立案の一助となれば幸いです。

調査研究の実施にあたり、ご協力いただきました皆様に、厚くお礼申し上げます。  
最後に、本報告書の担当・執筆は、主任研究員 松下 隆が担当いたしました。

なお、「3Dプリンター」という用語が知られていますが、本調査報告書では、「三次元積層造形機」と表記することとし、各種引用などで「3Dプリンタ」「3Dプリンター」が使用されている箇所は原文そのままに記載しましたので、読み替えていただきますようお願いいたします。

平成 27 年 3 月

大阪産業経済リサーチセンター  
センター長 小林 伸生



# 目 次

要 約	1
<b>第 1 章 調査の趣旨、概要</b>	<b>4</b>
1-1 問題意識	4
1-2 調査概要	5
1-3 先行調査	6
1-4 まとめ	12
<b>第 2 章 三次元積層造形技術とは</b>	<b>13</b>
2-1 歴史	13
2-2 三次元積層造形技術の推移	14
2-3 機器の分類	16
2-4 三次元積層造形の流れとモデル制作の用途	20
<b>第 3 章 アンケート回答企業のプロフィール</b>	<b>22</b>
3-1 調査概要と回収率等	22
3-2 企業概要項目	23
3-3 まとめ	36
<b>第 4 章 三次元 CAD の活用について</b>	<b>37</b>
4-1 三次元 CAD の発展と三次元積層造形技術との歴史的概観	37
4-2 アンケート調査からみた三次元 CAD の活用状況	41
<b>第 5 章 三次元積層造形技術の活用状況</b>	<b>47</b>
5-1 三次元積層造形技術の活用企業	47
5-2 三次元積層造形機導入の状況	49
5-3 造形依頼先	54
5-4 活用状況について	55
5-5 活用効果について	55
5-6 導入事例	57
<b>第 6 章 未導入企業の状況</b>	<b>65</b>
6-1 今後の三次元積層造形技術の活用予定について	65
6-2 未導入の理由について	66
<b>第 7 章 技術比較による積層造形技術の特徴分析</b>	<b>68</b>
7-1 アンケート結果集計方法	68
7-2 レーダーチャートでの表記	69
7-3 癖の強い三次元積層造形技術	74
<b>第 8 章 三次元積層造形技術の活用用途や関連サービス、及び行政支援への要望</b>	<b>75</b>
8-1 三次元積層造形技術の活用用途	75
8-2 新たなビジネスの仕組み	77
8-3 三次元積層造形技術に関連する製造支援サービス	79
8-4 事業化に向けた行政支援への要望	80
まとめ	84
参考文献	86
集計データ・アンケート調査票	88





## 要 約

### 第 1 章 調査の趣旨、概要

アメリカ合衆国オバマ大統領が一般教書演説において、三次元積層造形機の積極的な導入を示唆したことをきっかけに世界でこの技術に注目が集まった。しかしながら、中小企業がどう本技術を活用しているのか詳細な調査は見当たらないと考えた。そこで、調査研究の意義を見出すために先行調査をレビューした。大阪商工会議所が 2014 年度に近畿圏の会員中小企業を調査対象として本技術の活用について「3D プリンター活用に関する調査」を実施している。また、経済産業省が新ものづくり研究会を結成し、最新情報に基づくものづくりの動きを明らかにしている。しかし、中小企業における三次元積層造形機の導入状況や活用を詳細に分析した、政策立案の下敷きとなりうる調査結果が自治体レベルではほとんど有していないことが判明した。

### 第 2 章 三次元積層造形技術とは

本技術は 1980 年代に開発された比較的新しい技術である。これまで 1990 年代に三次元積層造形機に一定の需要があり国内で開発販売されたが、現在では数社の企業が国産機を製造販売しているのに留まる。

積層造形機の造形法はおよそ 8 つの工法に分類され、それぞれの工法ごとにメーカー仕様が異なる。材料は樹脂から金属まで種類が増加し、積層造形機の価格帯も 100 万円未満から 1 億円まで多様である。これら積層造形機で製作されるものは試作モデルから、部品、治工具、実際の最終部品、製品へと広がっている。利用分野も試作模型分野、金型製作分野、医療分野など多様化している。

### 第 3 章 アンケート回答企業のプロフィール

大阪府内製造業の実態を明らかにするために、無作為サンプル 2000 社に郵送自記式アンケートを送付し、242 社から回答を得た。回答業種は、金属製品とプラスチック製品製造業が多かった。売上高が 3 億円未満の企業が約半数を占め、従業員数は 30 人までが約 7 割を占めるなど回答企業の 95%が中小企業であった(経済センサスでは大阪府の企業数の 99.6%が中小企業)。

加工種別によれば除去加工では切削加工、付加加工では溶接、変形加工では金属プレスとする企業が多い。回答企業では最終製品を有する企業が多いことから、試作品を製作する企業は約 7 割に及ぶ。

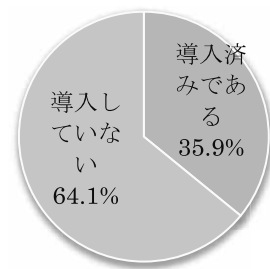
### 第 4 章 三次元 CAD の活用について

三次元積層造形技術の進展は、三次元 CAD の進展に他ならない。サーフェスモデルからソリッドモデルへの転換によって、積層造形技術の高度化が図られた。ただ、本調査回答

企業における三次元 CAD 導入率は約 4 割に留まっている。先行調査での「大手企業が 7 割を超える」との結果と比べると格差は大きい。

三次元 CAD ソフトは投資費用が高額で、その利用は容易ではない。ライセンスを継続するには、潤沢な資金を要する。そうした資金が必要なこと以外に、CAD オペレーターの養成も必須である。そのため、各社は自社内での研修によって CAD オペレーターの養成している。

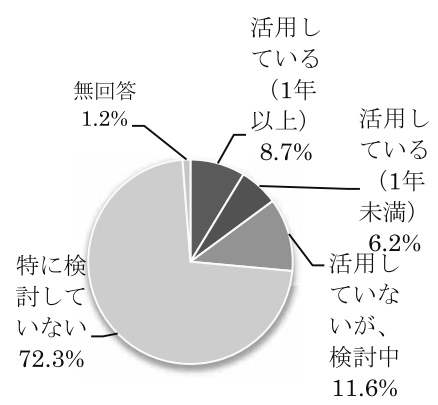
図表 三次元 CAD の導入 (n=217)



### 第 5 章 三次元積層造形技術の活用状況

三次元積層造形機については、「活用している (1 年以上)」が 8.7%、「活用している (1 年未満)」6.2%と合わせて、活用している企業割合は約 15%となった。「検討中」を加えると約 4 分の 1 の企業が活用に向きであることがわかった。単純な比較が難しいが、大阪商工会議所調査に比べて増加しているのは、一昨年度から国のものづくり補助金制度が実施されたことで導入件数が増加したことによると考えられる。

図表 三次元積層造形の活用



導入機器の種類は、熱溶解積層法式によるものが最も多く、メーカーでは Stratasys、キーエンス、3Dsystems と続く。試作用の亚克力樹脂での造形も多かった。

活用効果については、製作期間の短縮、提案力向上、意思決定の迅速化、複雑形状への対応が容易になるなどが挙げられている。

さらに具体的な事象を把握するために回答企業にインタビューし、事例にまとめた。各種金物製造業が VA 提案を行う際に、積層造形を使用するケース、医療機器製造業が開発機器の概観、持ちやすさの確認のためユーザーから意見を徴収することに使用するケース、試作業が競争力向上のために積層造形機を導入するケース、歯科補綴物を製作するのに工程短縮を目指すケース、新分野の最終部品を開発する際に機構部品を設計、試験に使用するケースなど具体的な事例が得られた。

### 第 6 章 未導入企業の状況

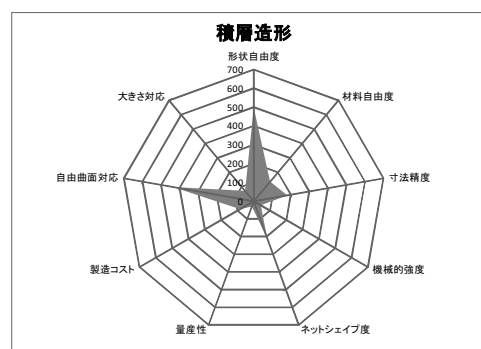
未導入企業に未導入の理由を尋ねたところ、既存技術となじまない、材料の制限が多い、3D データの作成が困難、機械・材料が高価であるなどの回答が多かった。除去加工 (切削加工) が主たる技術領域である企業では、積層造形技術の精度、造形時間について満足で

きるレベルにないとの回答を得た。ただ、刃物が入らない内孔構造やハニカム構造については、積層造形の優位性を認めている意見が多かった。

## 第7章 技術比較による積層造形技術の特徴分析

機械加工、鋳物・ロストワックス、プレス・鍛造、粉末冶金と積層造形について150社から9つの項目で順位比較データを得た。集計データを点数化し、グラフにまとめたことで、積層造形技術は癖のある技術であることがより明確にできた。このような工法を比較分析することで、積層造形技術の特徴を浮き彫りにした調査結果は類似するものが見当たらず、見える化した意義は大きい。

図表 技術評価チャート



## 第8章 三次元積層造形技術の活用用途や関連サービス、および行政支援への要望

活用できる用途については、かつて試作のみだった点から考えれば相当に広がったといえる。特に、近年医療分野における活用が急速に進んでいる。また、金属造形が中小企業において広く使用できれば、最終部品や製品の少量生産も現実的になるであろう。

加えて、本技術を活用したビジネス化の動きに注目すべきである。「適地適時生産」が可能となれば、在庫に要するコストなどを大幅に軽減できる仕組みが研究され始めている。また、カスタマイズ化した少量部品の生産にも一定の目処がついて来ている。

こうした産業での動きは、金型業や射出成形業、試作業へプラスとマイナスの影響を及ぼす可能性が考えられる。産業再編の引き金になるかもしれない。

また、こうした産業面での変化が製造支援サービス業のビジネスチャンスを生んでいるとも考えられ、試作、仕上げ、CADデータ作成、修正サービスなどでの営業展開余地が生まれてくると予想できる。

このような動きに対して、行政は環境整備のために、技術導入前段階での情報提供サービスが必要であり、これは民間企業、公的機関が協働して提供する必要がある。導入段階での機器選択情報や補助金、設備貸与制度では公的支援が望まれる。さらに、導入時・後では加工ノウハウの指導や物性試験、各種試験検査などにおいて、公設試験研究機関への支援期待がより一層高まる。

図表 支援要望



## 第1章 調査の趣旨、概要

### 1-1 問題意識

消費動向が多品種少量になって長い間消費が継続される現象を、「ロングテール」と新たなマーケティング用語として定義したクリス・アンダーソンが執筆した『MAKERS—21世紀の産業革命が始まる』の訳本が2012年秋に発刊された。この本のコンテンツは、三次元積層造形技術が産業界を大きく変えるといった近未来の方向性、特に、個人のものづくり（Personal Fabrication）について示唆するものであったが、当時の日本においてはまだまだ実現には程遠い動きのように思われた。

しかし、その後2013年2月にアメリカ合衆国オバマ大統領が、一般教書演説の中で「3Dプリンターによるものづくり大国の再生」を宣言した。<sup>1</sup>

#### オバマ大統領一般教書演説の抜粋

「10年以上にわたって雇用が減っていたが、ここ3年間は我が国の製造業者が約50万人の雇用を創出した。キャタピラー社は日本から雇用を戻している。フォードはメキシコから仕事をもち帰ってきた。中国などに生産拠点を置いていたインテルも、ここ国内に最先端の拠点をオープンする。そして2013年はアップルが米国で再びMacの生産を始める。

（中略）

この傾向を加速させるために、われわれに今すぐできることがある。われわれは2012年、オハイオ州ヤングスタウンに最初の製造イノベーション推進機構（NAMII）<sup>2</sup>を設けた。一度閉鎖した倉庫が、今では最新鋭の研究所となり、あらゆるものの作り方を変える可能性を秘めた3Dプリンター技術を新しい労働者が習得している。ほかの街でもこのようなことが起きないとは限らない。」

大統領は、3Dプリンター技術をあらゆるものの作り方を変える可能性を秘めたもの

（“the 3D printing that has the potential to revolutionize the way we make almost everything”）とし、積極的に政府が支援する姿勢を示した。

こうしたことから、三次元積層造形技術はアメリカに主導されているかのように思えるが、30年前に日本が技術面でリーディングしていたことを知る人は少ない。

<sup>1</sup> オバマ大統領の演説内容、ホワイトハウス報道

<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/12/remarks-president-state-union-address>（2014年12月）。日本語訳は、2013/04/22 ITmedia 元(株)インクス創業者山田眞次郎氏の文中参照 [bloghttp://blogs.itmedia.co.jp/yamadashinjiro/2013/04/3d-fafc.html](http://blogs.itmedia.co.jp/yamadashinjiro/2013/04/3d-fafc.html)。

<sup>2</sup> National Additive Manufacturing Innovation Institute：米国の産官学連携研究拠点。積層造形技術の製造業への導入を促進し、国内製造業の競争力強化を図る。2012年設立。全米積層造形技術革新機構。全米積層造形イノベーション機構。（デジタル大辞典）

三次元積層造形をデータから実用化し、紫外線硬化樹脂で「光造形法」について、世界で初めて工法特許出願をしたのは、元名古屋市立工業研究所の小玉秀男氏であり、それと同時期に実用機の開発について特許を得て活躍したのは、大阪府立産業技術総合研究所に所属した、元大阪産業大学名誉教授丸谷洋二氏である。

このように 30 年前から実用化に向けて、数段階に及ぶ機器の普及、工法開発への取組が綿々に行われてきたのだが、その活用の実態についてはおよそ調査研究が進んでいない。特に、本技術が産業構造、取引構造面で影響を及ぼすとみられる金型製造業や射出成形業、試作業などでの積層造形技術導入意向の有無、技術者保有・養成状況など企業経営面から考察した調査研究が進まないで産業面での実態把握ができず、企業における導入の意思決定、行政サイドから施策支援の検討などが行いにくい状況が生まれる。

そこで、本調査研究では、情報収集、企業インタビュー、業界インタビュー、アンケート調査などを輻輳的に行って実態を把握した。

## 1-2 調査概要

調査手法としては、文献調査、アンケート調査、インタビュー調査による組み合わせにより実施した。

文献調査では、三次元積層造形技術に関する文献について近年取りまとめられたものだけでなく、1990 年代に発刊された文献にも当たることで歴史的な推移や活用状況について考察を深める工夫を行った。特に、丸谷洋二氏の文献は、その技術動向を知る上で、功績が大きい。

また、アンケート調査は、大阪府内の製造企業が三次元積層造形技術についてどのように考えているのか、また、三次元積層造形機をどの程度活用しているのか、あわせて、導入していない企業の判断や理由はどういったものなのか、さらに三次元 CAD 技術をどの程度有するのかなどの実態を明らかにすることを目的として実施した。

インタビュー調査では、三次元積層造形技術を導入した企業に、成果や今後の展開について聞き取り、未導入企業には未導入の理由について尋ね、分析を深めた。

### 1-3 先行調査

本章では、三次元積層造形技術の活用に関する先行調査レビューの結果、これまで明らかになったこと、未だ明らかになっていないことなどを明確にしたい。先行調査としては、経済・経営面での三次元積層造形技術の活用に関する調査として、大阪商工会議所の平成 25 年度調査、同年度の経済産業省の新ものづくり研究会の調査、加えて、平成 19 年度の(財)滋賀県産業支援プラザが行ったサービス産業事業化に関する調査があげられる。

図表 1-3-1 先行調査のまとめ その 1

名称	3D プリンター活用に関する調査	新ものづくり研究会
主体	大阪商工会議所 <a href="http://www.osaka.cci.or.jp">http://www.osaka.cci.or.jp</a>	経済産業省 <a href="http://www.meti.go.jp">http://www.meti.go.jp</a>
実施年	平成 25 年度	平成 25 年度
対象	近畿 2 府 5 県の 39 商工会議所会員 中堅・中小企業 10,000 社	日本国内の主要な積層造形機利用者企業など
回答数・率	製造業 846 社 (全 1,128 社)、8.5% (11.3%)	—
属性 (業種)	製造業 : 74.9%、非製造業 : 25.1%	主として製造業
属性 (規模)	資本金額 5 千万円以下 : 78.6%、5 千万円超~1 億円以下 : 13.7%	大企業、中堅・中小企業
手法	自記回答式など (会議所ごとに異なる)	インタビュー調査
視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活用状況</li> <li>・活用意向</li> <li>・支援策など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活用事例の紹介</li> <li>・積層造形の現状</li> </ul>
結果概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「活用している」7.8%</li> <li>・「活用している」+「検討中」33.7%</li> <li>・約 7 割が「試作工程の効率化・納期の短縮」期待</li> <li>・活用企業の約 6 割が自社導入</li> <li>・用途は、「試作品製造に利用」している</li> <li>・今後は、「最終製品・部品の製造」や「型の製造 (金型など)」に期待</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活用事例を多数掲載</li> <li>・2 つの発展可能性を示唆、「精密な工作機械」と「個人も含めた幅広い主体のものづくりツール」</li> <li>・前者、「設計・製造連携」による新たな製品を生み出す</li> <li>・後者、大規模資本や設備を有しない新たな主体「インディーズ・メーカー」として新たなアイデアの創出と「適量規模の消費市場」が開拓可能に</li> </ul>

出典：各調査報告に基づき作成

図表 1-3-1 先行調査のまとめ その2

名称	ー平成 19 年度「滋賀の地域資源を活かした」サービス産業事業化可能性調査事業ーIT 活用型試作産業可能性「試作集中購買サービス」に関する調査
主体	財団法人滋賀県産業支援プラザ <a href="http://www.shigaplaza.or.jp">http://www.shigaplaza.or.jp</a>
実施年	平成 19 年度
対象	滋賀県及び近隣府県（京都、奈良、愛知、岐阜、福井、三重、大阪、兵庫、富山、福井）の製造業（機械、電気設計を利用したものづくり）
回答数・率	59、26.5%
属性（業種）	製造業
属性（規模）	主として上場企業
手法	アンケート調査
視点	・試作 ・ラピッドプロトタイピング（Rapid Prototyping：RP）の利用状況
結果概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試作市場規模：全国 2,006 億円、近畿 298 億円と推計</li> <li>・RP の認知度：利用経験者は 30%と低い</li> <li>・利用経験がある造形法：光造形法、次いで粉体造形</li> <li>・利用回数：利用回数は増加傾向</li> <li>・RP に対する評価：納期が早い、便利である</li> </ul>

出典：各調査報告に基づき作成



## 1. 大阪商工会議所、平成 25 年度、「3D プリンター活用に関する調査」レビュー

大阪商工会議所など近畿 2 府 5 県（福井・滋賀・京都・大阪・兵庫・奈良・和歌山）の 39 商工会議所が、域内の中堅・中小企業における 3D プリンターの活用実態や課題などを把握し、その効果的な活用方法や支援策、関連ビジネスの可能性などを探るため、共同で実施したもの。調査対象は 39 商工会議所会員の中堅・中小企業 10,000 社で、全業種 1,128 社から回答を得た（回答率 11.3%）。うち、製造業は 846 社、回答率は 8.5%であった。

調査結果によると、回答企業の約 3 割が 3D プリンターの活用に前向きであり、その約 7 割が「試作工程の効率化・納期の短縮」をメリットに挙げている。活用企業の約 6 割が自社で導入している。また、「試作品製造に利用している」とする回答が 8 割を超える。今後は、「最終製品・部品の製造」や「型の製造」に期待を寄せている。

一方、3D プリンターを活用しないとする企業の 3 割近くは、「活用方法が分からない」をその理由に挙げており、相談機能の充実や活用事例紹介の必要性も浮き彫りとなった。

特に、活用状況に関しては、以下のとおりの結果となっている。

### ○活用状況

製造業では、「既に活用している」企業が 7.8%（本格的に活用 29 社＝3.4%/試行的に活用 37 社＝4.4%の合計）。これに「現在活用していないが、今後の活用を検討している」と答えた 219 社（25.9%）をあわせると、約 3 割強（33.7%）の企業が 3D プリンターの活用に前向きとみれる。

### ○活用分野およびメリット

現在活用している分野は、「試作品の製造」（81.1%）がトップで、メリットとしては「試作工程の効率化・納期の短縮」（69.8%）を挙げる企業が最多である。

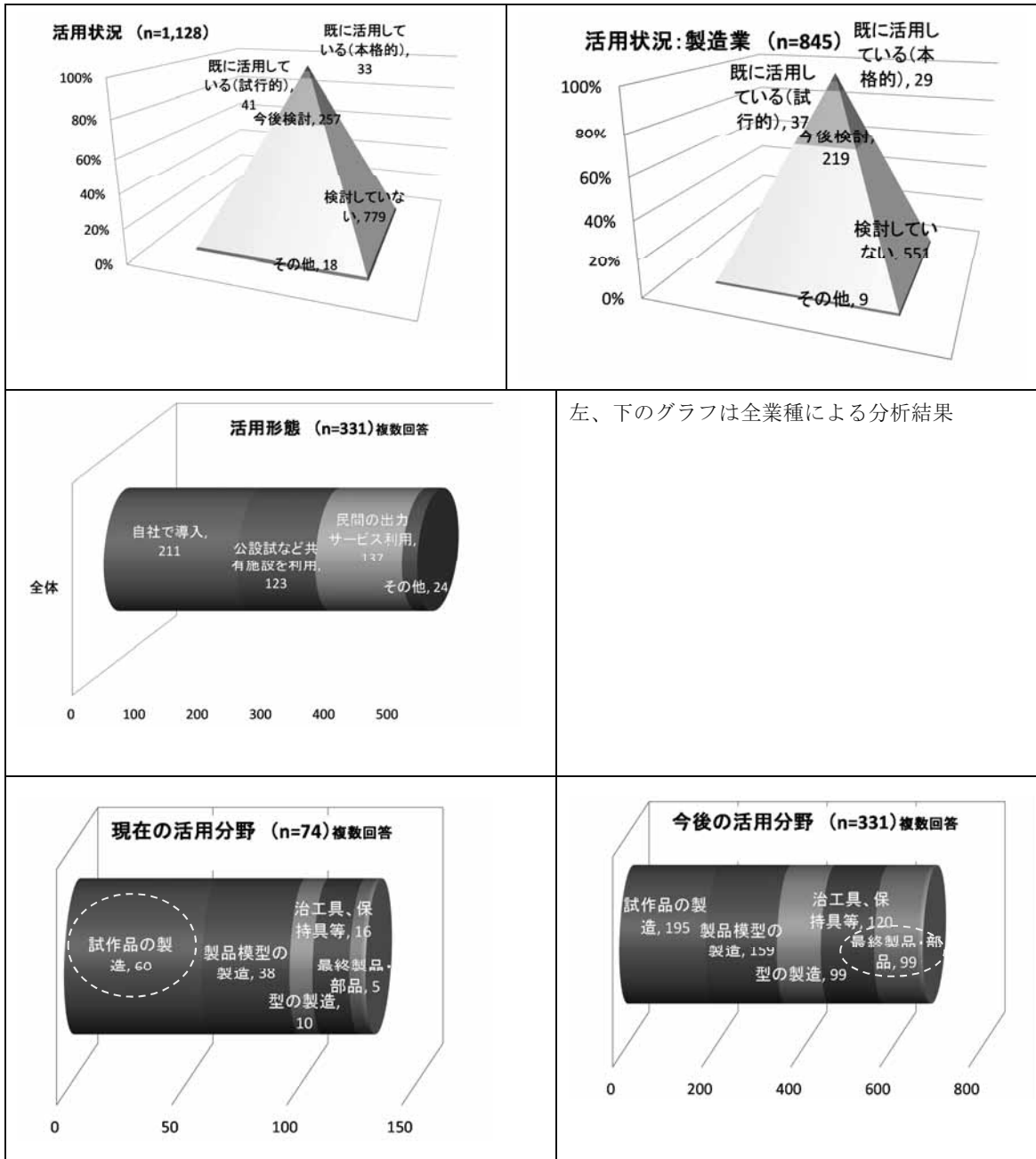
今後については、「最終製品・部品の製造」や「型の製造（金型など）」への活用も各々約 3 割（29.9%）の企業が期待している。

### ○3D プリンター活用の課題および期待される支援策

3D プリンター活用企業や活用検討企業では、「3D プリンターの共用施設の設置・拡充」、「3D プリンター活用に必要な人材教育・育成（3D データ作成研修など）」を期待する声が多い。

一方、3D プリンターを活用しないとする企業では、「相談機能の充実や活用事例の紹介」を求める割合が多く、見定め局面における情報収集に注力しているようである。

図表 1-3-2 大阪商工会議所調査の主要な集計結果



左、下のグラフは全業種による分析結果

出典：大阪商工会議所，平成 25 年度「3D プリンター活用に関する調査」

## 2. 経済産業省製造産業局、平成 25 年度、「新ものづくり研究会 報告書」レビュー

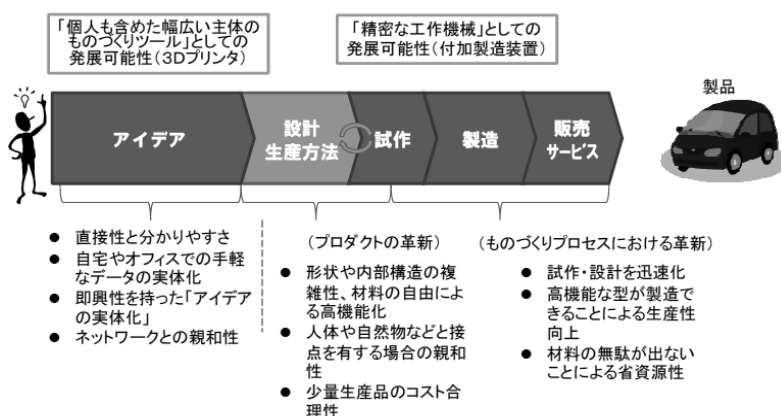
積層造形を「付加製造」として定義づけ、二つの潮流に分類する。1. 精密な工作機械としての発展可能性と、2. 個人を含めた幅広い主体のものづくりツールとしての発展可能性である。

1. 精密な工作機械としての発展として、自動車、航空機、医療分野での試作設計の迅速化、材料開発からなる「プロセス革新」と、形状や内部構造が複雑なものを一気に組み合わせて造形し、人体親和性の高い部品の製造、少量生産への対応など「プロダクト革新」について進展を期待している。

次いで、2. 個人やデザイナーが直接造形することで、創造的なものづくり、新たなビジネスの仕組みが生まれ出ることを期待している。こうした動きが様々な「インディーズ・メーカー」を生み出し、市場参入のきっかけとなることが予測される。こうした二つの動きを多面的に触れながら、参入促進に課題となる資金面、経営面における環境整備が必要であるとしている。

そのために必要な方策として、1. 金属造形機の開発、2. オープンな経営環境の整備やベンチャー支援、3. デザイン・設計に供する人材の育成の3つを提示している。

図表 1-3-3 ものづくりにおける付加製造技術の活用



出典：経済産業省製造産業局（2014），p.18

## 3. 平成 19 年度「滋賀の地域資源を活かした」サービス産業事業化可能性調査事業－IT 活用型試作産業可能性「試作集中購買サービス」に関する調査 レビュー

財団法人滋賀県産業支援プラザが、1. 県内の試作ニーズについて、2. ラピッドプロトタイピング（RP）として調査を実施した。

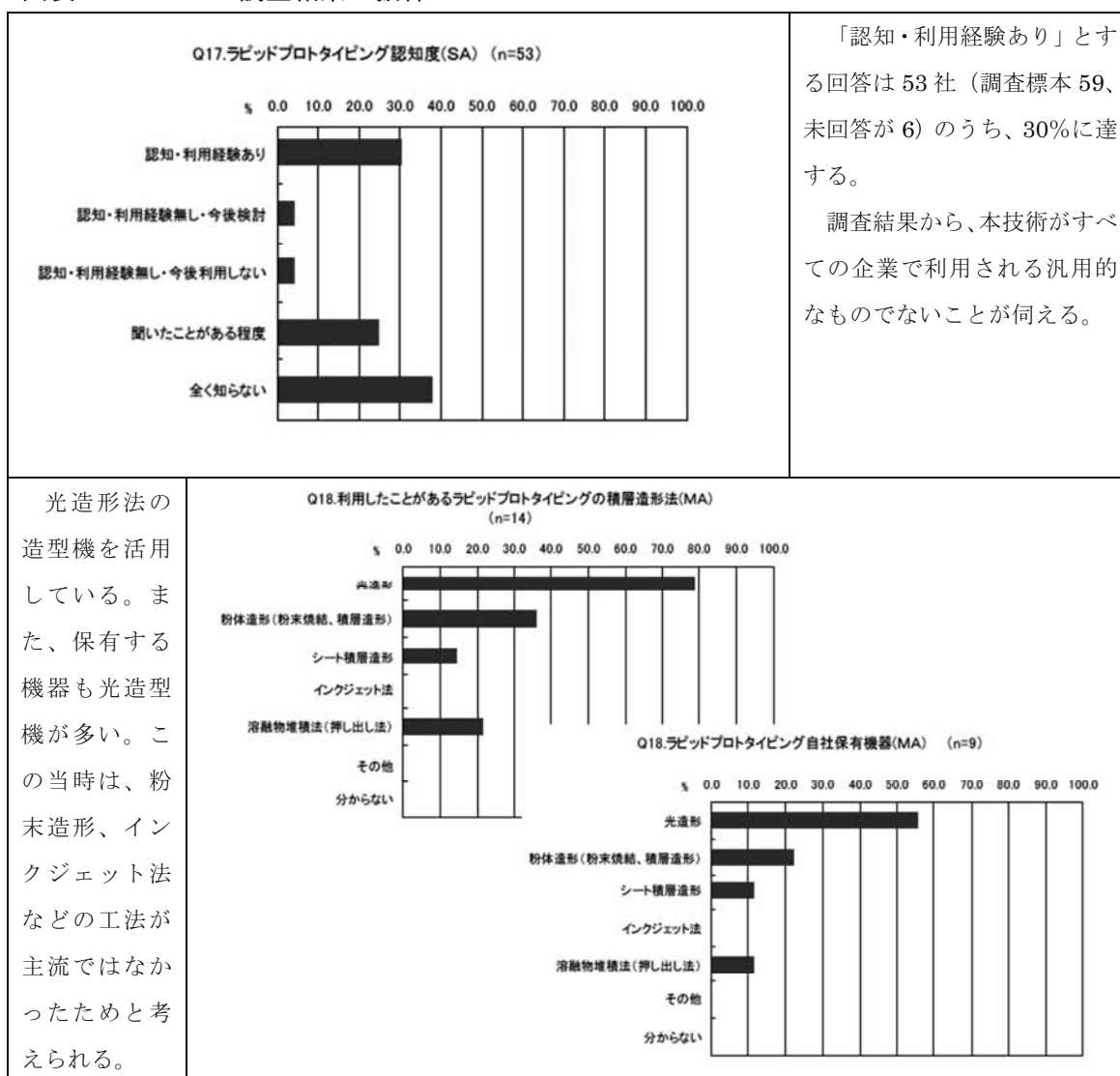
本調査との関連から、ここでは特に 2. RP の利用について採り上げ

である。アンケートによって 59 社からの回答を得て、分析を進めている。

試作の有無については、約 6 割の企業が実施していると回答するなど、試作の重要性がみてとれる。試作外注としては、「射出成形品」が最も多く、続いて「機械加工品」と「ラピッドプロトタイピング」が選択されている。RP が試作をする上で重要な手法であることが伺える。

しかしながら、RP の認知度は低く、一部の企業で活用されるに留まっている様子がみてとれる。次いで、RP の方法だが、「光造形」によるとの回答が群を抜く。同様に保有機器も光造形機を有するようである。今後は RP をさらに積極的に活用したいとする意見が多く、その理由として、「納期が早い」、「便利である」などの利点が挙がる一方、「材質が異なる」などといった不満も挙がっている。

図表 1-3-4 調査結果の抜粋



出典：財団法人滋賀県産業支援プラザ，平成 19 年度「滋賀の地域資源を活かした」サービス産業事業化可能性調査事業，p.45

#### 1-4 まとめ

以上、先行調査をレビューしたが、三次元積層造形技術の活用に関する実態調査については、これまで調査研究本数は少ないといわざるを得ない。特に、中小企業が本技術をいかに活用し、どう事業を展開しているのかについて実態を明確に指し示した調査は見当たらない。

こうしたことから、三次元積層造形技術の活用について、中小企業の活用実態を明らかにする本調査研究の意義は高いと考えられる。本調査研究結果は、本府における施策立案のための基礎資料として、製造企業が本積層造形技術について意思決定をする上での情報として、産業界における実態基礎資料として役立つものと思われる。

## 第2章 三次元積層造形技術とは

本章では三次元積層造形技術の歴史や推移、加えて積層造型機の種類やその用途をまとめることにより、本積層造形技術について俯瞰したい。

### 2-1 歴史

三次元積層造形技術は1980年代に発明され、実用化に向けた機器開発が歩みだした。

この技術の源流は、「立体地図」と「写真彫像」だとされる(図表2-1-1)。従来、等高線を立体図化するには紙などをその形状に作り、ややずらしながら積み重ねて製作した。また、立体像を製造する「写真彫像」は、写真に近似した図を投影することで立体像を製作する方法である。その積み重ねの製作方法をもとに機械的にCADデータから座標軸を合わせて造形させる機器が、三次元積層造形機である。これら二つの方法を発展させて、三次元CADデータから積層造形する工法が考案された。

図表2-1-1 積層造形法の歴史

(立体地図)		(写真彫像)	
Blanther 特許	1890	1860	Willeme 写真彫像
Perera 特許	1937	1902	Basese 特許
Zang 特許	1962	1922	Monteah 特許
Gaskin 特許	1971	1933	Morioka 特許
Matubara 特許	1972	1940	Morioka 特許
DiMatteo 特許	1974	1951	Murz 特許
Nakagawa 積層金型	1979		
		1968	Swainson 特許
		1972	Ciraud 特許
		1979	Houshojder 特許
		1981	Kodama 論文
		1982	Herbert 論文
		1984	Marutani 特許、Masters 特許、 Andre 特許、Hull 特許
		1985	Helisys社設立、Denken社開始
		1986	Pomerantz 特許、Feygin 特許、Deckard 特許、 3D社設立、Light sculpting社開始
		1987	Fudim 特許、Arcella 特許、Cubital社設立、 DIM社設立、Dupot Somos社開始
		1988	1号機士荷(3D社)、CMET社設立、Stratasys社設立
		1989	Crump 特許、Helinski 特許、Marcus 特許、 Sachs 特許、EOS社設置、BMP社設置
		1990	Levent 特許、Quadrox社設置、DMEC社設置

出典：丸谷、早野、今中(2002), p.8

その基本的な技術を考案し、1980年に紫外線で硬化する樹脂で、その工法を特許出願したのが、小玉秀男氏である。しかしながら、小玉氏は特許出願したものの、審査請求しな

かった<sup>3</sup>。その後、3M社のAlan J.Herbertが米国で光造形の論文を発表したが、二人の内容は組織ではあまり評価されていなかったと伝えられている<sup>4</sup>。

その後、1984年に大阪府立産業技術総合研究所（現、地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所）の研究員であった丸谷洋二氏が紫外線硬化樹脂を使用し、レーザー光による硬化技術の装置を発案し、特許申請に至った<sup>5</sup>。その後、特許権者である大阪府は審査請求を行い、特許権利化した。ここに、「光造形法」という言葉が誕生した。

その後、他の工法についてはアメリカ、ドイツなどの国の研究者や民間企業の技術者が特許を発案し、権利化した。

## 2-2 三次元積層造形技術の推移

かつて1980年代後半から1990年代に、造形機メーカーが乱立し、国内だけで約10社が機器等を販売していた<sup>6</sup>。しかし、日本国内において機器の販売台数など普及数を表すデータは少ない。図表2-2-1のように、2000年当初において、RP産業協会（RPとは、Rapid Prototypingの略）が独自調査していたが、2007年には集計を取りやめた。このデータは、自己申告制によるもので、正確性に欠ける部分を有することに注意を要する<sup>7</sup>。図表に企業名が載っているが、現在市場から撤退した企業も多くみられる。

その後、バブル経済崩壊とともに三次元積層造形機のマーケット規模は大きく縮小したが、試作開発に対するニーズは今なお高く、導入企業は、開発期間の短縮やコスト削減のために、機器をリプレイスし、継続的に稼働させてきたようである。

---

<sup>3</sup> 特願昭55-48210, 1980(昭55)年4月12日「立体図形作成装置」, 原文確認。

<sup>4</sup> 丸谷、早野(2014), pp.10-11

<sup>5</sup> 特願昭59-105355, 1984(昭59)年5月23日「光学的造形法」, 原文確認。

<sup>6</sup> 3Dシステムズ(エポキシアクリルレート)、シーメット(エキポシ)、ソニー・ディーメック(ウレタンアクリルレート)、三井造船(アクリル)、帝人製機(ウレタンアクリルレート)、EOS(ウレタンアクリルレート)、デンケンエンジニアリング(エステルアクリルレート)、ウシオ電機(エステルアクリルレート)、メイコー(アクリル) : 企業名(材料)

出典:「大阪産業大学市民講座」平成11年度 丸谷洋二教授 光造形法の歩み

<sup>7</sup> 丸谷、早野(2014), p.211でのコメントによる。

図表 2-2-1 2000 年当初の日本での三次元積層造形機の販売台数

		1998年	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	合計
液槽光重合	CMET	37	36	37	24	31	30	29	30	30	284
	3Dsystems	18	10	15	19	22	25	15	6	6	136
	DMEC	23	21	22	28	25	22	25	24	15	205
	デンケン	17	9	11	10	14	24	6	13	11	115
	メイコー	7	16	21	20	14	21	11	8	7	125
	ユニラビッド	4	4	6	7	7	7	10	7	2	54
	アウストラード	16	37	36	26	29	29	31	25	20	249
	中部日本工業	-	-	-	-	-	1	5	15	2	23
計	122	133	148	134	142	159	132	128	93	1,191	
シート積層	杉井精工	11	5	11	5	3	3	0	0	0	38
	キラ	18	24	23	13	16	16	12	15	17	154
	グラフィテック	-	-	-	-	-	-	35	50	20	105
	計	29	29	34	18	19	19	47	65	37	297
	Zcorporation	-	21	25	25	25	35	55	70	110	366
	ExOne	-	-	-	-	2	1	4	0	0	7
計	0	21	25	25	27	36	59	70	110	373	
材料押出	Stratasys	27	26	31	25	44	68	82	114	180	597
	計	27	26	31	25	44	68	82	114	180	597
材料噴射	Solidscape	4	4	7	10	12	15	15	20	30	117
	Objet	-	-	-	-	-	10	15	32	43	100
	3Dsystems	8	4	12	12	5	4	10	8	10	73
	計	12	8	19	22	17	29	40	60	83	290
溶粉末床結合	3Dsystems	5	8	10	8	7	7	7	7	10	69
	EOS	9	7	5	8	10	9	10	13	15	86
	松浦機械製作所	-	-	-	-	-	3	4	5	5	17
	アスペクト	-	-	-	-	-	-	-	1	6	7
	計	14	15	15	16	17	19	21	26	36	179

出典：丸谷、早野（2014），p.210，一部改



### 2-3 機器の分類

三次元積層造形技術の方式を規定したものとして、ASTM インターナショナル (ASTM International)が策定した工業規格がある。この規格は三次元積層造形技術の工法を7つに区分している。ASTM は、かつて米国材料試験協会 (American Society for Testing and Materials)と呼ばれ、世界最大・民間・非営利の国際標準化・規格設定機関である。本調査ではこの7つの規定に複合装置を1工法として加えた8つで考察していくことにする。

図表 2-3-1 三次元積層造形の8つの技術アプローチ

1	液槽光重合法	: Vat Photopolymerization
2	シート積層法	: Sheet Lamination
3	結合剤噴射法	: Binder Jetting
4	材料押出法	: Material Extrusion
5	材料噴射法	: Material Jetting
6	粉末床溶融結合法	: Powder Bed Fusion
7	指向エネルギー堆積法	: Directed Energy Deposition
8	複合装置 (6と切削加工の複合など)	

出典：ASTM の定義、「8 複合装置」は本調査において追加したもの

上記8つの工法の代表的な機器を一覧で示し、それぞれの工法の特徴について比較する。

図表 2-3-2 工法の比較

工法の名称	工法説明	特徴と用途
1 液槽光重合法	紫外線硬化樹脂を水槽に貯め、上部から紫外線を照射し、部分的に重合（固化）し造形する 通称：光造形法	・ 詳細なモデリングが可能
2 シート積層法	紙などをデータに基づきカッターで切り、積層させ造形する	・ フルカラー対応 ・ 材料が紙のため廃棄物のリサイクルに優れる
3 結合剤噴射法	石膏などの粉末を結合剤によって接着し、造形する	・ フルカラー対応
4 材料押出法	樹脂を細いノズルから押出し、一筆書きのように造形する 通称：インクジェット法	・ 構造が簡易で低価格の展開あり ・ 汎用 ABS などが使用できる
5 材料噴射法	樹脂等をノズルから噴射し、紫外線等で硬化させ造形する 通称：FDM <sup>8</sup> （fused deposition modeling）	・ 解像度が高い
6 粉末床溶融結合法	粉末樹脂や金属等を平面に敷き詰め、レーザー等によって部分的に焼き固める	・ 現在の金属造形のメインストリーム
7 指向エネルギー堆積法	熱エネルギーを集中し、主として金属粉末を溶かし付けることで造形する、「溶射」	・ 船舶の機関部品等の補修技術 ・ 1～6の技術と異なり、平面以外にも造形可能
8 複合装置	他の方法と切削加工などを組み合わせた加工機	・ 「6」＋切削加工、「7」＋切削加工の装置が開発販売されている

出典：各種資料から作成

次に、各工法の主要な三次元積層造形の装置とその仕様について、比較検討のために例示する。

<sup>8</sup> FDM は Stratasys 社の工法であるが、一般化した。

図表 2-3-3 工法ごとの代表的な装置比較 1

	1 液槽光重合法	2 シート積層法	3 結合剤噴射法	4 材料押出法
「メーカー」 型番	「シーメット」 ATOMm-4000	「Mcor Technologies」 IRIS	「3Dsystems」 Projet460plus	「Stratasys」 FORTUS360mc
最小 積層厚 (μm)	25	100	100	127~330
最大造形寸法 (W×D×H) (mm)	400×400×300	256×169×150 A4 判使用時	203×254×203	355×254×254
モデル 材料	TSR シリーズ エキポシベース樹 脂	A4 普通紙、レター 用紙	粉末材料とパイン ダ (石膏等)	ABS-M30、PC、 PC-ABS 樹脂
サポート材料	同上	未接着の紙	未硬化の粉末	アルカリ水溶性樹 脂、同上
装置価格帯 (概算額)	2,000 万円	667 万円	598 万円	1,400 万円
企業 URL	<a href="http://www.cmet.co.jp">http://www.cmet.co.jp</a>	<a href="http://www.jbm.co.jp/mcor">http://www.jbm.co.jp/mcor</a>	<a href="http://www.3dsystems.co.jp">http://www.3dsystems.co.jp</a>	<a href="http://www.stratasys.co.jp">http://www.stratasys.co.jp</a>
用途	クリア樹脂で造形物の評価、自動車のライトカバーの評価など。	積層と同時に 100 万色以上のフルカラー着色、地図や遺跡発掘品の造形など。	粉末に着色し造形、上位機種は最大 600 万色以上のフルカラー、用途は左に近い。	最終製品に使用できる樹脂にて造形可能。自動車のパーツなど。

\*各工法における代表的な装置を選定して記載しているもので、全てを網羅していない

出典：日経 BP 社 (2013) 『3D プリンタ総覧』, pp.158-177

図表 2-3-4 工法ごとの代表的な装置比較 2

	5 材料噴射法	6 粉末床溶融結合 法	7 指向エネルギー 堆積法	8 複合装置
「メーカー」 型番	「キーエンス」 Agilista-3100	「EOS」 EOSINT M	「Optmec」 LENS MR-7	「松浦機械製作所」 LUMEX Avance-25
最小 積層厚 (μm)	15	20~60	25 程度	50
最大造形寸法 (W × D × H) (mm)	297×210×200	250×250×325	300×300×300	250×250
モデル 材料	AR-M2 アクリル系樹脂	EOS : マルエージ ング鋼、ステンレ ス、コバルトクロ ムモリブデン、チ タニウム合金、ニ ッケル合金、アル ミ合金	チタン、ステンレ ス、スチール、イ ンコネルなど	鉄系、マルエージ ング鋼、純チタン、チ タン合金、ステンレ スなど
サポート材料	AR-S1 水溶性樹脂	未硬化の粉末	—	未硬化の粉末
装置価格帯 (およそ)	500 万円	1 億円	—	1 億円
企業 URL	<a href="http://www.agilista.jp">http://www.agilista.jp</a>	<a href="http://www.nttd-es.co.jp">http://www.nttd-es.co.jp</a>	<a href="http://www.optomec.com">http://www.optomec.com</a>	<a href="http://www.matsuurac.co.jp">http://www.matsuurac.co.jp</a>
	水溶性サポートの 処理が容易で、造 形後の作業が軽減 されている。	金属の造形機では 実績豊富。府立産 技研が保有。	溶射による積層造 形機として、特長 的である。	6 粉末床溶融結合法 と切削加工の複合 機。複雑な金型が製 作できる。

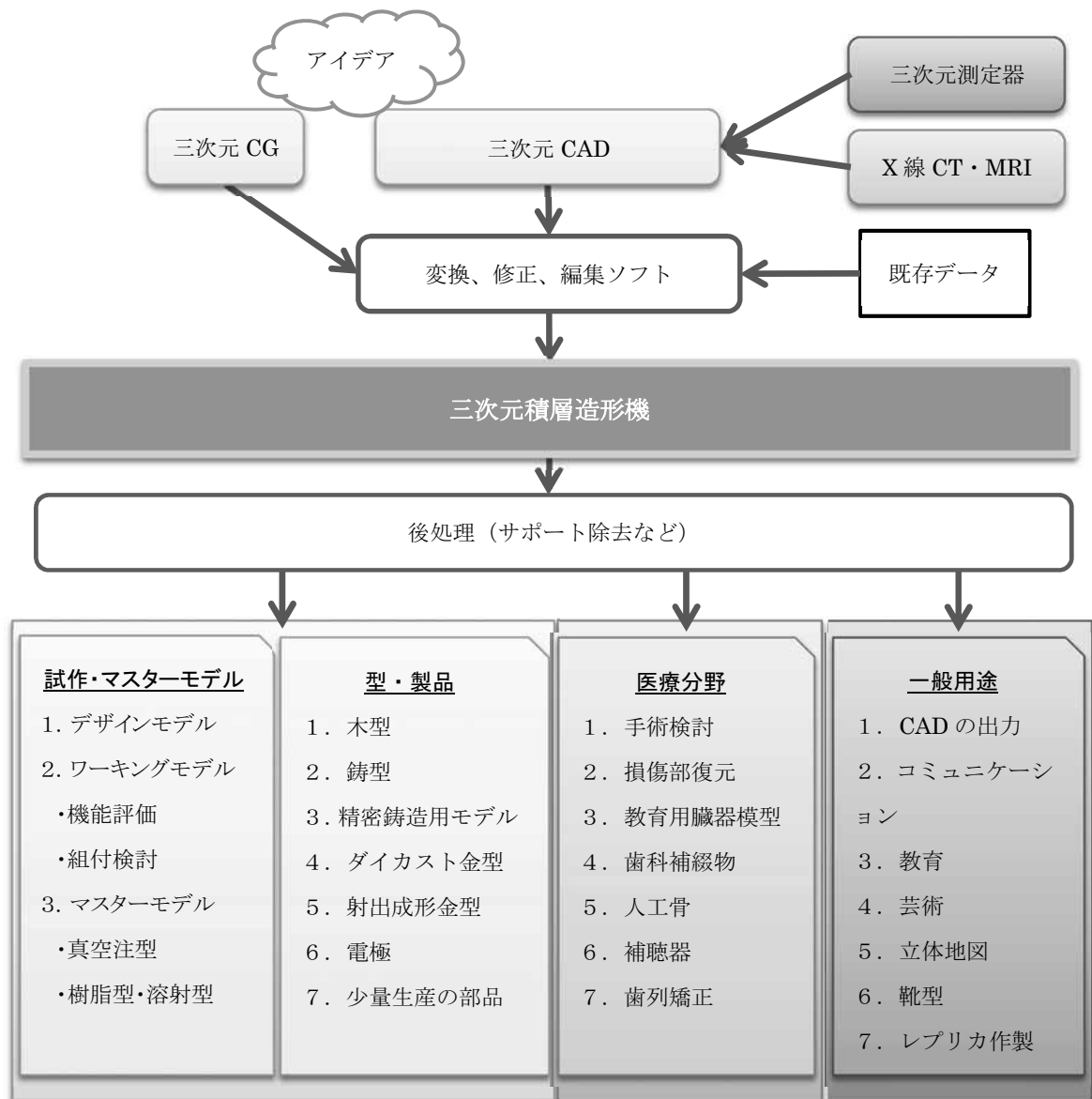
\*各工法における代表的な装置を選定して記載しているもので、全てを網羅していない

出典：日経 BP 社 (2013) 『3D プリンタ総覧』, pp.158-177

## 2-4 三次元積層造形の流れとモデル制作の用途

三次元積層造形を行うには、三次元 CAD のデータが必須である。そのデータ作成には、3つのアプローチがある。1.三次元 CAD を使用してモデルデータを一から作成する方法、2.三次元測定器（スキャナー）によって、造形物のデータを入手し、それを元にして三次元 CAD データを作成する方法、3.医療用、実験用などで使用する X 線 CT、MRI の断面データから CAD データを作成する方法である。近年、これ以外に、三次元 CG（グラフィック

図表 2-4-1 三次元積層造形の流れと用途



出典：丸谷、早野（2014），p.189 および 経済産業省製造産業局（2014），p.57 を参考に作成

ソフト) から変換修正編集ソフトを経て、造形する方法がソフト開発で実現したことから、三次元 CAD がなくても、CG ソフトでも造形可能となった。これで、CG モデラーなど CAD を扱っていないデザイナーなども造形を手掛けることができる。

こうして三次元 CAD データや三次元 CG データは、そのデータを三角形の集合体として変換する STL 形式のデータに変換、また埋まっていない面を本来の形に修正、編集するソフトに送り、造形データを完成させる。そうした「変換、修正、編集ソフト」は、Materialise 社 (ベルギー)<sup>9</sup>の「Magics」が多くの現場で採用されている。その他に、造形機に付属したソフトにおいても変換、修正、編集が可能となる。

こうして、様々な加工を経て作成されたデータは、三次元積層造形機に転送されて造形が行われる。造形についても様々なノウハウがあり、造形データと樹脂や金属材料の造形性などの適合度合いによって造形に不具合が生じる場合もあり、造形データの修正のための再検討・再造形を行うこともありうる。ここでは、設計、造形についての相当のノウハウが必要である。決して簡単に造形できるものではない。

また、造形物をそのまま利用するには困難な場合が多い。なぜなら、造形方法によっては積層が困難な部分が生じ、造形物とは別にその部分にはサポートが必要となる。さらに、そうしたサポートに要した材料を除去する作業が必要となる。除去が容易な水溶性の樹脂だけでなく、溶剤塗布やオープンによる過熱で溶かす場合、またはペンチなどでむしり取る場合など使用されるサポート材の材質によって困難さが異なる。こうした造形後の後工程を考慮しておく必要がある。

こうした造形物の用途は、大きく 4 つに分類される (図表 2-4-1)。まず、「1. 試作・マスターモデル」での利用である。デザインを確認する場合、機能評価をする場合、真空注型や樹脂型のマスターモデルとして利用する場合が想定される。次に、「2. 型・製品」としての利用である。木型や鋳型、精密鋳造用モデル、ダイカスト金型、射出成形金型などである。また、最終製品・部品として、少量生産のものが想定される。

また、「3. 医療分野」での利用として、手術前の検討モデル、損傷部復元方法、教育用臓器模型として実績があがっている。また、歯科分野では古くから取り組まれており、義歯などがロストワックス法によって製造されている。また、近年人の身体にフィッティングさせた人工骨、補聴器などでの採用例が増えてきた。

最後に、「4. 一般用途」として、CAD の出力確認用として、また、製品開発の意思決定段階でのコミュニケーションモデルとして、教育、芸術、レプリカ作製などの分野でも幅広く実績がみられる。

---

<sup>9</sup> <http://www.materialise.co.jp/>

### 第3章 アンケート回答企業のプロフィール

#### 3-1 調査概要と回収率等

2014年10月から大阪府内に本社を有する各業種の製造業2,000社にアンケート調査を実施した。アンケート発送数は2,000通、回答企業数は242、回答率12.1%であった。

図表3-1-1 アンケート調査の概要

調査期間	平成26(2014)年10月20日から10月31日
調査手法	アンケートによる郵送自記式
調査標本	経済センサス調査-平成25年次フレーム ランダムサンプリング
配布数、回答数、率	2,000通、242通、12.1%

業種別で最も回答率が高かったのは、「業務用機械器具」である。一方、「鋳型」、「情報通信機械器具」からの回答はなかった。

図表3-1-2 送付数と回収数・回収率

	送付数 (A)	送付率 (%)	回答数 (B)	回答率 (%)	業種別回答率 (B/A × 100)(%)
家具・装備品	88	4.4	6	2.5	6.8
印刷・同関連	244	12.2	22	9.1	9.0
プラスチック製品	200	10.0	35	14.5	17.5
鋳型(中子を含む)	3	0.2	0	0.0	0.0
鉄素形材	15	0.8	2	0.8	13.3
非鉄金属素形材	18	0.9	1	0.4	5.6
金属製品	568	28.4	77	31.8	13.6
はん用機械器具	145	7.3	2	0.8	1.4
生産用機械器具	290	14.5	22	9.1	7.6
業務用機械器具	41	2.1	10	4.1	24.4
電子部品・デバイス・電子回路	32	1.6	3	1.2	9.4
電気機械器具	125	6.3	14	5.8	11.2
情報通信機械器具	11	0.6	0	0.0	0.0
輸送用機械器具	67	3.4	11	4.5	16.4
その他	153	7.7	35	14.5	22.9
無回答	—	—	2	0.8	—
計	2,000	100.0	242	100.0	—

出典：本調査 【1】問1

### 3-2 企業概要項目

#### 3-2-1 業種

回答企業の中で回答数の最も多かった業種は、「金属製品」で回答全体の31.8%を占める。次に、「プラスチック製品」14.5%、「印刷・同関連」と「生産用機械器具」が9.1%と続いた。

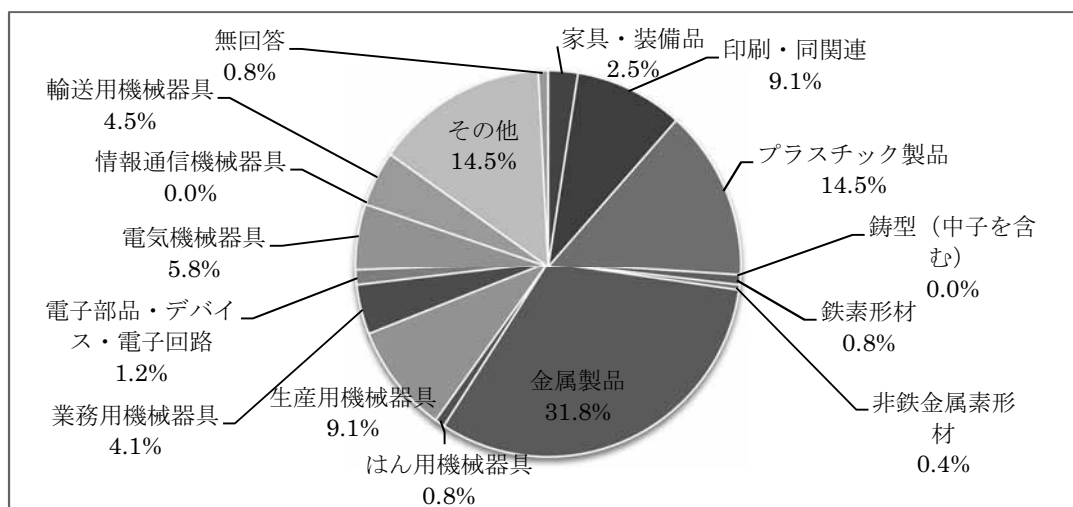
図表3-2-1-1 回答業種構成内訳

	度数	%
家具・装備品	6	2.5
印刷・同関連	22	9.1
プラスチック製品	35	14.5
鋳型(中子を含む)	0	0.0
鉄素形材	2	0.8
非鉄金属素形材	1	0.4
金属製品	77	31.8
はん用機械器具	2	0.8
生産用機械器具	22	9.1
業務用機械器具	10	4.1
電子部品・デバイス・電子回路	3	1.2
電気機械器具	14	5.8
情報通信機械器具	0	0.0
輸送用機械器具	11	4.5
その他	35	14.5
無回答	2	0.8
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1



図表 3-2-1-2 回答業種内訳グラフ



出典：本調査 【1】問1

### 3-2-2 創業時期

回答企業の創業時期は、1960年代と1970年代が最も多く、ともに15.3%、次いで1980年代14.0%、1950年代11.6%の順となっている。このように1900年代後半に創業した企業が多く、全体の66.5%を占める。

図表 3-2-2-1 創業時期回答内訳

	度数	%
1909年以前	6	2.5
1910年代	4	1.7
1920年代	8	3.3
1930年代	7	2.9
1940年代	25	10.3
1950年代	28	11.6
1960年代	37	15.3
1970年代	37	15.3
1980年代	34	14.0
1990年代	25	10.3
2000年代	14	5.8
2010年代	4	1.7
無回答	13	5.4
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

### 3-2-3 年間売上高

自由回答をもとに、独自の設定で区分割を行った。その結果、「1億円以上3億円未満」の категорияが最も多かった。

さらに、別の区分では「1億円未満」23.1%、「1億円以上3億円未満」26.4%、「3億円以上10億円未満」27.7%、「10億円以上」18.6%となり、中小企業性が高いことがわかる。

図表3-2-3-1 年間売上高（直近期）（区分割1）

	度数	%
3000万円未満	13	5.4
3000万円以上5000万円未満	10	4.1
5000万円以上1億円未満	33	13.6
1億円以上3億円未満	64	26.4
3億円以上5億円未満	29	12.0
5億円以上10億円未満	38	15.7
10億円以上30億円未満	27	11.2
30億円以上100億円未満	6	2.5
100億円以上	12	5.0
無回答	10	4.1
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

図表3-2-3-2 年間売上高（直近期）（区分割2）

	度数	%
1億円未満	56	23.1
1億円以上3億円未満	64	26.4
3億円以上10億円未満	67	27.7
10億円以上	45	18.6
無回答	10	4.1
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

### 3-2-4 従業員数

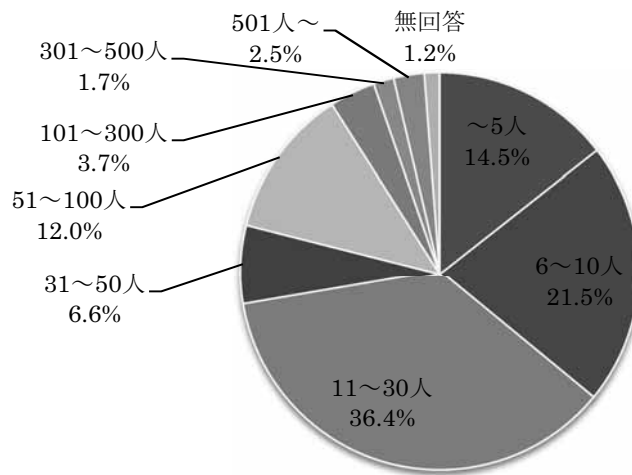
5人以下の「零細事業者」が14.5%、30人以下の企業が72.4%と過半数を占めた。最も多いボリュームゾーンは11～30人で88社、36.4%であった。

図表3-2-4-1 従業員数回答内訳

	度数	%
～5人	35	14.5
6～10人	52	21.5
11～30人	88	36.4
31～50人	16	6.6
51～100人	29	12.0
101～300人	9	3.7
301～500人	4	1.7
501人～	6	2.5
無回答	3	1.2
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

図表3-2-4-2 従業員数回答内訳グラフ



出典：本調査 【1】問1

### 3-2-5 資本金額

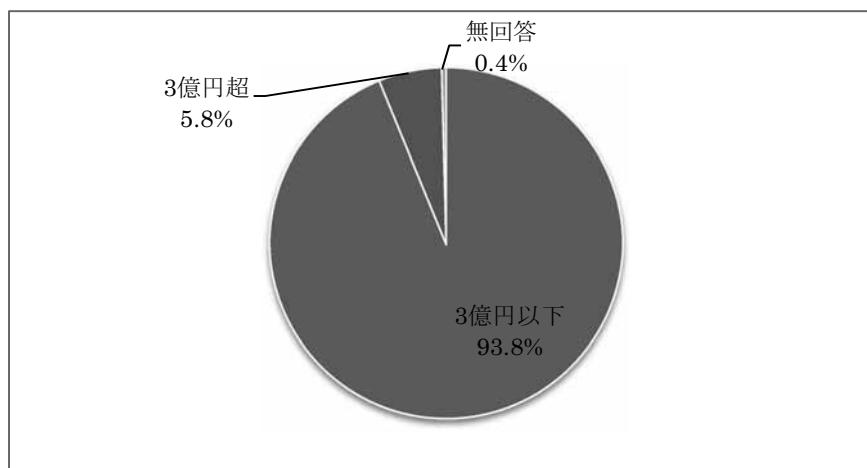
資本金額で中小企業に当たる3億円以下の企業が、93.8%を占める。

図表3-2-5-1 資本金額回答内訳

	度数	%
3億円以下	227	93.8
3億円超	14	5.8
無回答	1	0.4
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

図表3-2-5-2 資本金額回答グラフ



出典：本調査 【1】問1

### 3-2-6 本調査の回答企業に占める中小企業比率

製造業では、従業員数が300人以下、又は資本金額が3億円以下であれば中小企業である。したがって、この区分で分類すれば、従業員数基準では229社、資本金額基準では227社であることから、本調査における中小企業は229社となる。したがって、本調査における回答総企業数242社のうち、中小企業比率は94.6%であった。

全国の中小企業比率は99.7%、大阪府は99.6%である（いずれも、平成24年『経済センサス』、大阪産業経済リサーチセンター（2014）『なにわの経済データ』、p.21）ことから、本調査における回答企業の属性は全国の中小企業比率よりも低い、つまりやや規模の大きな企業の回答者の比率が多いといえる。

### 3-2-7 最近3年の売上高推移

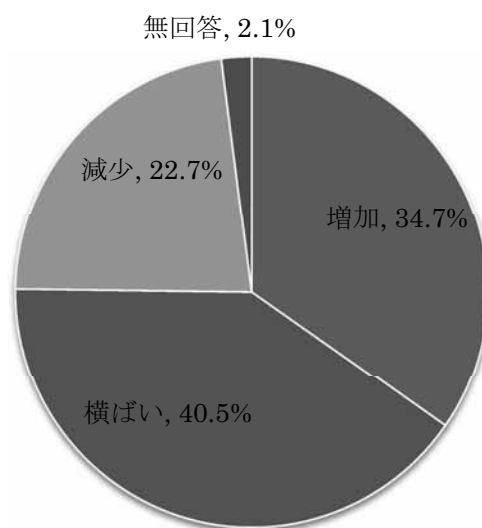
売上高の推移は「横ばい」とする企業が最も多く、40.5%を占める。ただ、「増加」とする企業も34.7%と多い。

図表3-2-7-1 最近3年の売上高推移

	度数	%
増加	84	34.7
横ばい	98	40.5
減少	55	22.7
無回答	5	2.1
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

図表3-2-7-2 最近3年の売上高推移グラフ



出典：本調査 【1】問1

### 3-2-8 直近期の経常利益

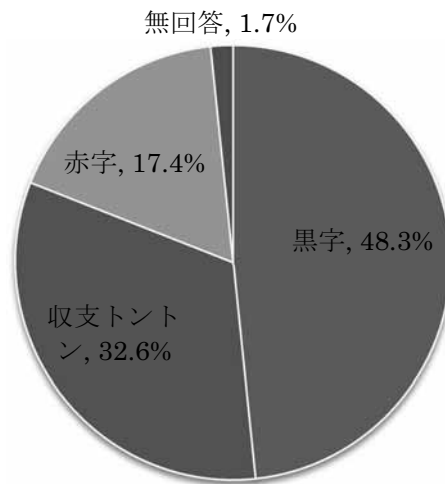
直近期の経常利益は、「黒字」とする企業が全体の 48.3%と高く、「収支トントン」の企業が続いている。上の最近 3 年の売上高推移の結果とあわせて考えると、本回答企業群は比較的業績の良い企業が多く、そうしたバイアスを含むことに注意を要する。

図表 3-2-8-1 直近期の経常利益

	度数	%
黒字	117	48.3
収支トントン	79	32.6
赤字	42	17.4
無回答	4	1.7
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

図表 3-2-8-2 直近期の経常利益グラフ



出典：本調査 【1】問1

### 3-2-9 主な設備投資

直近期における主な設備投資について、「機械受注統計調査報告：機種分類に基づく」によって、設備等を分類して分析した。

図表3-2-9-1 主な設備投資内容と金額（直近期）、  
大分類（機械受注統計調査報告：機種分類に基づく）

	度数	%
産業機械	58	24.0
工作機械	24	9.9
設備	17	7.0
電子通信機械	9	3.7
金属加工機械	4	1.7
工作機械、産業機械	3	1.2
鉄構物	1	0.4
投資なし	126	52.1
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問1

その結果、「産業機械」が最も多く、次いで、「工作機械」、「設備」、「電子通信機械」の順になった。

### 3-2-10 加工種別

加工種別について、複数回答にて回答を求めたところ、除去加工の「切削」との回答が圧倒的に多かった。

問3-2-10-1 加工種別（複数回答）

除去加工	度数	%
切削	107	66.5
放電	18	11.2
砥粒	15	9.3
電解	4	2.5
ビーム	4	2.5
エッチング	3	1.9
その他	10	6.2

回答者数：161

付加加工	度数	%
溶接	81	47.1
接着	26	15.1
めっき	21	12.2
コーティング	20	11.6
積層造形	6	3.5
溶射	3	1.7
その他	15	8.7

回答者数：172

変形加工	度数	%
金属プレス	53	37.9
射出成形	25	17.9
絞り	14	10.0
鍛造	9	6.4
押出し	8	5.7
鋳造	7	5.0
粉末成形	5	3.6
圧延	1	0.7
伸線	1	0.7
その他	17	12.1

回答者数：140

その他	度数	%
印刷関連	28	44.4
その他	35	55.6

回答者数：63

出典：本調査 【1】問2



図表 3-10-2 加工種別 (クロス集計)

	度数	%
除去加工のみを行っている	31	12.8
付加加工のみ "	16	6.6
変形加工のみ "	25	10.3
印刷のみ "	20	8.3
いずれか複数の加工を行っている	138	57.0
無回答	12	5.0

出典：本調査 【1】問2

除去加工においては、「切削」、「放電」、「砥粒」が上位となった。また、変形加工については、「金属プレス」、「射出成形」、「絞り」など大阪地域のものづくりの特徴を示す回答が得られた。

さらに、これらをクロス集計した結果が、図表 3-10-2 である。これによれば、除去加工、付加加工、変形加工など「いずれか複数の加工を行っている」企業が圧倒的に多く、次いで、「除去加工のみ」、「変形加工のみ」と続く。これは、かつて単加工だけを行う特化型の企業が主流であったが時代とともに、工作機械の進展（マシニング・センタの普及）で企業の行う加工分野が広がったこと、複数の工程を受注することで付加価値を作り出し競争力を高めてきたことなどが要因であると考えられる。

### 3-2-11 製造・加工品の特徴

売上高が最も多い製造・加工品としては、「最終製品」とする企業が最も多く、次いで「加工のみ」が続く。「部品」と答えた企業も一定数みられる。

図表 3-2-11-1 製造・加工品の特徴 (売上高が最も多いもの)

	度数	%
最終製品	85	35.1
加工のみ	69	28.5
部品	62	25.6
消費財	11	4.5
無回答	15	6.2
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問3

### 3-2-12 1ロット当たりの生産個数

「十個未満」が最も多く、次いで、「千個以上1万個未満」、「百個以上千個未満」、「十個以上百個未満」の順となった。選択肢の中で最も大きい「1万個以上」が最も少なかった。

図表3-2-12-1 1ロット当たりの生産個数

	度数	%
1万個以上	22	9.1
千個以上1万個未満	45	18.6
百個以上千個未満	37	15.3
十個以上百個未満	36	14.9
十個未満	68	28.1
無回答	34	14.0
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問3

### 3-2-13 加工・組立精度

加工・組立精度は「0.01mm」程度とする企業が最も多く、次いで、「0.1mm」が続く。「0.01mm」、つまり10 $\mu$ （ミクロン）程度の精度で加工を行うケースが多いようである。

図表3-2-13-1 加工・組立精度

	度数	%
0.001mm	16	6.6
0.01mm	66	27.3
0.1mm	62	25.6
1mm オーダー	30	12.4
関係しない	42	17.4
無回答	26	10.7
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問3

### 3-2-14 受注から納品までの日数

「2～3週間」が最も多く、1ヶ月程度がそれに続く。

図表3-2-14-1 受注から納品までの日数

	度数	%
2ヶ月以上	29	12.0
1ヶ月程度	53	21.9
2～3週間	57	23.6
5日～7日	31	12.8
3～4日	26	10.7
2日	12	5.0
当日	5	2.1
無回答	29	12.0
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問3

### 3-2-15 試作品の有無

次に、試作加工を行っているかどうか、回答を求めた。

図表3-2-15-1 試作品の有無

	度数	%
あり	165	68.2
なし	67	27.7
無回答	10	4.1
計	242	100.0

出典：本調査 【1】問3

その結果、「あり」と答えた企業が約7割にも及んだ。こうしたことから、多くの企業はなんらかの試作品を製作している。今回は、内製によるのか、外注によるのかは質問していないが、試作品製作は製造業にとっては、必須の工程ともいえよう。

次に、その目的について回答を求めた。

図表 3-2-15-1 試作品の目的

	度数	%
受注のため	75	45.5
機能確認のため	52	31.5
量産のため	31	18.8
その他	5	3.0
無回答	2	1.2
計	165	100.0

出典：本調査 【1】問3

目的として、回答が多かったのは、「受注のため」であり、約半数を占める。試作することによって、スタート時の受注を取り込むことができれば、その後も引き続き受注できる期待が高まる。

次に、「機能確認のため」との回答も多く、試作によって機能確認などを行う状況がうかがえる。素早い試作、RPをこなすためのもので、開発には欠かせないものである。

次いで、「量産のため」となった。射出成形業の企業などが量産受注を取るために、試作品を製作し、発注者側の意思決定の補完や、安全で確実な発注を支援するものである。

### 3-3 まとめ

以上、アンケートへの回答企業群の属性を分析した結果をまとめると、以下のとおりである。

- ・ 中小企業比率は、94.6%
- ・ 比較的業績の好調な企業が多い
- ・ 金属製品、プラスチック製品関連の企業が多い
- ・ 製品等を有する企業も多数見られる
- ・ 直近期に投資した設備としては産業機械、工作機械などが多い
- ・ 除去加工では「切削」、「放電」、「砥粒」、付加加工では「溶接」、「接着」、変形加工では「金属プレス」、「射出成形」、「絞り」を行う企業が多い
- ・ 単加工の企業もみられるが、複数加工を行っている企業が多い
- ・ 加工精度は、10 ミクロンクラスが多い
- ・ ロットサイズは、10 個、100 個、100 個などが多く、1 万個以上はやや少ない
- ・ 受注から納品までの日数は、2 週間から 1 ヶ月程度が多い
- ・ 試作品を製作する企業が過半数を占める。それは受注、量産、機能確認のためである

## 第4章 三次元 CAD の活用について

本章では、ものづくりに不可欠となりつつある三次元 CAD の活用状況とその設計データによる三次元積層造形への取組について、考察したい。

### 4-1 三次元 CAD の発展と三次元積層造形技術との歴史的概観

製造プロセスのデジタル化は、1950 年代にアメリカの航空機産業における工作機械の NC (numerical control : 数値制御) 化<sup>10</sup>から始まった。こうした NC 化をもつてものづくりの効率化を図ったこの時代の変革を、コンピュータが小型化、チップ化した形容を捉えて「マイクロ・エンジニアリング革命 (ME 化)」と呼ぶ。

日本では、1970 年代に NC 化技術が輸入され、国内では急速にマイクロ・エンジニアリング革命が進展した。

ものづくりの前工程となる設計部分におけるデジタル化が進みだした契機となったのは、1990 年代の CAD (Computer Aided Design)/CAM (Computer Aided Manufacturing)/CAE (Computer Aided Engineering) などの活用による「デジタル・エンジニアリング革命」である。設計を担う部分については、まず従来のペンとドラフターによる設計から、コンピュータによる二次元 CAD が活用された。これによって、設計、製図工程において大幅な効率化がもたらされた。

日本において、二次元 CAD は急速に活用されるようになった。竹田、青島、延岡によって 2004 年に実施された大企業中心のサンプル調査(「三次元 CAD の普及と製品開発プロセスに及ぼす影響」) から CAD の普及状況がみてとれる。これによれば、図表 4-1-2 のように、1982 年に始まった二次元 CAD の普及は 1994 年まで急激に進み、普及率は 80% に届くまでとなった。わずか 10 年で普及率が約 8 割に達したのである。その後、1998 年には普及率が 90% となり、その後は飽和状態となっている。これ以上増加しないのは二次元 CAD が不要な業種や、最初に三次元 CAD を導入した企業があるからと考えられる。

---

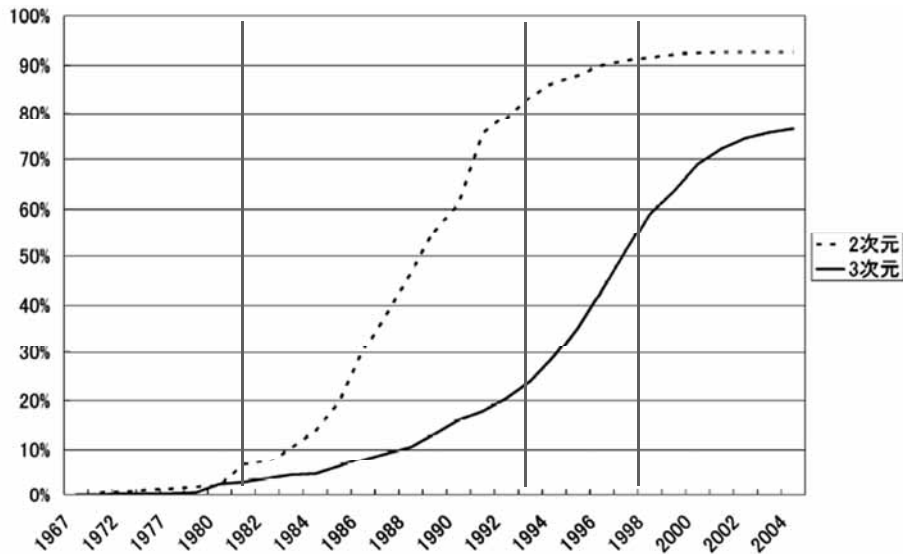
<sup>10</sup> JIS 規格では、NC を「数値制御工作機械において、工作物に対する工具の位置を、それに対応する数値情報で指令する制御方式」と定義している。

図表 4-1-1 製造プロセスのデジタル化

	アナログ時代の製造プロセス	デジタル化した製造プロセス	デジタル化のメリット
設計	設計担当者の手作業による製図	CAD (Computer Aided Design)	二次元の設計、製図をコンピュータで支援し、作業効率化に貢献
		<p style="text-align: center;">高度な製図知識が不要に</p> 三次元 CAD	三次元 (立体映像) で動的な画像表示により視認性が向上
	試作と設計変更の繰り返し	CAE (Computer Aided Engineering)	CAD と連携し構造解析、流体解析等のシミュレーションを実施。開発コスト低減や期間短縮に貢献。
試作	粘土・木型等による試作	<p style="text-align: center;">コスト削減・期間短縮</p> 三次元プリンタ	三次元 CAD と連携し、立体試作品等を造形。試作コスト低減や期間短縮に貢献。
加工指示	加工担当者の経験・ノウハウ	CAM (Computer Aided Manufacturing)	CAD と連携して NC 旋盤・マシンニングセンタへの指示プログラムを作成、高精度な加工を実現。
加工	汎用工作機械 (旋盤・フライス盤・ボール盤)	<p style="text-align: center;">熟練技術者が不要に</p> NC 旋盤	コンピュータによる数値制御で自動運転。加工の失敗や精度のばらつきが少ない。
		MC (マシンニングセンタ)	多種類の加工を連続で行うことが可能。それぞれの加工に必要な工具を自動で交換するなど、生産性が高い。

出典：経済産業省 (2013) 製造基盤白書 (ものづくり白書)

図表 4-1-2 CAD の普及曲線



出典：竹田陽子，青島矢一，延岡健太郎（2004），p.2 一部追加

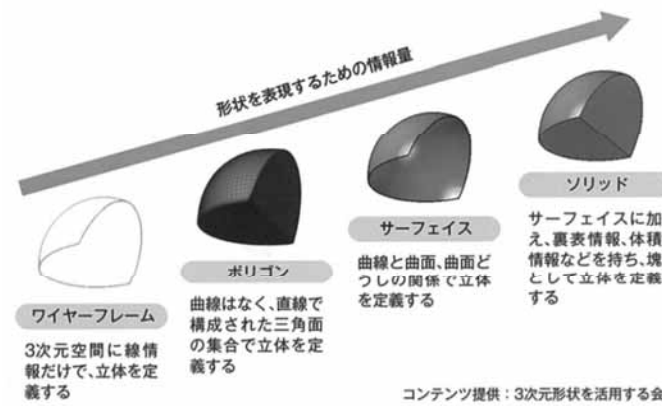
二次元 CAD の普及に比べて、三次元 CAD の普及は穏やかといえる。普及率が 20% を超えたのは、1992 年で、1998 年においても 50% を超えるにとどまる。2004 年でも 75% 程度となっている。おそらくこれ以上普及率が高まるとは考えにくい。なぜなら、業界によっては二次元 CAD で業務上支障がない企業があり、そうした企業ではあえて三次元化を図っていないからである。

ここまで見てきたようにデジタル・エンジニアリング革命によって、ものづくりの最上流部へと至ったデジタル化の流れは、より高度な方向、つまり二次元 CAD から三次元 CAD への普及をもたらしてきた。また、三次元 CAD の技術的進展自体も特筆すべきであり、「ワイヤースケッチ」モデル、「ポリゴン」モデル、「サーフェス」モデル、「ソリッド」モデルへの展開（図表 4-1-3）は、形状を表現する情報量を飛躍的に増大させ、それによって設計精度が大幅に向上した。ワイヤースケッチやポリゴン、サーフェスでは立体を構成する情報が立体の表面のみの情報からなるいわゆる「張りぼて」のものであったが、ソリッドモデルの CAD が開発されてからは設計図面に体積や立体の中身を伴う情報を持たせることができた。その結果、三次元積層造形技術への利用可能性が急激に高まった。

三次元 CAD の発展の歴史がなければ、三次元積層造形の発展はみられなかった。つまり、三次元積層造形の発展は、三次元 CAD の発展抜きには説明できない。

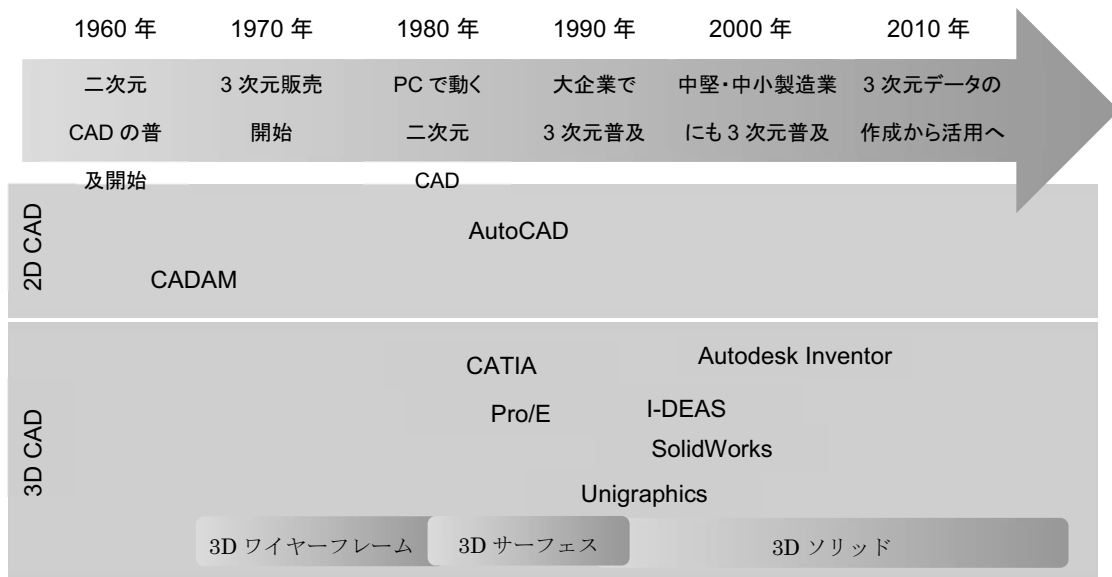


図表 4-1-3 三次元 CAD の進展



出典：水野操（2010）『三次元 CAD の本』，日刊工業新聞社，p.39

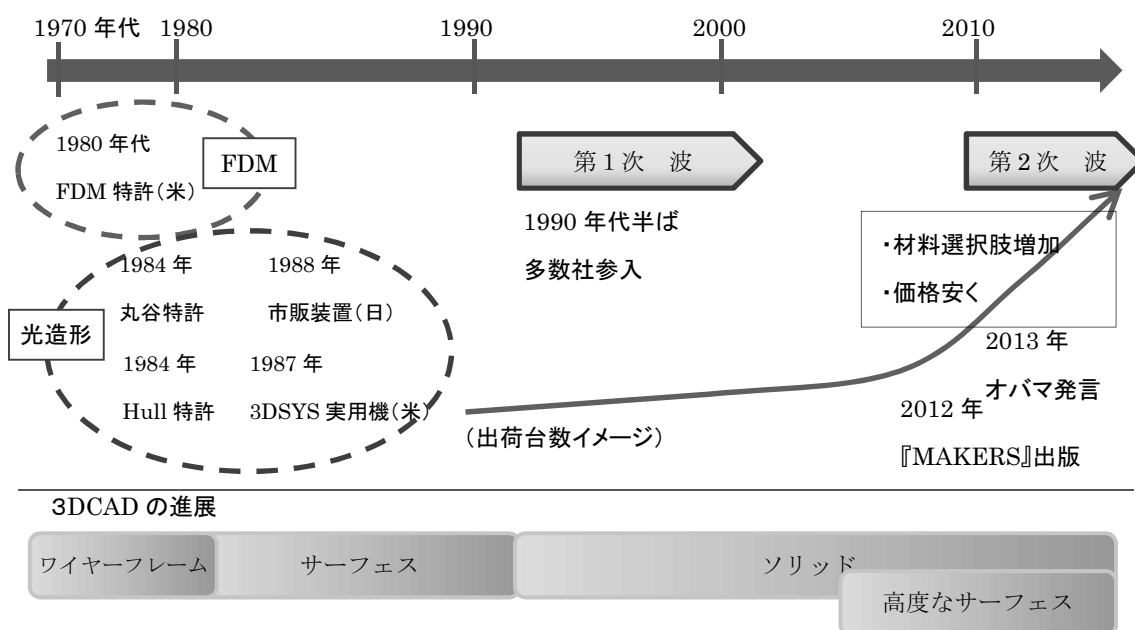
図表 4-1-4 三次元 CAD の歴史と展開



出典：水野操（2010）『三次元 CAD の本』，日刊工業新聞社，p.58

図表 4-1-4 にみるように、1990 年代から開発された「ソリッド」モデルの CAD が実用化されたことで、三次元積層造形技術の活用およびその技術の実用化に弾みがついた。1990 年代は、三次元 CAD 技術と三次元積層造形技術がともにより密接に発展したことが伺える。この二つの技術発展は密接に関連しているのである（図表 4-1-5）。

図表 4-1-5 三次元積層造形技術の推移と三次元 CAD の進展

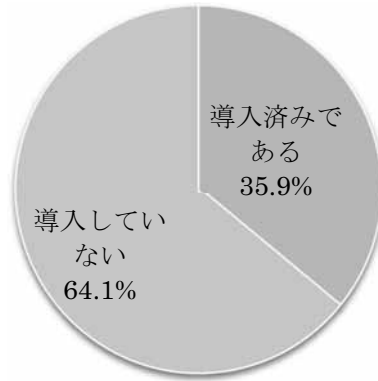


出典：三次元 CAD の部分は、水野操（2010），p.58 参照、その他は独自に作成

#### 4-2 アンケート調査からみた三次元 CAD の活用状況

今回のアンケート回答企業 242 社のうち、217 社から三次元 CAD 導入について回答を得た。そのうち「導入済みである」のは 78 社、35.9%であった（図表 4-2-1）。回答企業の中では、およそ三分の一の導入率であることがわかる。図表 4-1-2 の CAD の普及曲線に示されているように、竹田ほか（2004）調査では大企業を対象とした結果、三次元 CAD の普及率が 7 割を超えていたことからみれば、本調査の対象となる中小企業では実態的にも 3 割程度というのが妥当な数字であろうと思われる。

図表 4-2-1 三次元 CAD の導入 (n=217)

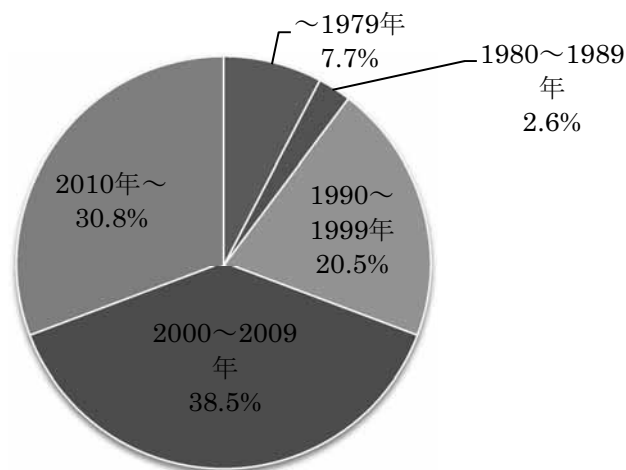


出典：本調査 【3】問 1

#### 4-2-1 三次元 CAD を初めて導入した時期

三次元 CAD を初めて導入した時期については、「2000～2009 年」とする回答が 38.5% と最多であった。加えて、「2010 年～」が続くことから、回答企業では 2000 年以降において初めて導入されたケースが多いことが伺える。おそらく、図表 4-1-4 の三次元 CAD の歴史と展開でみたように、1990 年後期においてリリースされた「ソリッド」モデルの三次元 CAD を本格導入し、設計や製造など各工程において実地利用が始まったものと推測される。

図表 4-2-1-1 三次元 CAD を初めて導入した時期 (n=78)

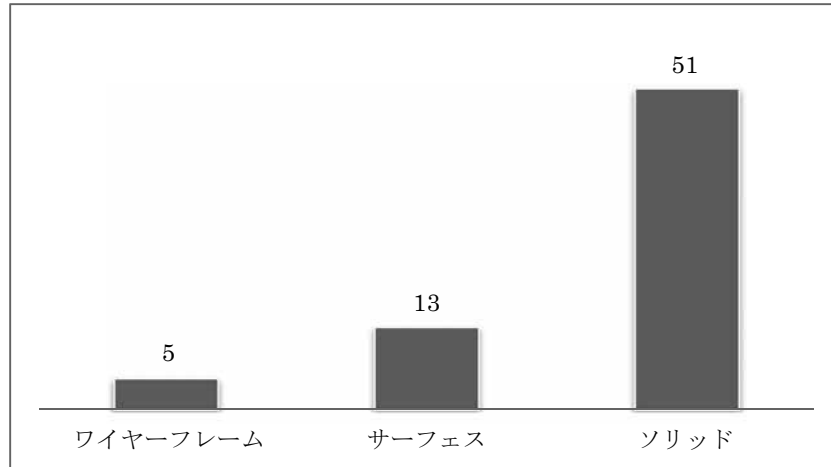


出典：本調査 【3】問 2

#### 4-2-2 三次元 CAD の各分類と導入状況

回答企業で現在保有する主要な三次元 CAD の種類は、図表 4-2-2-1 のように、「ワイヤーフレーム・モデラー」は少なく、「ソリッド・モデラー」が主流になっている。

図表 4-2-2-1 現在の主要な三次元 CAD の種類



注：3つの CAD 種類の回答数は、それぞれ 78 社である

出典：本調査 【3】問 3 加工

#### 4-2-3 現在導入している三次元 CAD の長所と不満点

図表 4-2-3-1 に回答企業からの三次元 CAD ソフトについての評価をまとめた。ただ、この記述内容は回答をそのまま加工せずに掲載している。したがって、この記載内容は各社の製品の評価を下げるなどにつながらないものであることを付記する。

さて、最も普及しているとされる SolidWorks については、長所、不満点が多く指摘されている。なかでも、この CAD の場合、定番のためユーザーが多いことから得られる「対応面の安心感」、「容易な操作」、「加工領域の広さ」などが長所として挙げられている。不満としては、CAD 一般にもいわれている「コスト面が高額なこと」が挙げられている。

図表 4-2-3-1 導入している三次元 CAD の長所と不満点

(長 所)	(不 満 点)
SolidWorks	SolidWorks
定番だから	バージョンアップ契約が高価
初心者でも扱いやすい	ライセンス料が高すぎる
簡単な講習（オンラインチュートリアルなど）でモデルの作成が可能	メンテナンスなどの保守契約費用が高い
三次元加工に対する図面作成が容易	価格が高いため、複数導入が難しい
Web で公開されているデータを利用できる	データ互換性が限定され、エラーとなることも多い
安価で安定した設計ができる、多くのデータに対応する	操作性が特殊
構造改正に応用可能	ファイル名変更の手順がよくない
安価で、普及率が高い	作成機能に不満
汎用性、互換性が高い	データが重い
操作が直感的、ユーザー数が多い	
他社製品とデータのやり取りが出来る	
加工履歴が残る	
作図で設計意図が残せる	
金型の直接生産可能	
製品形状の確認、金型構造の確認、問題点の確認が容易	

注) アンケートの回答内容を加工せず記載している。この内容が全ての評価を表すものではない。

出典：本調査 【3】問 4、6

#### 4-2-4 CAD オペレーターの数と最終学歴分布

140 社の回答から、CAD オペレーターの技能別、最終学歴別分布を分析した。

技能として「二次元 CAD のみ」、「三次元 CAD のみ」、「両方可能」の 3 つを設定した。その結果、回答のあった 140 社では「二次元 CAD のみ」のオペレーターの総数が 400 人、「三次元 CAD のみ」が 771 人、「両方可能」が 400 人となり、「三次元 CAD のみ」、「両方可能」なオペレーター合わせて三次元に対応可能なオペレーターが相当数を占めることがわかる。

回答企業群の平均オペレーター数は、「二次元 CAD のみ」が約 2.9 人、「三次元 CAD のみ」は約 5.5 人、「両方可能」は約 2.9 人となっている。

図表 4-2-4-1 CAD オペレーターの数と最終学歴分布

技能\最終学歴別	高卒	高専卒	大学卒	専門学校卒	技術専門学校卒	その他	(人)
	(含む工科)					(短大卒など)	
二次元のみ (n=140)	178	22	166	10	7	17	400
三次元のみ (n=140)	14	10	736	7	2	2	771
両方可能 (n=140)	51	39	286	18	2	4	400
(人)	243	71	1,188	35	11	23	1,571

注：「両方可能」と他の2項目は、互いに重複しない。

出典：本調査 【4】

一方、最終学歴別では、「大学卒」が過半数を占め、次に「高卒」が続く。

クロス表にして分析すると、「二次元 CAD のみ」のオペレーターは工業高校出身者の場合とみられ、高校卒業段階で技能を保有していることが多い。一方、大学の工学部等であっても三次元 CAD を教育課程で教えている学校は少ないため、「三次元 CAD のみ」、「両方可能」とするオペレーターは企業に入社後、企業の研修制度により両技能を修得している。

図表 4-2-4-2 割合データ

技能\最終学歴別	高卒	高専卒	大学卒	専門学校卒	技術専門学校卒	その他
	(含む工科)					(短大卒など)
二次元のみ	73.3%	31.0%	14.0%	28.6%	63.6%	73.9%
三次元のみ	5.8%	14.1%	62.0%	20.0%	18.2%	8.7%
両方可能	21.0%	54.9%	24.1%	51.4%	18.2%	17.4%
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

技能\最終学歴別	高卒	高専卒	大学卒	専門学校卒	技術専門学校卒	その他	
	(含む工科)					(短大卒など)	
二次元のみ	44.5%	5.5%	41.5%	2.5%	1.8%	4.3%	100.0%
三次元のみ	1.8%	1.3%	95.5%	0.9%	0.3%	0.3%	100.0%
両方可能	12.8%	9.8%	71.5%	4.5%	0.5%	1.0%	100.0%

出典：本調査 【4】 問 1

もちろん、この傾向は、CADを導入している企業のみでの分布であるため、かなりの偏りがあることに注意を要する。

#### 4-2-5 CADオペレーターの研修方法

CADオペレーターの研修方法では、「内部研修(OJT含む)」、「個人にまかせている」、「外部研修に派遣」の順となっているが、3項目とも僅差である。ただ、「個人にまかせている」という方法が二番目に多いのは、企業の研修方法として最適なのだろうか。CADの習得を個人にまかせる方法によれば、個人の素養ややる気、経験に影響されることが大きく、企業としての社員のスキル向上への取組としてはやや弱い印象を受けざるを得ない。しかし、インタビューで数社に尋ねると、「中小企業では設計者を長期間研修に派遣する余裕がない」など、研修方法は規模性に強い影響を受けるという声が聞かれた。

図表4-2-5-1 CADオペレーターの技能習得方法 (複数回答)

	度数	%
内部研修(OJT含む)	60	45.8
個人にまかせている	57	43.5
外部研修に派遣	52	39.7
その他	5	3.8
	174	

出典：本調査 【4】問2

## 第5章 三次元積層造形技術の活用状況

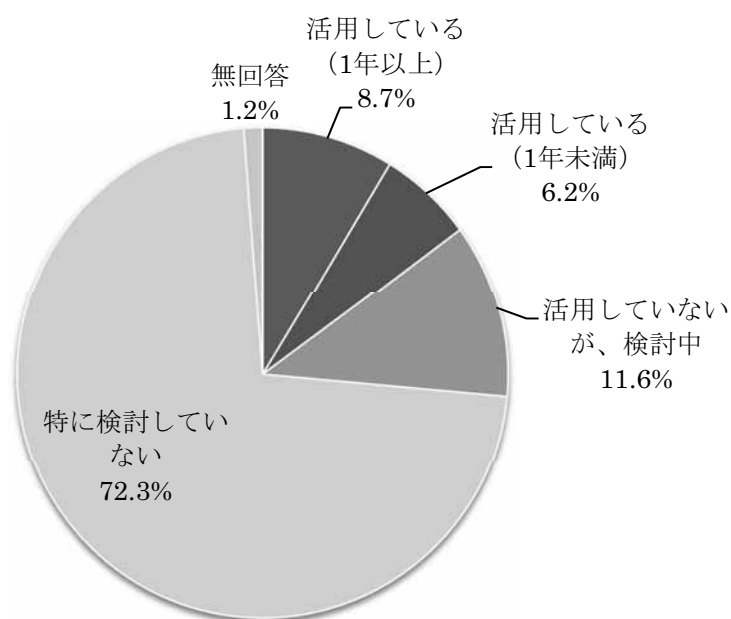
### 5-1 三次元積層造形技術の活用企業

アンケートの回答企業 242 社のうち、本技術を「活用」していると答えたのは 36 社、14.9% であった。ここで「活用」という意味には、機器購入をして活用している場合と機器は未購入だが外注などで活用している場合の双方が含まれている。

回答内訳は、「活用している（1年以上）」が 21 社、8.7%であり、「活用している（1年未満）」が 15 社、6.2%であった。また、現在は、「活用していないが、検討中」とする活用予備軍は、28 社、11.6%であった。

まとめると、「活用している」と「検討している」とを加えて約 26%、約 4 分の 1 の企業が活用に前向きである実態が明らかになった。一方、「特に検討していない」と回答した企業は約 72%と多くを占める。

図表 5-1-1 三次元積層造形の活用



出典：本調査 【2】問A-1

第1章で先行調査レビューを行った大阪商工会議所の2012（平成25）年調査結果（以下、「大阪商工会議所調査」）と比較してみたい。調査対象や調査時期、調査方法等が異なることから、完全な比較対象とするには注意を要するが、大阪地域における同分野の調査が他



にないことから、ここでは比較対象として検討したい。

図表 5-1-2 調査結果の比較

本調査(n=242)	大阪商工会議所調査(n=1,128)
<p>活用している(1年以上) 8.7%</p> <p>活用している(1年未満) 6.2%</p> <p>活用していないが、検討中 11.6%</p> <p>特に検討していない 72.3%</p> <p>無回答 1.2%</p>	<p>活用している(本格的) 3.4%</p> <p>活用している(試行的) 4.4%</p> <p>今後検討 25.9%</p> <p>検討していない 65.2%</p> <p>その他 1.1%</p>
「活用している」 14.9%	「活用している」 7.8%
「活用している」 + 「検討中」 26.5%	「活用している」 + 「検討中」 33.7%

出典：本調査 【2】問A-1 及び 大阪商工会議所調査(2012)

比較の結果、大阪商工会議所調査では、「活用している(本格的)」が3.4%、「活用している(試行的)」が4.4%、あわせて「活用している」が7.8%であった。

一方、本調査では、同回答率が14.9%であった。標本が異なることから単純に活用しているとする割合を比較することはできないが、大阪商工会議所調査から一年経過した時期に本調査を実施したことから分析すると、2013(平成25)年当初に、「平成24年度補正ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金」、続いて、2014(平成26)年の「中小企業・小規模事業者ものづくり・商業・サービス革新事業(ものづくり、商業・サービス)」による補助事業により多くの中小企業等で導入が相次いだことが一要因だと考えられる。

ただ、「特に検討していない」とする企業の割合が、大阪商工会議所調査で65.2%、本調査で72.3%と過半数を占める。この傾向から考えると、三次元積層造形技術は現段階では、府内製造業において一般の工作機械のように広く普及しているとは言い難い。いわば、保有者、活用者が限定された工法であることが、改めてデータから確認できたといえよう。

2012年頃から世界的な「3Dプリンター」ブームにより、三次元積層造形技術に再び脚光があたり、加えて材料面、機械面での進化がみられることから、企業各社は再度その進化を観察、活用時期を判断している状況であるといえよう。こうした意識があることによって、「検討中」という回答が一定数みられるのではないかと考えられる。

## 5-2 三次元積層造形機導入の状況

ではさらに、三次元積層造形機を導入した企業の回答から、どのような機器や材料等が導入されているのか概観したい。三次元積層造形機を導入したと回答した企業数は26社である。

導入した企業の業種は、「プラスチック製品」が最も多く約46%で、次いで、「金属製品」であるが、ばらついている。後ほど、機器の導入についてその種類を集計しているが、樹脂の三次元積層造形機が普及しているとみられることから、関連するプラスチック製品関連業種での導入が多いことが推測される。

図表5-2-1 三次元積層造形機を導入した企業の業種

	度数	%
プラスチック製品	12	46.2
金属製品	3	11.5
業務用機械器具	1	3.8
電子部品・デバイス・電子回路	1	3.8
電気機械器具	2	7.7
輸送用機械器具	1	3.8
その他	5	19.2
無回答	1	3.8
計	26	100.0

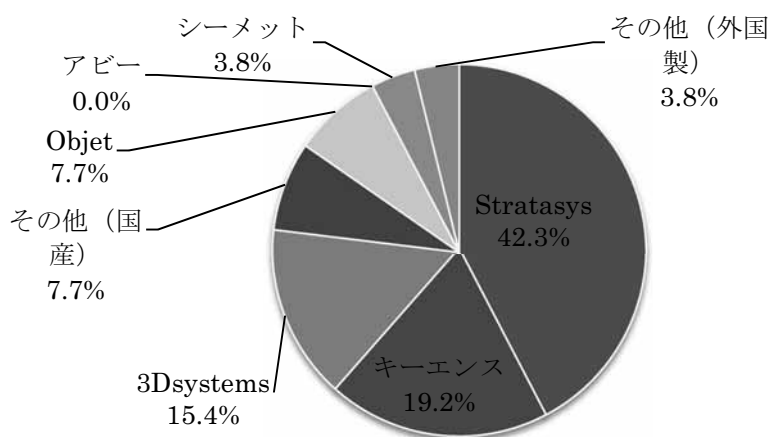
出典：本調査 クロス集計

### 5-2-1 三次元積層造形機の種類について

集計によると、「Stratasys」社製を導入した企業数が最も多く、次いで「キーエンス」社製、「3Dsystems」社製へと続く。この導入順序をみても、外国製造形機の導入シェアが高いように思われる。しかしながら、「キーエンス」をはじめ、「シーメット」など国内メーカーの機器等についても、着実に導入実績が挙がっているとみられる。

本調査では、金属の造形で実績があり、評価の高い三次元積層造形機をリリースしている国産の「松浦機械製作所」社製、ドイツ「EOS」社製の機器等導入企業は残念ながらみられなかった。

図表 5-2-1-1 導入された三次元積層造形機の種類 (n=26)

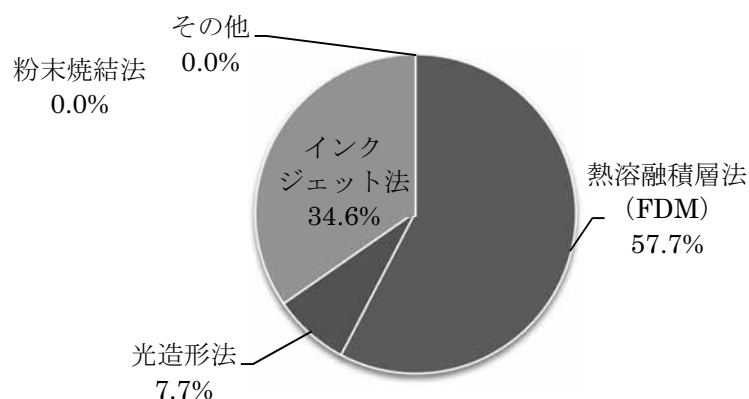


出典：本調査 【2】問 A-2

#### 5-2-2 造形方式について

導入された三次元積層造形機の工法について、集計した。その結果、熱溶融積層法 (FDM) が最も多く、次いでインクジェット法が続いた。この二つの工法は、導入価格が一般の工作機械などの価格帯である 1,000 万円程度に落ち着いたため導入しやすいこと、また、FDM は材料が ABS など汎用エンブレラとして利用しやすいこと、インクジェット法では解像度が高いため形状確認に優れることなどが評価されているものと考えられる。

図表 5-2-2-1 導入された三次元積層造形機の工法 (n=26)



注：上記工法の表記は一般的な通称であり、ASTM の規定に従えば、以下のようになる (第二章参照)。熱溶融積層法 (FDM)：材料押出法、光造形法：液槽光重合法、インクジェット法：材料噴射法、粉末焼結法：粉末床溶融結合法とする

出典：本調査 【2】問 A-2

### 5-2-3 材料の種類について

利用している材料については、熱によって軟化し変形させることが可能な熱可塑性樹脂が多い。日本のプラスチック生産量の過半数を占めるのが、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニルであり、すべて熱可塑性樹脂である。

三次元積層造形での工法では熱を加えて材料を変形させ、造形加工するため、熱可塑性樹脂が材料に使用されている。今回、回答にはなかったが、金属でも各種取扱いがされ、鉄、銅系だけでなく、ステンレス系、アルミ系、チタン系、マルエージング鋼なども揃ってきている。また、バインダーに固める工法（結合剤噴射法など）では、セラミックや石膏などの粉体材料も用いられる。

図表 5-2-3-1 プラスチック 加熱での性質による分類

種類	特性	例
熱可塑性樹脂	<ul style="list-style-type: none"> <li>加熱によって軟化するプラスチック</li> <li>成形後、再加熱で軟化可能で、再利用できる</li> </ul>	今回の調査での回答樹脂すべて、下記参照。
熱硬化性樹脂	<ul style="list-style-type: none"> <li>加熱によって硬化するプラスチック</li> <li>加熱後は軟化しないので、再利用が難しい</li> </ul>	フェノール樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂など

出典：日本能率協会マネジメントセンター（2013）,p.131

図表 5-2-3-2 熱可塑性樹脂の特性による分類

種類	特性	本調査回答例
汎用プラスチック	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用量が多く、日用・雑貨品、包装材料、強度・耐熱性があまり要求されない機械部品に使用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ABS、アクリル樹脂（PMMA）、ポリプロピレン（PP）、PET樹脂（PET）、ポリスチレン（PS）、ポリ乳酸（PLA）など</li> </ul>
エンジニアリングプラスチック	<ul style="list-style-type: none"> <li>引張強度や硬さなどの機械材料としての特性を備える</li> <li>引張強度が 49N/mm<sup>2</sup>以上で、耐熱温度が 100℃以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ポリカーボネイト（PC）、ポリアミド（ナイロン）など</li> </ul>

出典：日本プラスチック工業連盟 Web サイト

では、アンケートの回答集計をみてみよう。アクリル樹脂（PMMA）が最も多く、次いで ABS でこの材料が大半を占める。アクリル樹脂（PMMA）は、透明度、強度が高いため、外観確認や各種試験に使用できることから、自動車のレンズカバーの試作や各種容器の試作などに使用されている。

一方、ABS は常用耐熱性が 70~100℃、耐衝撃性にも優れるため、OA 機器の部品、自動車の内外装部品の試作品や最終部品として利用されることから、三次元積層造形の材料としても利用範囲が広いことが多く利用される要因だと考える。

いずれの材料も、各造形機メーカーが造形機のプログラムや特性にあわせて固有の仕様

で販売し、他の材料の使用を禁じている。また、供給される材料は、JISで規定された樹脂特性に近似するもの（〇〇ライク）であり、同一のものとは限らないなど材料の制約も一定みられることに注意を要する。

図表5-2-3-3 使用する材料種類

		度数	%
樹脂	ABS	9	27.3
	アクリル樹脂(PMMA)	12	36.4
	ポリプロピレン(PP)	0	0.0
	ポリカーボネイト(PC)	1	3.0
	ポリアミド(ナイロン)	0	0.0
	PET樹脂(PET)		
	ポリスチレン(PS)		
	ポリ乳酸(PLA)		
	その他	4	12.1
	計	26	100.0

注：ABS：アクリロニトリル (Acrylonitrile)、ブタジエン (Butadiene)、スチレン (Styrene)共重合合成樹脂の略称、PMMA：ポリメタクリル酸メチル樹脂 (polymethyl methacrylate)の略称、PP：ポリプロピレン (polypropylene)の略称、PC：ポリカーボネイト (polycarbonate) の略称、ナイロン：アミドの一種類、PET：ポリエチレンテレフタレート (polyethylene terephthalate) の略称、PS：ポリスチレン (polystyrene)の略称、PLA：ポリ乳酸 (polylactic acid) の略称

出典：本調査 【2】問A-2

本調査では金属、石膏の利用者はなかったが、大阪府内の複数の企業において金属、石膏を材料とした三次元積層造形機を導入していることが確認できている。

#### 5-2-4 導入時期について

導入時期については、「1995～2000年」とする回答が約6%と少数である。一方で、「2011～2014年」とする回答が約65%と過半数を占め、近年導入が進んでいることが伺える。ただ、近年導入したとする回答の中には、リプレース企業が含まれることから、結果には一定の考慮が必要である。

図表5-2-4-1 導入時期

	度数	%
1995～2000年	2	6.1
2001～2005年	0	0.0
2006～2010年	3	9.1
2011～2014年	21	63.6
計	26	100.0

出典：本調査 【2】問A-2

#### 5-2-5 価格について

三次元積層造形機の価格帯は広く、前述したように数十万円から1億円近い高価なものまでラインナップされている。ここでは、回答企業26社のデータをメーカー別に分類し、企業数と平均投資額を分析した。

その結果、一般的な市場シェアに似た分布となった。最も導入企業数が多いのは、Stratasys社の造形機であり、キーエンス、3Dsystems社製が続いた。平均投資額では、3Dsystems社製が、同社の高額機種が導入されていることから最高額になった。

図表5-2-5-1 メーカー別平均価格と導入企業数

	製品機種数	平均投資額 (万円)	導入企業数
キーエンス	1機種	550	5
シーメット	複数	1,000	1
Stratasys	複数、フルライン	800	11
Objet	複数、フルライン	1,250	2
3Dsystems	複数、フルライン	2,588	4
ムトー	1機種	40	1
その他		50	1
無回答			1
			26

出典：本調査 【2】問A-2

#### 5-2-6 常用の解像度について

解像度は工法によってバラツキや制限がみられる。一般的に液槽光重合法（光造形法）、材料噴射法（インクジェット法）などは解像度が高く、材料押出法などはやや劣る。したがって、導入した造形機の種類からみて、10 $\mu$ 台から100 $\mu$ までの範囲が多い。

図表 5-2-6-1 常用解像度

	度数	%
10 $\mu$ 台	10	30.3
100 $\mu$ まで	9	27.3
100 $\mu$ 超	7	21.2
無回答	7	21.2
計	33	100.0

出典：本調査 【2】問 A-2

#### 5-2-7 造形分野について

「機能・デザイン検証分野」が最多で約47%であった。次いで、「工業・研究分野」が続 き、「医療・福祉分野」も一定数の回答がみられた。

一方、「建築モックアップ分野」、「カスタム品分野」、「教育分野」という回答は今回の調 査では得られなかったが、これらは今後の取組分野として注目されており、実際に府内でも取組例があるようである。

図表 5-2-7-1 造形分野

	度数	%
機能・デザイン検証分野	16	47.1
工業・研究分野	7	20.6
医療・福祉分野	2	5.9
無回答	9	26.5
計	34	100.0

出典：本調査 【2】問 A-2

#### 5-3 造形依頼先

三次元積層造形の依頼先については、複数で回答を求めた。その結果、「試作業」とする 回答が選択肢の中で突出して最も多く、「出力サービス業」、「機器取扱い商社」、「近隣の製 造業」などと選択する回答は、少なかった。

こうしたことから、現在造形の外注を担っているのは、かねてからモデル製作を受注し てきた試作業であり、三次元積層造形での製作のみならず、モデル・試作製作においても

試作業が大きな役割を担っていることが伺える。

図表 5-3-1 造形依頼先（複数回答）（n=41）

	度数	%
試作業	26	78.8
出力サービス業	4	12.1
近隣の製造業(造形機保有)	4	12.1
機器取扱い商社	3	9.1
その他	2	6.1

出典：本調査 【2】問 A-4

#### 5-4 活用状況について

次に、三次元積層造形の活用状況について、2013年度（2013年4月1日～2014年3月31日）の造形件数について質問した。この集計については、回答企業ごとに集計結果を示すことは秘匿性に触れること、及び、大企業での造形件数が突出しており企業名の特定に結びつくケースが考えられることから、回答企業すべての合計件数を掲載する。

それによれば、自社開発のために活用されるケースが多く、中でも「試作品」をモデル化するための造形が主体となっている。また、「型の制作」や「治工具」の製作点数は一定あるが、造形物を「部品」として使用するケースは少なく、「最終製品」とするケースはほとんどないようである。

図表 5-4-1 活用状況、造形件数

	試作品	型の制作	部品	最終製品	治工具	計
自社のため	6,169	59	15	0	48	6,289
他社の依頼による	1,156	13	20	2	10	1,201

出典：本調査 【2】問 A-5

#### 5-5 活用効果について

三次元積層造形の活用効果について、複数回答で質問した結果、最も多かったのは「制作期間の短縮」であった。次いで、「造型の提案力向上」、「意思決定の迅速化」、「複雑形状の製作が容易に」、「開発情報の共有進む」、「コスト削減」、「手直し、失敗が減少」と続いた。

活用することで、造形物をわかりやすく手に取って評価できるようになることから、提案力が向上し、意思決定が迅速化する。これまで複雑な形状を造形するのは困難であったが、具現化できる。そうすることで開発情報の共有化が進み、手直しや失敗が減少する結



果、コストの低減と制作期間の短縮という成果が挙がるのであろう。

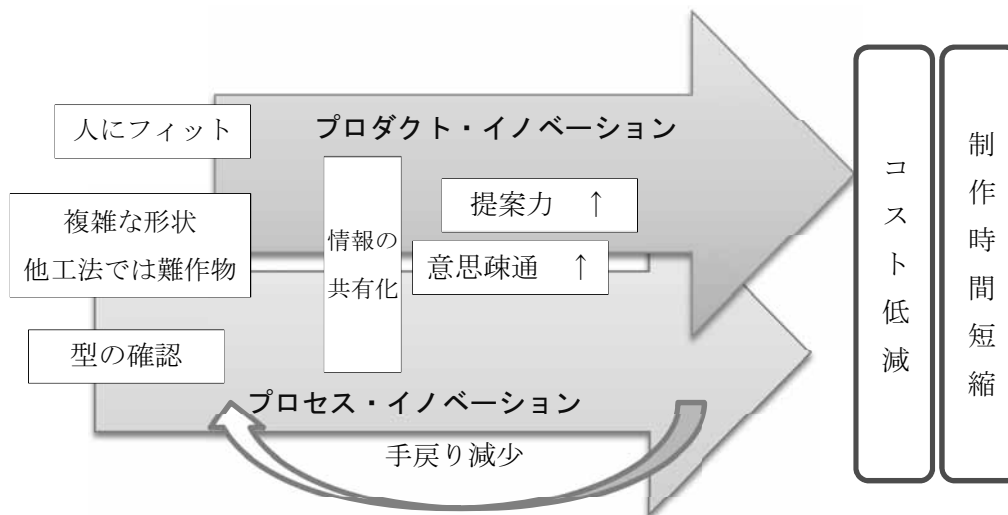
図表 5-5-1 活用効果 (複数回答) (n=41)

	度数	%
制作期間の短縮	17	50.0
造型の提案力向上	15	44.1
意思決定の迅速化	14	41.2
複雑形状の製作が容易に	13	38.2
開発情報の共有進む	13	38.2
コスト削減	11	32.4
手直し、失敗が減少	10	29.4
多品種少量生産が容易に	5	14.7
設計データの秘匿保持	3	8.8
その他	1	2.9

出典：本調査 【2】問 A-6

また三次元積層造形機の活用効果の具体例についての自由記述での回答をまとめると、以下のイメージのようなフローにまとめられる。

図表 5-5-2 活用成果のイメージ



出典：本調査 【2】問 A-7 の回答をもとに作成

## 5-6 導入事例

ここでは、三次元積層造形機を自社保有し、様々な用途で工夫しながら活用しているアンケート回答企業の事例を掲載し、業界の動きを示したい。今回、複数の大企業にインタビュー調査したが、内容が秘匿事項に関わるが多く、事例に掲載できないことが多かった。中小企業の事例からは数年前から自社保有し、積極的に活用している状況が伺える。

図表 5-5-1 事例企業一覧

企業名	業種	造形機 保有	着眼点	効果
株式会社共栄 金物製作所	各種金物 製造	×外注	多様な金物受注にあたって、VA 提案を迅速化、試作業で外注利用	・提案力向上 ・開発期間短縮
株式会社テク トロン	医療機器 製造	○	医療機器製造で外観確認などユーザーの意見を反映して開発に活用	・手戻りの減少 ・開発情報の共有化
株式会社大成 モナック	試作業	○	試作業として、真空注型技術とモデル製作の最適な提案に活用	・モデル製作期間短縮 ・受注の間口が広がる
株式会社大和 合成	射出成形 業	○	射出成形品の提案力向上を目指し、3DCAD・エントリー機導入	・図面の共有化進む ・エントリー機の限界解る
株式会社三興 ポンプ製作所	特殊ポン プ製造	○	特殊ポンプの部品のリプレイスや開発に活用	・開発期間短縮、最終部品としての活用を計画中
株式会社デン タルタイコニ ウム	医療機器 製造	○	歯科補綴物の歯科用 CAD/CAM、造形機を活用し、効率化	・ロストワックスの消失模型製造に活用
株式会社シロ クマ	金物製造	○	究極の音響実現に当たってのモデル制作に活用	・開発期間、コストの削減 ・秘匿性確保

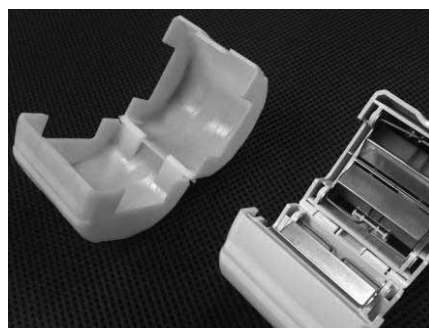
## 事例 1 VA提案で積層造形の利点を生かした原価低減、価値向上を実践する

株式会社共栄金物製作所は、浄水器の外装容器などの水回り金物、階段手すりなどの建築金物、小物金属部品などの量産受注をしている。ほとんどの部品は量産受注の都度、原価低減を目標に最適な製造方法、機構などを一から検討し、機構の単純化と部品点数の減少など価値提案（VA：value analysis）を行う。そうすることで、発注先も気づいていないコスト削減や機能追加などの要望に応じることが事例企業の競争源泉となっている。図面は三次元 CAD で制作し、直感的に理解しやすいようにモデル化し、受注先と効率的な意思疎通を図る。

試作品製作は、三次元積層造形機を保有しないため、近隣の試作業者に依頼する。これまで樹脂製品の試作を行い、外観チェック、嵌合試験など機能面での検証に使用し、年間約 50 件に及ぶ。ある例では、開発期間が大幅に短くなり、試作造形コストも半分程度に収まるなどメリットが大きかった。しかし、試作するものによっては、エンブラなどで切削加工した方が、早く、安い場合も多い。積層造形と切削加工、適材適所の採用判断で最適な試作品製作が可能と考えている。

積層造形については 10 年以上前から注目して試作品製作に活用してきた。「樹脂造形の進化は実感してきたが、金属造形の技術進化は今後の事業展開を考えると大変興味深い」（明石社長）。行政には、「手軽に出力できるサービス」など加工面での支援などを望む。

図表 概観確認、合わせ確認



出典：事例企業にて撮影

大阪市、従業員数 11 人、中小企業、<http://kyoeikanamono.jp/>

2015 年 1 月 14 日：明石社長・小林さまへのインタビューによる

## 事例2 造形による治工具を安く簡単に製作し、組立不良を撲滅できた

株式会社テクトロンは、自動輸液ポンプやシリンジポンプ\*を開発し大手メーカーのOEM製品として、医療現場で不可欠なポンプを製作している。1983（昭和58）年創業し、医療現場向けの雑貨製作から、医療機器製造業へと躍進した。医療現場のニーズをくみ取り、独自設計による開発を行い、当社では設計と組立、検査、修理を担う。基板製作、ケースの成形、部品などはすべて外注による。ポンプのメカを制御するソフトウェアは自社開発による部分も多い。かつて、このような業態は「組込みシステム・ハウス」と呼ばれ、多様化する現場ニーズに細かく対応した組込みシステム製品の開発が行われてきた。

2010年にFDM方式の三次元積層造形機を導入し、ABS材料による外観確認と治工具製作で利用している。特に、外観確認は開発頻度が年に数回であるため、頻度は高くはないものの、医療現場で使用する際、機器の大きさ、携帯時のフィット感などを確認するために、実物大の模型を製作し、病院で看護師の方々からモニタリングで意見や要望を集め、改良を続けることで、機器の仕様決定を行っている。

それ以上に当社はポンプの部品をアッセンブルするのに作業時間が費やされ、直接原価が発生している。組立段階において、手戻りや組立不良（ねじを垂直に打ち込むなど）が発生すれば、利益の取りこぼしにつながる。したがって、組立不良の撲滅、作業品質の標準化、ひいては利益の確保を図るために、治工具を3DCADで設計し組立に使用した。

その結果、組立不良がなくなり、作業時間がおよそ2分の1に短縮できた。このように三次元積層造形の導入効果が製造原価の低減、利益確保にダイレクトに結びついている。

図表 組立に使用された治工具



出典：事例企業にて撮影

堺市、従業員数18人、中小企業

2015年1月15日：太田社長・水河さまへのインタビューによる

\*シリンジポンプ：静脈注射の際に輸液ポンプより少量で、より正確な輸注を必要とする際に使用される医療機器

### 事例3 試作業は三次元積層造形機を導入し、受注の間口を拡大する

株式会社大成モナックは、モデル製作、工業部品試作を手がけ、ものづくりの町東大阪で営業している。エンジニアリングウッドを切削加工し、真空注型技術によって、本物と同一のモデル製作を行い、広い分野の企業から信頼を得ている。現在保有する積層造形機は2代目で樹脂材料によるインクジェットタイプであり、クライアントからの複雑な造形要求に応じてモデル製作を行っている。積層造形機を導入する前は、比較的固定化されたクライアントからの受注が多かったが、導入によって受注分野、業種など間口が広がり、様々な仕事の注文を得ている。

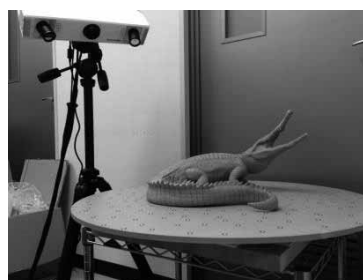
また、スキャナを導入したことで、マスター・データの取得、生き物などの立体データを取得可能となり、データ作りの方法においても間口が広がった。近隣の企業からもスキャンデータ取得の依頼も多く寄せられるなど、機器導入の効果は大きい。

ただ、近年一連のブームによって、積層造形によった注文が増えたが、クライアントと打ち合わせた結果、切削加工や真空注型を組み合わせる方が、コスト、納期、精度面で有利であれば、積層造形だけに依らない最適な方法を提案している。

昨年からは株式会社海洋堂と仕事をするようになり、原型師が作った造形物をスキャンし、三次元データを取得、そのデータの加工により大きさの変更、デフォルメ処理などを行うことで造形物の価値をさらに向上させるなど積層造形技術を使用する利点は大きい。

積層造形機が広まれば、その部分だけでは競合が激しくなり、受注が減るかもしれない。しかし、当社の事業ドメインが、造形後の2次加工、例えばリアリティをつける着色仕上げなどのフィニッシュ処理加工、真空注型による最終製品へのステップアップ加工などであることを再度認識することで、競争優位に立てるものと考えている。

図表 原型師の製作物スキャンと最終製品



出典：事例企業にて撮影

大阪市、従業員数 68 人、中小企業、<http://taisei-monac.co.jp/>

2015 年 1 月 21 日：長野課長さまへのインタビューによる

#### 事例4 将来を視野に入れ、無理せずエントリー機を導入し造形スキルを磨く

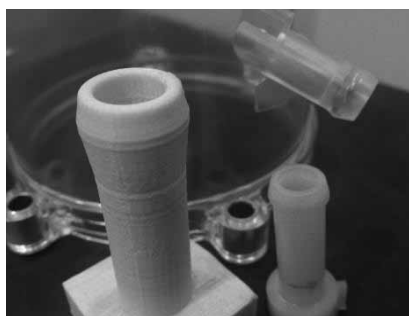
大和合成株式会社は、射出成形業として設備器具や光学機器部品、自動車部品などを受注し成形を行っている。自動車部品ではエンジニアリング・プラスチックで機構部品を、その他の分野では汎用プラスチックを中心に容器や設備スイッチのケースなどを手掛ける。数年前からの 3D プリンター・ブームのきっかけとなったオバマ大統領の一般教書演説を聞いて、本技術に実際に取り組んでみる必要があると考えた。

造形機器の選定では各社から情報を収集したが、量産や試作のためには当社が予算化できる範囲を超えること、使用するエンプラ、スーパーエンプラを使用できる機種に限られることなどから、FDM方式のエントリーレベル機をまず導入し、試してみることになった。FDM方式のエントリーレベル機の導入で投資額を抑えると同時に、三次元 CAD 導入による効果を期待し、導入に至った。その際の資金の2/3はものづくり補助金を活用した。

造形機はエントリーレベルのため、思うような造形精度が期待できないが、複数のテストピースを造形し、将来の本格導入時に向けてノウハウ蓄積に努めている。一方、三次元 CAD データ作成によって共有化が進み、その結果意思疎通が早まり、製作期間を短縮できる目途がたつこと、立体模型により若手工員が造形形状について理解が進んだこと、立体模型によりプレゼン力が向上したことなど、造形よりも CAD 導入効果が大きかった。

今後は、三次元積層造形技術の進展情報を収集しながら、射出成形に生かせる部分への取組、積層造形機のステップアップなどを検討していく予定である。

図表 自動車部品の複雑パーツの試作



出典：事例企業にて撮影

堺市、射出成形業、従業員数 24 人、中小企業、<http://www.daiwa-pls.co.jp/>

2015 年 1 月 22 日：中島部長さまへのインタビューによる

## 事例5 重量部品の軽量化で顧客要望に応える

株式会社三興ポンプ製作所は、1957（昭和32）年に大阪で創業し、産業用ポンプ製造販売を中核として事業を営んでいる。製品はサンドポンプ、ケミカルポンプであり、なかでもケミカルポンプは、国内で製造販売する企業が当社含めて2社しかない。ポンプの材料に使用されるのは「アリロン」と呼ばれる14%以上の珪素を含む鉄系合金鋳鉄で、耐酸鋳鉄として広範囲な適応性と長期間の耐食性を有する優れたものである。このポンプは耐酸性に優れることから、化学工業などでは硫酸の配管ポンプなどに、食品工業ではクエン酸など酸性の強い材料の配管に使用される。「アリロン」は、「Asid-Resistant IRON」の略称であり、登録商標となっている。

アリロンで製作された部品は陶器のように硬くなり、それを固定するには直接ビス穴加工などはできない。そのため、部品点数が多くなり、それら鋳物で構成されたポンプは非常に重い。加えて、25年前からほとんど仕様変更されておらず昔ながらの頑強なパーツで構成されている。したがって、メンテナンスするには部品重量が重く、作業者の疲労で作業に手間と時間を要してしまう。こうした状況で顧客からは部品の軽量化を、またコストが比較的高い鋳物部品から樹脂製品への置き換えが計画された。

この計画を実現するために、2014年ABSを主材料とする三次元積層造形機を導入した。部品のリニューアルを図るために部品設計、試作、場合によっては最終部品としての造形を視野に入れ作業を行っている。これが動き出せば、新たな部品の開発期間を短くすることができ、また現在鋳物は外注部品であるが、内製化することが可能となることから、期間短縮、コスト削減が見込まれる。

これら計画は岡元（基本設計）・三上（図面作成）両氏が担当し、なかでも岡元氏は前職での開発ノウハウをもとに、今回機器などの導入計画立案と効果の想定を行った。今後は、SolidWorksについて外部研修にて基本操作を習得し、三次元積層造形機を駆使して開発に注力する予定である。

図表 ケミカルポンプ



出典：事例企業 Web サイト

大阪市、従業員数28人、中小企業、<http://www.sankopump.co.jp/>

2015年1月15日：岡元氏へのインタビューによる

## 事例6 歯科技工業界での技術革新に向かい、導入実践することでノウハウを蓄積する

株式会社デンタルタイコニウムは歯科技工所として、日本全国の歯科医院から仕様書に基づき入れ歯などの補綴物製造を受注している。そこで製作される補綴物は口腔内の形が一人ひとり異なる患者に装着するもので、全て一品ものである。

本業界は工房と呼ばれる5人程度の少人数で営業している技工所が多く、当社は従業員数が関連会社合わせて100人を超え、業界では大手にあたる。

歯科補綴物は、一般に被せといわれるクラウン（冠）、欠損した歯を形成する有床義歯（「デンチャー」）、上顎又は下顎全ての歯を失った際の総義歯（時には、金属などでプレートを作る）、ブリッジ（欠損した歯の部分を両脇の歯で固定する装具）、インプラントなどを製作している。クラウンを製作する株式会社デンタルスタジオとデンチャーを製作する株式会社デンタルタイコニウムとで組織を分けている。

2014年の保険制度改訂により、「歯科用CAD/CAMによるクラウン製作」が保険適用となり、近年歯科技工所では機器導入が進んでいる。従来、石膏、ワックス、埋没材といった多くの材料と複雑な多工程、職人的な技工士の技能によって補綴物製作が行われてきた。その場合、修正や毀損による再現性に限界みられた。しかし、歯科用CAD/CAMを使えばデータで履歴が残ることで管理レベルが向上するなどメリットが大きい。当社では併せて、金属製のブリッジやデンチャーを鋳物にする際の原型をCADデータに展開し、導入した三次元積層造形機で出力したものをロストワックス法（消失模型）の原型として鋳造する方法を取り入れた。これにより、精度が維持され、修正も容易になるなど飛躍的に技術が向上し、ひいては製作期間の短縮、品質向上に結びついている。これにはデータ作成ノウハウが最も重要であり、歯科医が患者から採った歯列、噛み合せデータを元に、金属や樹脂の収縮や膨張、応力変形を見込んだ寸法設計において多くの経験とノウハウが求められる。今後も、歯科用CAD/CAMと三次元積層造形機の組み合わせで効果検証していく。

図表 複雑形状の消失模型（緑部）



出典：事例企業にて撮影

大阪市、従業員数：75名（(株)デンタルスタジオの75名を合わせて150名）、中小企業、<http://dentalgroup.web.fc2.com/>

2015年1月22日：石田社長、石田専務さまへのインタビューによる



## 事例7 素早く何度も繰り返し造形することで音を磨く

株式会社シロクマは、建築金物の製造業である。「白熊ブランド」を有し、設計開発、金型製造、機械加工、組立、検査などを内製化している。手摺関連や家具金物も他社にない取付け方や形状を開発し、業界で一定のシェアを有する。金物の製品設計自由度を確保し、加えて開発期間を短縮するために、2000年から三次元積層造形機を導入、数々の開発に使用してきた。

近年、これまで培った金型製作、レーザー加工等の金属加工の技術ノウハウを結集して、新たに製品開発に取り組んだのが、音響スピーカーである。部屋のどこにいても同じ音が聴け（広い音場）、音の時間軸を正確に再生することで音本来の自然な再生（正確な位相）が可能な音響工学「タイムドメイン理論」を唱えた株式会社タイムドメイン社由井啓之氏のライセンスを得て、シロクマ製タイムドメイン・スピーカーを開発した。当社はこれまでも、2種類のスピーカーを開発しており、いずれも音響愛好者の評価が高い。なかでも、2015（平成27）年2月にリリースした「myPod8」は、開発期間が2年を超える力作である。写真にみるスピーカーの台座部分の構成部品を数百個、インクジェット方式の積層造形機で試作し、穴の位置・形状、樹脂の厚み、曲線の角度などを繰り返し、繰り返し変更して造形した。

「数百通りの組合せを聴き比べる作業は、本当に長い道のりであった」という開発担当者の言葉にあるように「myPod8」の開発は、究極の音作りを目指した飽くなき挑戦であった。「今日のベストを繰り返す」という信念で、素早い造形により試作段階で実際に音出しをしながら、音の作りこみを実践できたのは、三次元CADと積層造形機があればこそだという。このような低価格帯の製品であっても、素直でクリアな音源を再生するなど作りこまれた音響スピーカーを開発、製造するメーカーはあまりみられない。

図表 パーツの一つ一つが音を構成する



出典：事例企業にて撮影

大阪市、従業員数85人、中小企業、<https://www.shirokuma.co.jp/>

2015年1月22日：熊代社長、南さま、鳥越さまへのインタビューによる

## 第6章 未導入企業の状況

前章では三次元積層造形機を導入・活用した企業の実態について明らかにしてきた。そこでみたように、導入して活用している企業、活用していないが検討中の企業を合わせると全体の約26%であり、反対に4分の3の企業では、「特に検討していない」とし、「未導入」の判断をしている。

本章では、こうした未導入企業の考え方を示し、三次元積層造形技術に対する考え方を別の角度から考察したい。

### 6-1 今後の三次元積層造形技術の活用予定について

現在、三次元積層造形技術を活用していない企業に対して、今後の予定について質問したところ、「今後も造形の予定はない」が最も多く約83%に及ぶ。また、「今後導入は未定だが、出力サービスを活用予定とする」のが約15%、「造形機導入が決定している」と回答したのは2社、1%に留まった。

多くの回答企業は造形技術に取り組む予定はないとしているが、これは業種が全く異なるなど、自社技術と関連が少ないことによる結果であると考えられる。また、金属の造形については未だ不確定要素が多く、造形に取り組む時期でないとの判断が働いているためとも考えられる。

図表6-1-1 今後の三次元積層造形技術の活用予定

	度数	%
今後も造形の予定はない	172	82.7
導入は未定だが、出力サービスを活用する予定である	31	14.9
今後、造形機導入が決定している	2	1.0
無回答	3	1.4
計	208	100.0

出典：本調査 【2】問B-1

さらに、業種とのクロス集計をしたところ、「金属製品」業種の企業が最も多く、「今後も造形の予定はない」と答えている。つまり、現在のところでは、回答企業は本積層造形技術（特に、金属造形）を自社技術として採用しにくいと認識しているのではないかと推測できる。

その理由としては、一つに、機器等の価格が1億円に近く高価であるなど、また、金属積層造形機が中小企業の現場レベルでは手の届かないものであることによると考えられる。また、除去加工を主力とする企業では、積層造形技術の加工精度などで実用性が低く、採用しにくいと判断していることも背景にあるのではないかとと思われる。

図表 6-1-2 「業種」と「今後の三次元積層造形活用の予定」とのクロス集計

	今後、造形機導入が 決定している	導入は未定だが、 出力サービスを活 用する予定である	今後も造形の予定 はない
家具・装備品	—	1	4
印刷・同関連	—	—	19
プラスチック製品	1	5	14
鉄素形材	—	1	1
非鉄金属素形材	—	—	1
金属製品	—	9	62
はん用機械器具	—	—	2
生産用機械器具	—	3	18
業務用機械器具	—	1	8
電子部品・デバイス・電子回路	—	—	2
電気機械器具	—	4	7
輸送用機械器具	—	3	6
その他	1	4	26
無回答	—	—	2
計	2	31	172

出典：本調査 業種と【2】問B-1

## 6-2 未導入の理由について

未導入の理由を尋ねたところ、技術面からは「既存技術（除去加工など）となじまない」との回答が最も多かった。次いで、「材料の制限で使いにくい」、「3D データの作成が困難」、「精度が低い」の順で、最後に「積層段差を解消する手間がかかる」が最も少なかった。

一方、価格面では、「設備が高価である」が最も多く、設備価格の高さが未導入の大きな要因になっている。

営業面では「技術対象領域が異なる」に回答が集中している。この「技術対象領域が異なる」とする回答は技術面、価格面も含めた全選択肢の中で最も多い。すなわち、三次元積層造形技術との自社技術領域との関係性のなさが未導入の最大の理由となっている。

図表 6-2-1 未導入の理由 (複数回答)

	度数	%
(技術面) 既存技術(除去加工など)となじまない	59	36.2
( " 面) 材料の制限で使いにくい	38	23.3
( " 面) 3D データの作成が困難	37	22.7
( " 面) 精度が低い	21	12.9
( " 面) 積層段差を解消する手間がかかる	6	3.7

(価格面) 設備が高価である	65	39.9
( " 面) 材料が高価である	15	9.2
( " 面) メンテナンスが高価である	11	6.7

(営業面) 技術対象領域が異なる	79	48.5
( " 面) 判断材料を入手しにくい	0	0.0
( " 面) サポートの体制が不安	0	0.0

出典：本調査 【2】問 B-2

インタビュー調査では、以下の意見が聞かれた。

図表 6-2-2 未導入企業インタビューのまとめ

業種	意見
金型製造業	金属積層造形に興味がある。しかし、情報収集している段階では、当社が必要とする精度、機械強度に適合する造形物を作るには、投資額が高すぎて無理である。マシニングセンター並みの価格になれば、検討も視野に入れたが。
金属部品製造業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5軸の切削加工機を導入し、一ケタの<math>\mu</math>単位で勝負している。現段階の金属積層造形物は積層段差が大きく、2次加工が必要である。それを切削するのなら、最初から切削したほうが、コストが安く、早い。</li> <li>・ただ、内孔構造で刃物が入らない形状では魅力がある。</li> </ul>
金型製造業	・樹脂金型では実用レベルまで近づいていると聞く。今は本技術の情報収集を行い、自社で活用できるか見極め中である。
自動車部品製造業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積層段差が大きく、自動車の外装や内装部品で表面に出る部分には、使いにくい。それらの板金やプレス加工には、現段階では向かないと判断している。</li> <li>・ただ、内部に組み付ける部品では、実用化の領域に入りつつあると思う。</li> <li>・大きさについては、40センチ以上の造形物ができれば、内部部品等など補修パーツの在庫として使用できる可能性が高まる。</li> </ul>

この表には代表的な意見を一部加工して掲載している。

## 第7章 技術比較による積層造形技術の特徴分析

本章では、三次元積層造形技術の特徴を他の技術と比較することで、明らかにしようとする。まず、アンケートにおいて、5つの技術の中から9つの項目への対応度それぞれについて優れる技術の順位をつけてもらった。

集計については、第1位に5点、第2位に3点、第3位に1点を与え、その合計点数によってそれぞれレーダーチャートを描き比較を試みた。なお、本設問での有効回答数は150社である。

### 7-1 アンケート結果集計方法

問2. 下記の5つの加工技術を比較して、9つの縦項目それぞれにおいて優れる上位3つを順番に数字を入れて評価して下さい。(貴社で保有しない技術に関しても、お持ちの知識でお答えください)

	機械加工 (5軸含む)	鋳物、ロストワ ックス	プレス、 鍛造	粉末冶金	積層造形
例) 量産性		2	1	3	
1. 形状自由度					
2. 材料自由度					
3. 寸法精度					
4. 機械的強度					
5. ネットシェイプ度					
6. 量産性					
7. 製造コスト					
8. 自由曲面対応					
9. 大きさ対応					

\*1) 機械的強度とは：材料の力学的な変形あるいは破壊に対する強度のこと。

\*2) ネットシェイプ度：上記加工段階で2次加工の不要な度合い。

\*3) 自由曲面とは：方向や曲率(曲がり具合)を自由に調整できる曲線で形成された曲面。ベジエ曲線、Bスプライン、NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) などによる。

この150社以外の92社が無効回答であった要因としては、無効回答者から「これら技術について知識を持ち合わせていないため、回答は控えます」、「わが社には関係ないため答えられません」といったコメントがあったことから、これら92社の多くは、おそらくこれら技術を比較できる知識や経験を持ち合わせていなかったのではないかと考えられる。

計算結果を図表 7-1-1 に示す。

図表 7-1-1 技術評価計算結果 (n=150)

	形状 自由度	材料 自由度	寸法 精度	機械的 強度	ネットシ ェイプ度	量産 性	製造 コスト	自由曲 面对応	大きさ 対応
機械加工	336	585	649	512	428	190	265	287	439
鋳物、ロストワックス	261	219	127	205	151	353	311	281	338
プレス、鍛造	94	242	230	454	239	625	500	149	330
粉末冶金	130	115	123	93	138	124	112	118	58
積層造形	502	140	187	48	214	36	89	439	76

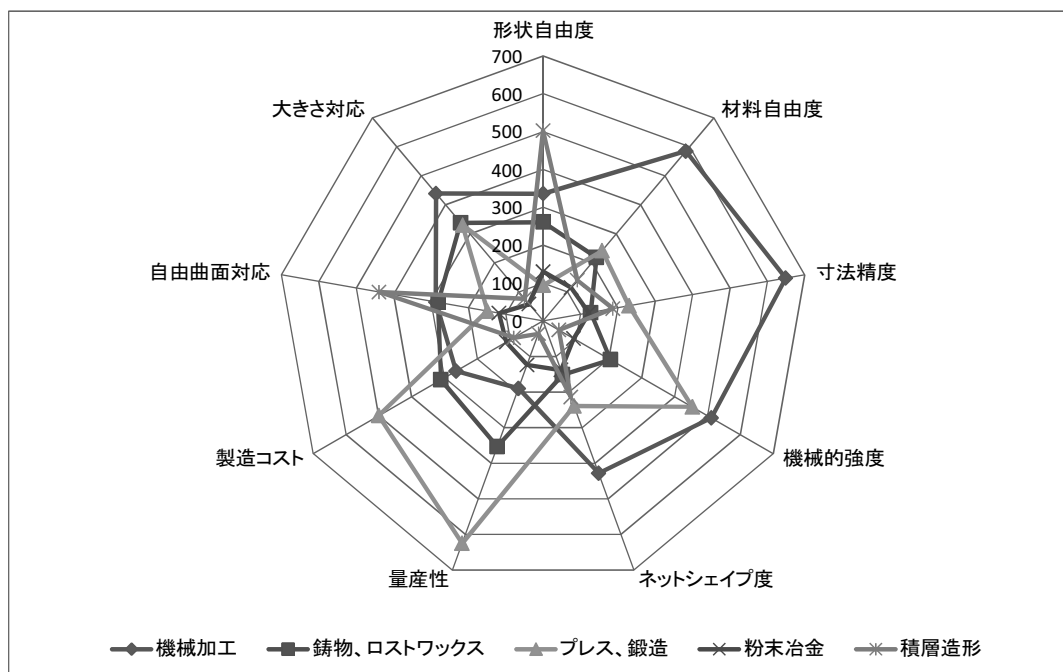
出典：本調査 【2】問 2

この計算結果に基づきレーダーチャートにて描画し、それぞれ分析した。

## 7-2 レーダーチャートでの表記

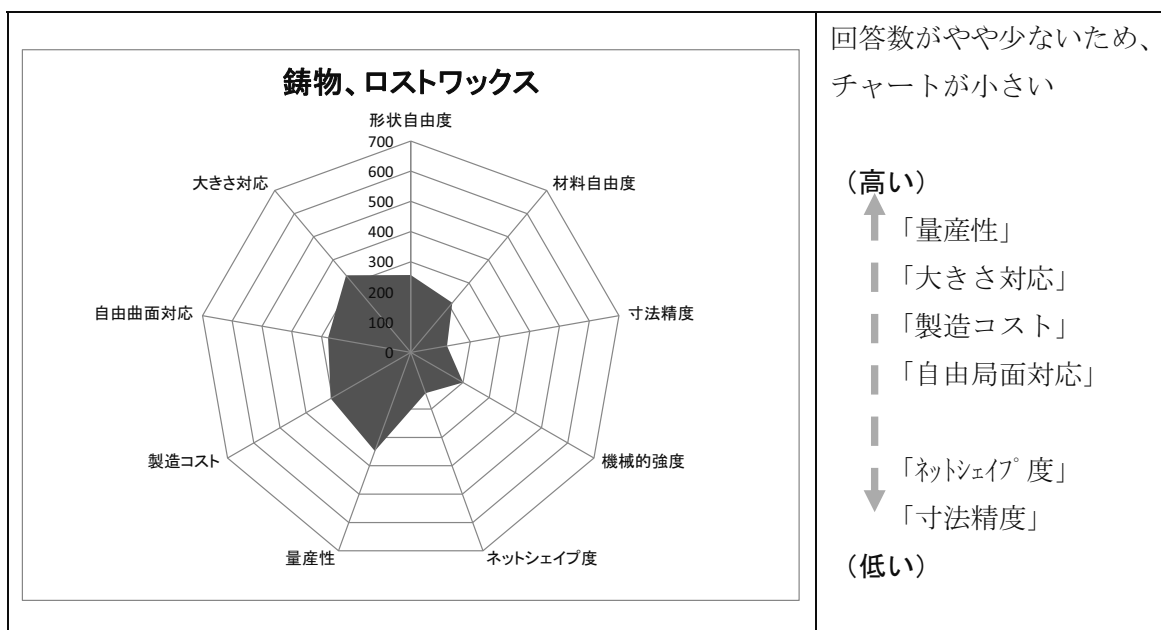
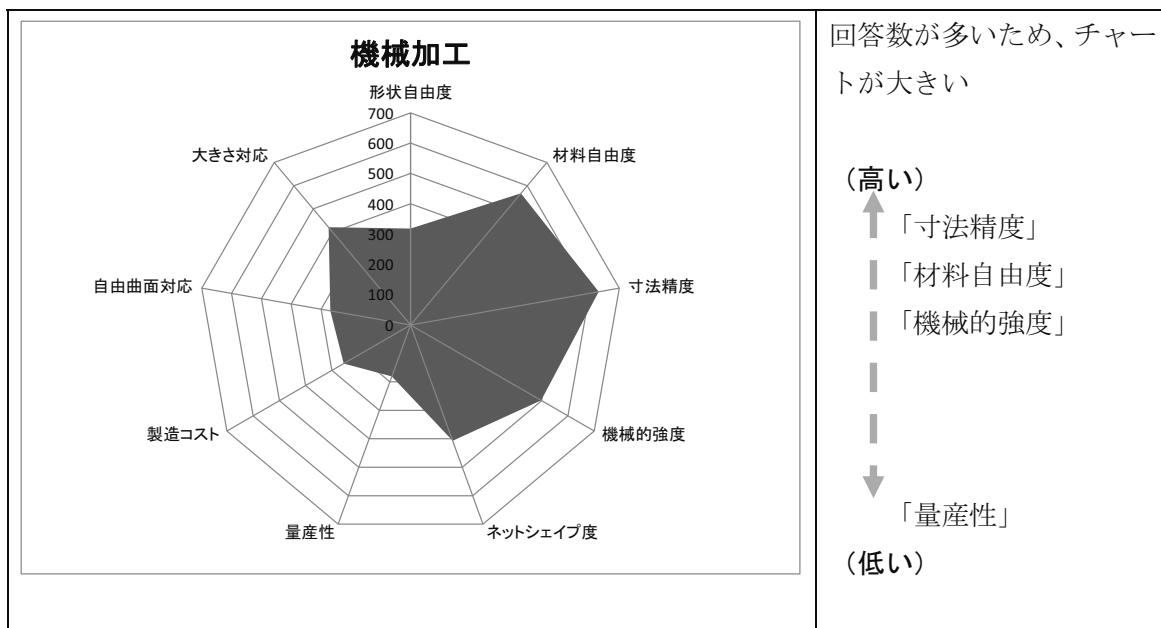
上記計算結果に基づき、分析を進めるために、レーダーチャートに表記した。

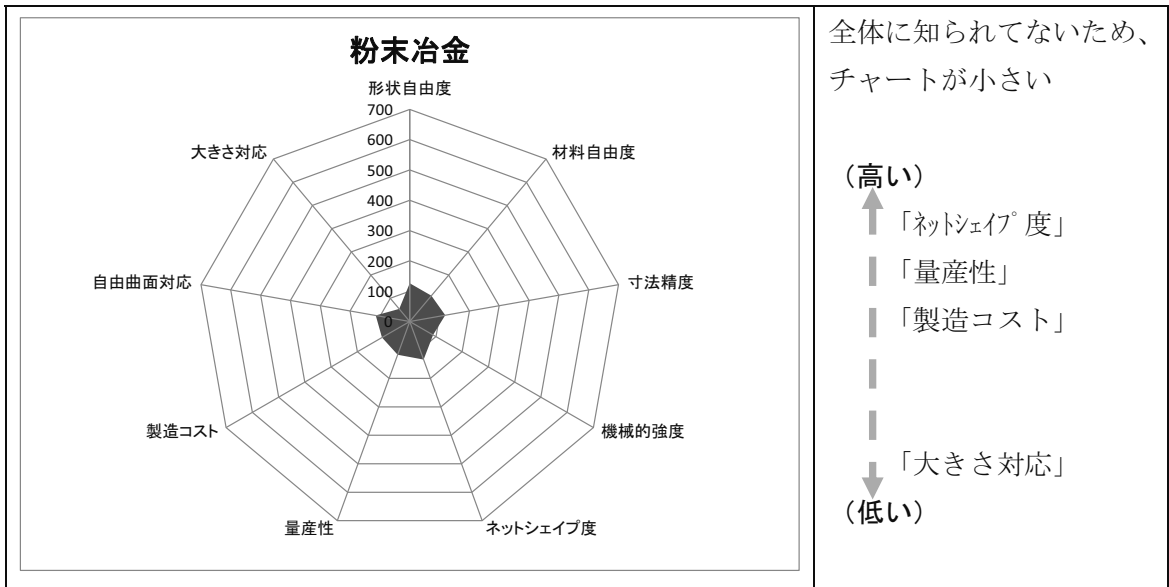
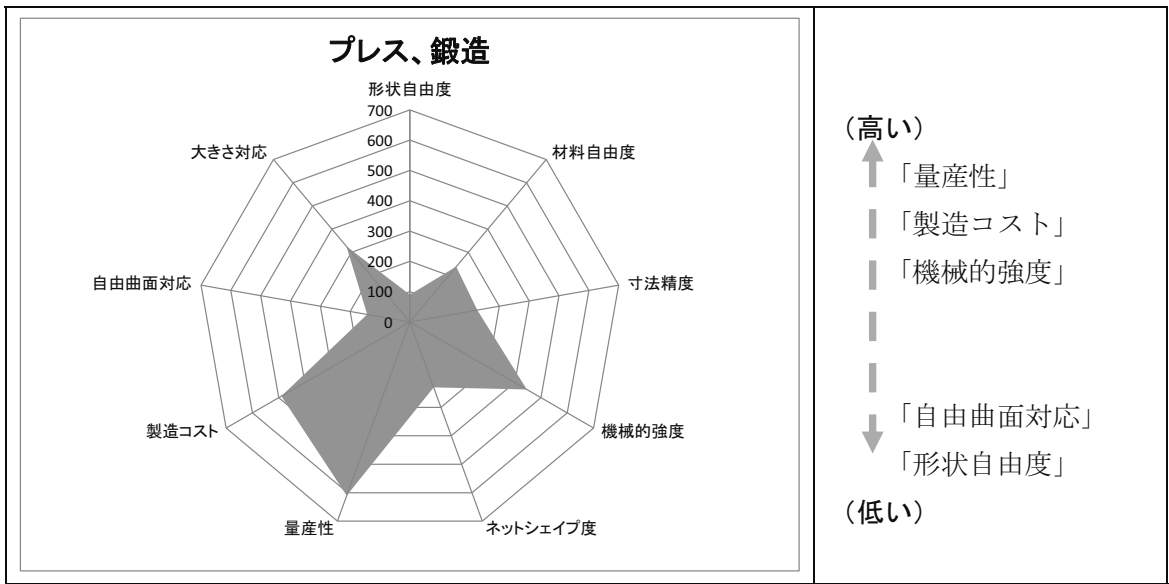
図表 7-2-1 全加工技術記載レーダーチャート



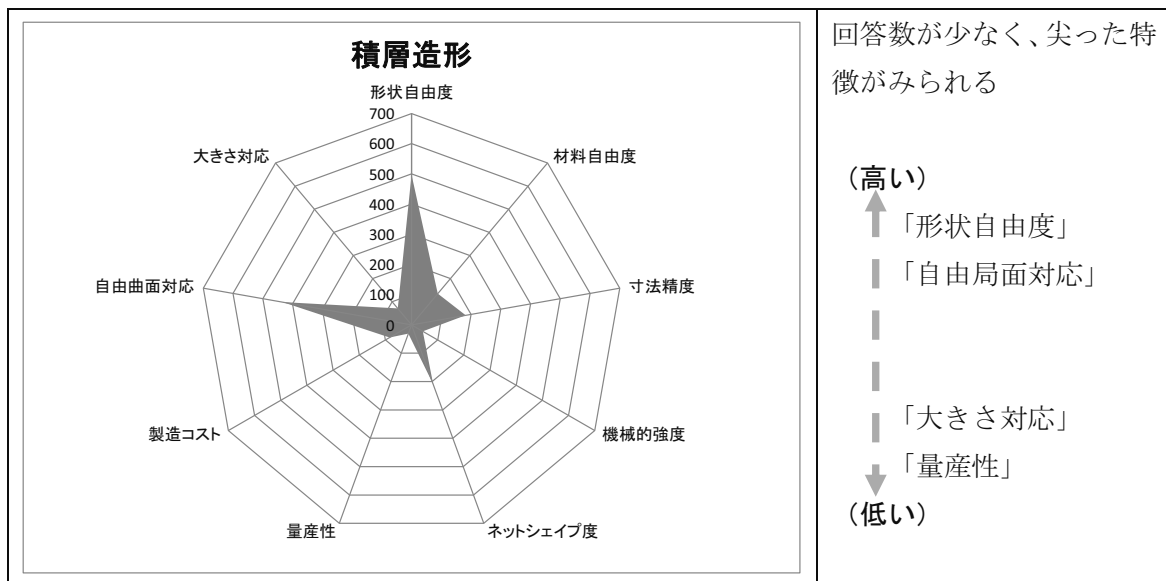
出典：本調査 【2】問 2 から分析

図表 7-2-2 各技術別のレーダーチャート









出典：本調査 【2】問2から分析

これらのレーダーチャートから、5つの技術について、以下のアからウの事柄が分析できた。

#### ア. チャートの大きさと回答企業の関わり度合い

回答数の差が点数に反映されるため、チャートが大きいほど回答数が多い、つまりその技術について関わっている企業数が多いという表れである。その点からみれば、「機械加工」、「プレス、鍛造」、「鋳物、ロストワックス」、「積層造形」、「粉末冶金」の順で、関わり度合いが弱くなっている。

#### イ. それぞれの加工技術の特徴が見出せる

機械加工は、「量産性」こそ低く評価されているものの、「寸法精度」、「材料自由度」、「機械的強度」についてチャートの面積が大きく、評価者が多く、特に高い評価となっている。

鋳物、ロストワックスは、機械加工に比べて回答数が少なく、チャートの面積が小さい。「量産性」、「大きさと対応」、「製造コスト」、「自由局面对応」について、評価が高い。一方、「ネットシェイプ度」、「寸法精度」について評価が低い。

プレス、鍛造は、「量産性」、「製造コスト」、「機械的強度」の評価が高い。一方、「自由曲面对応」、「形状自由度」の評価が低い。

粉末冶金は、チャートの面積が小さい、つまり、評価者の数が少ない。その理由としては、この技術を知らない企業者が多いこと、評価が低位で点数が上げられなかったことなどが考えられる。「ネットシェイプ度」、「量産性」、「製造コスト」への評価は高い。

積層造形については、「形状自由度」、「自由局面对応」について優れた評価を得ている。しかし、「量産性」や「大きさと対応」についての評価は低い。したがって最大の課題としては、「量産性」への対応力向上が挙げられる。

#### ウ. これら技術の組合せを考える

積層造形と機械加工を組み合わせれば、双方の特長を補完し、より付加価値を付与することができる。

例えば、「形状自由度」、「自由局面对応」に秀でた「積層造形」と「寸法精度」、「材料自由度」、「機械的強度」に優れる「機械加工」とを組み合わせ、優れた冷却性を有する射出成形用の金型を製造することが考えられる。この組合せは、図表 7-2-3 のように、すでに実用化され、ショット数の向上など成果を挙げている。

図表 7-2-3 螺旋水管によって、冷却性を高めたハイブリッド金型



出典：経済産業省製造産業局（2014）『「新ものづくり研究会」報告書』本編

この金型は、台座部分については機械加工により円柱を削りだし、その上部に載せた内部に水管を走らせた先端部分は積層造形によって造られている。

### 7-3 癖の強い三次元積層造形技術

これら分析から現在の三次元積層造形技術は、他の技術と比べて、非常に尖った、癖の強い技術であることがわかる。

したがって、造形において本技術を活用する場合は、他の技術を用いる場合以上に十分情報収集し、そうした癖を理解した上で進める必要があるだろう。

また、本技術は排他的な関係にあるものではなく、「組合せ」によることで、単独の技術で造形加工を行うよりも優れた付加価値を得られる。

## 第8章 三次元積層造形技術の活用用途や関連サービス、及び行政支援への要望

本章では、三次元積層造形技術を活用したものづくりのアイデア、そのサービスなどについて、実際に取り組まれていることや、技術活用やビジネス化に向けた取組に対しての行政支援への要望などについて、みていくこととする。

### 8-1 三次元積層造形技術の活用用途

第2章の図表2-4-1での用途分類に基づき、アンケート回答例も加味して再度考察したい。

図表8-1-1 ものづくりにおける三次元積層造形技術の活用用途

	既に運用段階	実用検討段階
試作	<ul style="list-style-type: none"> <li>・量産、提案、形状確認の試作品</li> <li>・機能評価品（組付、強度、風洞など）</li> </ul>	
マスターモデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・真空注型のモデル</li> <li>・樹脂型のモデル、中子</li> <li>・ロストワックス法の消失模型（指輪など）</li> <li>・靴型</li> </ul>	
型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鋳造の砂型</li> <li>・射出成形金型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鍛造やプレス金型</li> <li>・精密金型</li> </ul>
治工具	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保持具</li> <li>・取付作業の保持具など</li> </ul>	
最終製品、 最終部品	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器内部の機構部品</li> <li>・フィギュア</li> <li>・雑貨</li> <li>・服飾雑貨ショーモデル</li> <li>・教育キット、芸術作品、立体地図</li> <li>・文化財の展示レプリカ</li> <li>・食品の成形</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機器外装部品（曲面を有する）</li> <li>・電極</li> <li>・多積層電子基板</li> <li>・服飾雑貨販売品</li> </ul>
医療分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手術検討モデル</li> <li>・損傷部復元モデル</li> <li>・教育用臓器モデル</li> <li>・歯科用補綴物（クラウンなど）</li> <li>・人工骨、関節</li> <li>・カスタムメイド補聴器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・歯列矯正用キット</li> <li>・血管、関節など生体適合度の高いもの</li> </ul>

出典：各種資料から作成

試作においては、これまで「量産、提案、形状確認の試作品」や「機能評価品（組付、強度、風洞など）」などでは十分活用されている。この分野については、これまで同様に活用されると思われる。

マスターモデルについては、「真空注型のモデル」、「樹脂型のモデル、中子」、「ロストワックス法の消失模型（指輪など）」、「靴型」などの製作に実用化されている。指輪の消失模型での利用については、活用している企業が一定数みられる。

型については、この領域が実用化されてくれば、ものづくりに大きな変革が訪れると考えられる。現在では、「鑄造の砂型」、「射出成形金型」としては一定の実用レベルに達してきているが、いまだコストや既存工法との比較で優位性が低位なことから、活用が一部に留まっている。ただ、今後、金属積層造形の精度やコスト面での改善進化があれば、「鍛造やプレス金型」での活用が進むことで、大きな変革につながるであろう。

治工具分野では、「保持具」、「取付作業の保持具」などものづくりの現場で使用されるものについて各社開発、活用が進んでいる。従来から部品点数が多かった治工具づくりにおいて、造形面で自由度に優れる本工法が優位性を発揮できる場面も多いからである。

最終製品、最終部品の分野では、「機器内部の機構部品」などがエンブラなどの樹脂で製作可能となり、使用頻度が上がっている。

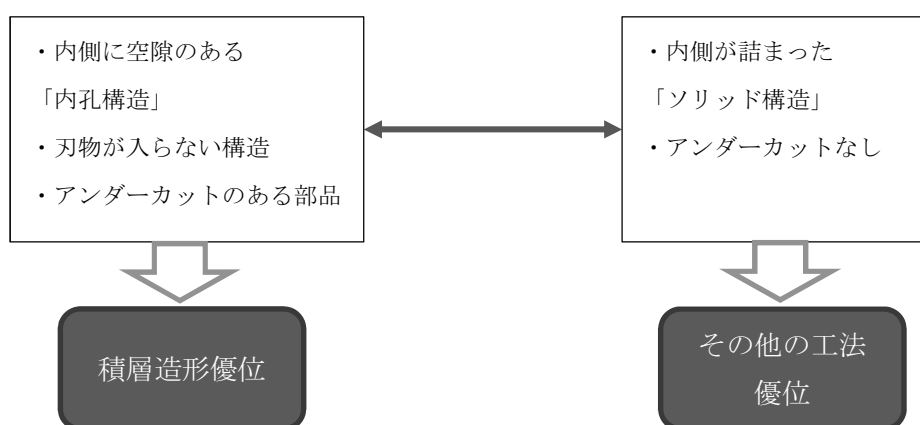
「フィギュア」、「雑貨」については、スマートフォンのカバーなどにアイデア次第で活用できるなど、まだまだ活用分野は未知数だといえる。「服飾雑貨ショーモデル」は一点ものが多く、造形の自由度を最大限発揮できることから活用が進むとみられる。「教育キット」、「芸術作品」、「立体地図」なども実用化されている。「文化財の展示レプリカ」は二次加工が必要となるが、スキャナの活用と合わせて一点物の造形物を製作するなど優位性が高い。「食品の造形」については、データとの連携が進められ、データをプリントできる装置の活用でさらに実用化が進むと考えられる。ケーキやクッキーなどを CAD データから造形したり、栄養成分を独自の配合で混ぜ合わせ、食べやすい形状にした補助食品などの実用化などが進められている。

ただ、先にも指摘したとおり、積層段差の解消に手間がかかる、精度が保障できない、材料に制限が大きいなど「機器外装部品（曲面を有する）」においては、まだまだノウハウの蓄積が必要である。その他、技術・材料面でさらにハードルを乗り越える必要が高い「電極」、「多積層電子基板」、材料の制限というハードルを越える必要がある「服飾雑貨販売品」などについては今後の実用化にはしばらく時間を要するものと思われる。

医療分野では、他の分野よりも戦略的に活用が進んでいる。「手術検討モデル」、「損傷部復元モデル」、「教育用臓器モデル」、「歯科用補綴物（クラウンなど）」、「人工骨、関節」など実用事例をよく目にするようになってきた。加えて、日本でも「カスタムメイド補聴器」が製作されるようになってきた。特に、歯科補綴物に関しては、歯科の保険制度が改訂になり CAD/CAM 製作による工法が推奨されていることから更に活用が進むと考えられる。これ以外のものもコスト面で優位性が高まれば、さらに活用が進むと考えられる。

海外では実証化されている「歯列矯正用キット」、「血管、関節など生体適合度の高いもの」などはこれから材料面の課題が解決され、ビジネス化へのアイデアが出されることにより、実現化が加速するものと思われる。いずれにせよ、少量のものづくり、自由形状への対応力の高さという特長を最大限発揮できれば、一人として同じでない人体に適合させる部品製作においては優位性が高いと思われる。

図表 8-1-2 形状からみた比較 内孔構造とソリッド構造など



出典：独自に作成

一方、積層段差を加工せずに使用できる部品や製品、加えて、その内部に空隙を伴う内孔構造（例、ハニカム構造）の加工においては他の工法よりも、三次元積層造形技術による方が優位性、自由度が高まる（図表 8-1-2）。

上記図表にまとめた三次元積層造形技術の方が優位性が高い活用用途であっても、他の工法と比較をして十分検討したうえで、加工工法を選択することが必要であろう。

## 8-2 新たなビジネスの仕組み

本技術を活用した新たなビジネスの仕組みについて、アンケートの回答からまとめた。

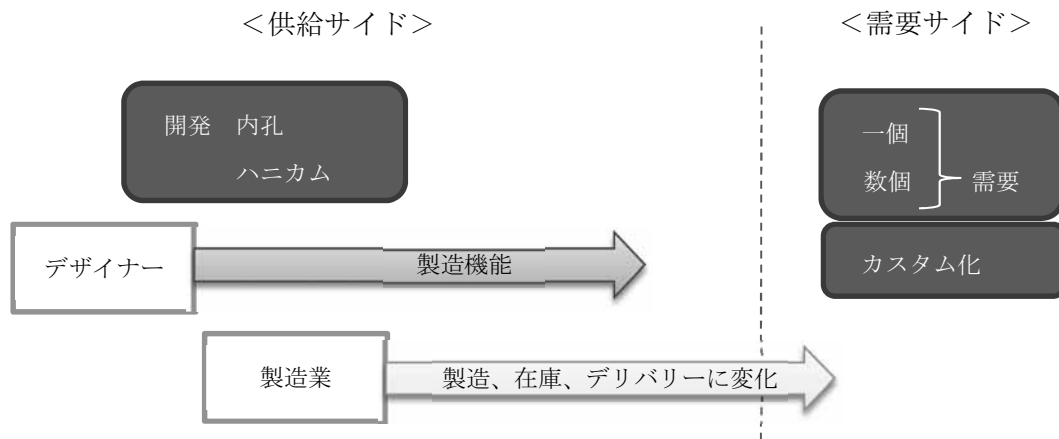
図表 8-2-1 ビジネスでの活用 アンケート回答例

製品づくり	オリジナルiPhoneカバーの製作。
業態開発	造形から試作、射出成形による量産まで、ワンストップで対応できることで、お客様の利便性を向上させるサービスを始める。
材料開発	WAX で造形し、他の物性に変えるための補助材料を開発中。
製品開発、業態開発	自動車等の外装を樹脂パーツ化し、着せ替えで、各パーツメーカーの企画を統一化し、ユーザーの個別要望に対応できる仕組みを実施したい。

出典：本調査 【2】問4

これから必要なのは、新たな価値をこの技術によってどう見分けて、創り出すのかである。そこでのヒントとしては、以下の項目が考えられる。

図表 8-2-2 三次元積層造形技術でどういう価値を創り出すか？



出典：独自に作成

まず、供給サイドとして、本技術が他の工法と比べて、優位性のある部分を最大限に発揮させる開発に取り組む必要がある。内孔構造、ハニカム構造などを活かした造形物を創り上げることが必要である。また、造形物の内部を複雑な形状を有する型（らせん状の水管を有する）にするのも最適である。

需要サイドへの対応では、大量の需要よりもやや少量の需要、もしくは一個、数個といった需要、またはユーザーが好むカスタム化に応える必要も生じるであろう。そうした供給と需要サイドを支えるのは、デザイナーや個人ユーザー、企業が有するデータやノウハウの具現化である。こうしたアイデアを有する者たちが容易に、自分のデータやアイデアを具現化できることで、製造機能へ進出するといった業態変化が予想される。三次元積層造形技術を最大限に使用し、少ない電力で、優しい風を送る複数羽の扇風機を開発したグリーンファン（バルミューダ(株)）<sup>11</sup>などファブレス企業が台頭する可能性も出てきた。

最後に、需要サイドの少量化への供給を担う製造業では、利益確保のために製造、在庫、デリバリーのセクションに本積層造形技術を活かしていかなくてはならない。そうすることで、これまでネックとなっていた在庫について、ジャストインタイム生産を超える、その場ですぐに造形、生産する「適地適時生産」といった概念が生み出される可能性がある。加えて、それにより、ユーザーがデータに手を加えたカスタマイズ造形物の適地適時生産が行われてくることも考えられる。こうした変化に製造業は対応していく必要がある。

<sup>11</sup> デザイン性と機能を実現するために、開発段階から東京都の公設試験研究機関が開発に関わったことで有名。東京都立産業技術研究センター編（2014），p.159 参照。

### 8-3 三次元積層造形技術に関連する製造支援サービス

三次元積層造形技術を様々な産業で最大限に活用されるようにするには、それに関連する「製造支援サービス業」が不可欠である。他の製造分野をみても同様に、ものづくりとそれに関連する製造支援サービス業が対になって発展してきている。例えば、製造加工するために必要となる CAD 図面を作成する図面作成サービス業がある。また、CAD データを作成するだけでなく修正、CAM データへの変換、CAE（構造解析）でのシミュレーションなどを行うことでものづくりを支えるサービス業がみられる。

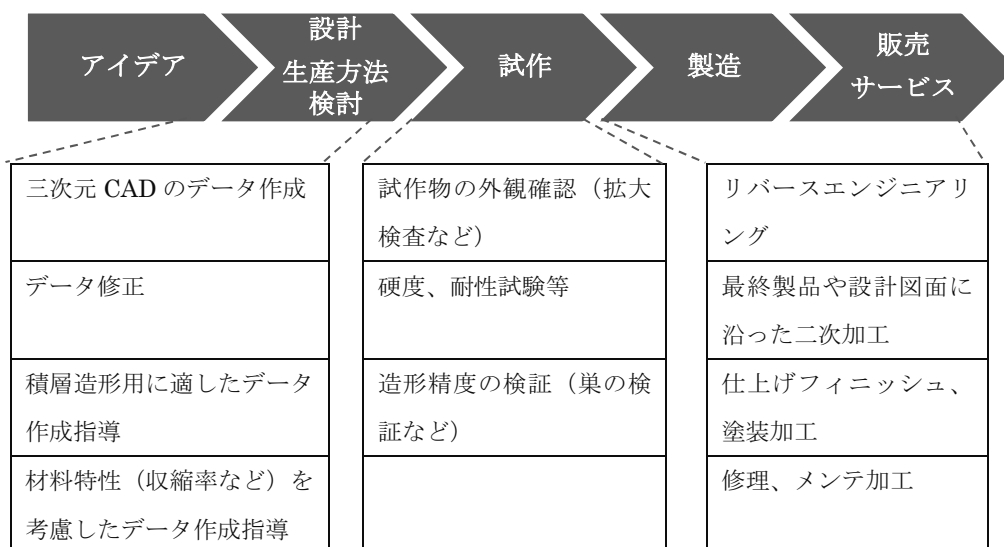
また、試作業は試作品製作を受注し、図面から造形、最終製品に合わせたフィニッシュ加工など仕上げを行っているがこうしたサービスもものづくりの初期部分では欠かせない。

これら製造支援サービス業は、ソフトウェアなどの進化で自動化が進んでいるとはいえ、実際には人手による経験知、ノウハウが欠かせないことなどから重要な役割を果たしている。このように、ものづくりに関連する製造支援サービス業抜きには、ものづくりそのものも発展しないのである。

#### 8-3-1 三次元積層造形技術に関わる製造支援サービス業分野

三次元積層造形技術を最大限活用するには、当然のこと三次元 CAD の利用が不可欠であり、三次元 CAD のデータ作成サービス、データ修正サービス、積層造形用に適したデータ作成指導サービス、樹脂や金属といった材料の収縮率などの特性に合わせたデータ作成ノウハウの指導サービスなどが設計、生産方法検討段階での製造支援サービス業分野として考えられる。

図表 8-3-1 三次元積層造形技術に関わる製造支援サービス業分野



出典：独自に作成



加えて、造形物の確認及び CAD データとの成形精度の比較検証（リバースエンジニアリング）サービス、および、試作品の場合では、最終製品や設計図面に沿った二次加工、仕上げフィニッシュ加工、塗装仕上げ加工なども製造支援サービス業分野として挙げられる。

これらサービス領域は主として「試作業」の事業領域である。今後は造形についてはメーカーなどが三次元積層造形機を導入し、内製化したとしても、最終的な仕上げについては試作業が競争優位を確保できると考える。

また、こうしたデータ作成から試作、仕上げなどデジタルデータ作成からアナログの実体物製作までを一気通貫の受注ができる業態が、今後さらに事業領域を拡大するはずである。この領域は現在のところ、試作業が担っているため、こうした業態は今後の発展分野を意識したビジネス・システム<sup>12</sup>の再構築が必要となってきたといえよう。つまり、試作業が三次元積層技術を採用するか、どうなのかといった意思決定が必要となってきた。

さらには、試作物の外観確認、硬度、造形精度の検証（表面、単の検証）、各種条件試験などが必要であり、こうした試験装置や試験の手順についてノウハウを有する公設試験研究機関の役割は大きい。

こうした視点から事業化に向けた行政への要望も多岐にわたる。次にそれについてのアンケート調査での回答をまとめたい。

#### 8-4 事業化に向けた行政支援への要望

最後に、先に検討した企業の三次元積層造形技術の活用に関する動きの中で出されている行政支援への要望について、アンケートによる回答をまとめ、分析したい。

図表 8-4-1 導入・活用之际の行政への要望（複数回答）

回答者数 145 社のうち、回答率 25%を超えるものを選択

	度数	%
(資金面) 補助金制度	89	61.4
(機材面) 加工ノウハウの指導	67	46.2
(サービス面) 手軽にできる出力サービス	60	41.4
(人材面) オペレーター養成研修	54	37.2
(人材面) 経営支援	51	35.2
(資金面) 機器貸与制度	42	29.0
(機材面) 導入時の方式等アドバイス	39	26.9
(サービス面) 3D データ作成代行	39	26.9

出典：本調査 【2】問 5

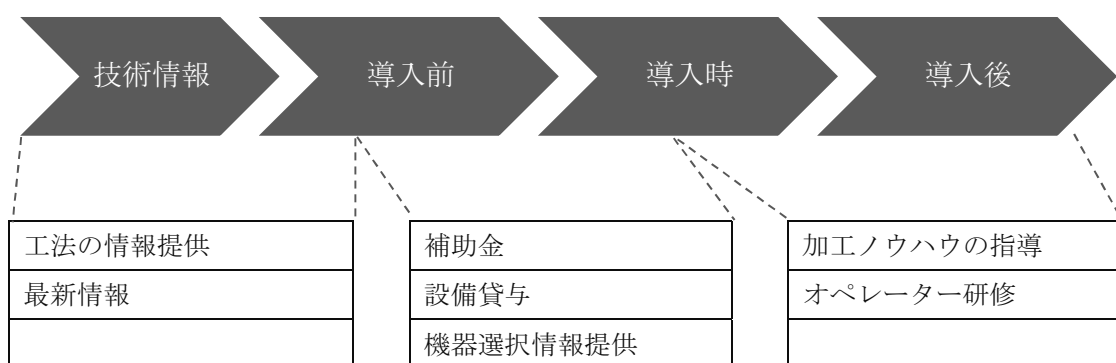
<sup>12</sup> 事業を進めていくための構成要素、プラットフォーム。具体的な事業実施に落とし込んだ計画や実施内容。ビジネス・プランは、収益を上げる方法。

「補助金制度」を選択する企業数は 60%を超えた。一昨年から実施されているものづくり関連補助金によって、三次元積層造形機などを導入する企業が多かったようであるが、本質問においても補助金制度が最も多く選択された。

次いで、「加工ノウハウの指導」が多い。【2】問3の造形機や材料についての要望で、「新たな工法や機器に関する情報がほしい」という回答が多いこと、また、インタビューにおいても、「加工に関する知恵や工夫についての情報がほしい」といった意見が聞かれた。こうした要望からは、データの設計、材料特性、造形機の特性など様々な設定項目を最適化しないと求める出力精度が実現しにくく、それが導入した企業の担当者にとっての課題となっているということが伺える。また、回答率の順位は下位だが「導入時の方式等アドバイス」が挙げられているのも、こうした理由によるのであろう。つまり、使いこなすには相当の経験とノウハウが必要で、その部分のサポートが求められている。

また、「手軽にできる出力サービス」が上位に挙げられている。材料や機器の価格が高いことが他の設問への回答でも言及されており、中小企業が手軽に出力してみたい場合に素早く、簡単に対応するサービスが充実していないことが伺える。また、少し下位だが、「機器貸与制度」が挙げられているのもこうした理由によるのであろう。

図表 8-4-2 行政へ支援要望



出典：独自に作成

まとめると、行政への支援として要望が出されているのは、1. 三次元積層造形技術が自社の技術領域に対して関連するのか、活用できるのかを判断、意思決定する時点での情報提供、2. 導入時における機器の選択に関する情報、3. 導入後の加工ノウハウなどの指導、4. 導入時に購入するか貸与を受けるか判断するが、それぞれに応じた支援制度（補助、貸与）、5. 導入前後のオペレーター研修にまとめられる。

次に、こうした要望に対して、どう応えるのかまとめたい。

技術情報について、「工法の情報提供」が求められているが、最新工法については積層造形機メーカーや取扱商社が詳しい。そのため、そうした「最新情報」を収集し、府内もの

づくり中小企業に提供するために、セミナーや勉強会などを行うことが必要であろう。

(地独)大阪府立産業技術総合研究所は工法に関しては、国内でもトップクラスの技術・ノウハウを有する(特に、金属関連の造形について)。そのため、これまで同様、当研究所が実施する実地指導や技術指導、共同研究事業において対応することが可能であろう。ただ、装置、研究員の数に限られていることから、対応できる案件数も限られ、要望数に対してどれだけ対応できるのか不透明である。今後、これら装置や実験予算、人員の充実が必要であろう。

導入段階での資金面での支援については、「補助金制度」が重要であるが、本府の財政状況から潤沢な制度設計は非常に難しい。これまでのように国のものづくり支援制度に期待したい。一方、三次元積層造形機のリースが始まっていることから「設備貸与制度」の充実を期待したい。公益財団法人大阪産業振興機構の設備貸与制度についても、一定の制限<sup>13</sup>はあるが利用可能である。

また、導入段階においては機器選定時の情報提供も必要である。目的や用途が明確な企業にとって選択は容易であるが、それらが不透明な企業にとっての選択は非常に難しく、正確な情報とコンサルティングが必要となるからである。こうした情報提供については、近畿地域における公設試験研究機関が保有する三次元積層造形機の種類は多岐にわたるため、各機関で使用した経験やノウハウを集約し、提供することができればよりの確で満足度の高い情報提供が可能であることから、そうした機関同士の連携事業を構築する必要性が高い。

---

<sup>13</sup> 設備貸与制度の利用者は、原則、従業員規模は製造業なら20人以下、設備価格(消費税を含む)100万円以上8,000万円以下である。条件として、経営基盤強化に必要な設備(設備導入することにより、付加価値額〔営業利益、人件費、減価償却費の合計〕が3年後で6%、4年後で8%又は5年後で10%以上向上すると見込まれるもの。)ただ、特別承認枠として、さらに従業員の多い企業でも、借入金残高、経常利益額、大企業からの出資割合、付加価値額の増加率など異なる条件で対応可能である。詳しくは、大阪産業振興機構のWebサイト参照。

図表 8-4-3 近畿圏の公設試験研究機関が保有する三次元積層造形機

	樹脂				WAX	石膏 セラミック	金属 1	金属 2
	FDM	IJ	光造形	粉末	IJ		粉末	複合
福井県工業技術センター	○ABS		○	○	○	○		○
滋賀県工業総合技術センター		○						
京都府中小企業技術センター				○				
京都市産業技術研究所	○PC							
大阪府立産業技術総合研究所		○		○			○2機	
兵庫県立工業技術センター		○				○		
奈良県産業振興総合センター	○ABS				○			
和歌山県工業技術センター		○PP	○			○		

注) IJ：インクジェット方式、WAX：熱溶融性樹脂、金属 1：マルエージング鋼・チタン・ステンレス、または鉄、金属 2：マルエージング鋼・チタン・アルミニウム合金、複合：金属粉末焼結＋切削加工、PC：ポリカーボネイト、PP：ポリプロピレンライク

出典：地域オープンイノベーション促進事業シンポジウム（2014）『生き残り企業になるためのものづくり戦略』講演資料集，経済産業省近畿経済産業局を元に加工

導入時から導入後に向けての支援としては、「加工ノウハウの指導」や「オペレーター研修」が要望されているが、本業界において三次元積層造形機を扱える人材も現在少なく、限定される。メーカー、機種、材料ごとに操作方法等が大きく異なり、こうした局所的ノウハウを指導することは施策として対応しにくいいため、「オペレーター研修」については民間企業が担うことが望ましいと考えられる。もちろん、加工ノウハウの指導面では、物性試験や造形物の検査、試験について公設試験研究機関が本来業務として、これまで膨大な蓄積を有しているため十分な支援を行える。

こうした段階を追った業界への側面支援を行い、ものづくりの高度化に結実させていく施策展開が必要であろう。

## まとめ

三次元積層造形技術について、歴史、機器、活用状況、導入効果、未導入理由、他工法との比較といった多面的な視点からまとめてきた。特に、意識したのは、中小企業の現場レベルでの視点であった。中小企業では本積層造形技術をどう考えていけばよいのかという問いに対する答えを、一定レベルで明らかにできたと考える。

最後に、まとめとして、本調査研究による三つの社会的貢献について指摘したうえで、残された研究の余地、今後の課題など考えることにする。

**一点目は、「三次元積層造形技術の活用実態」、「三次元 CAD 活用」に関する量的データを明らかにしたことである。**

30 年余りの比較的歴史の新しい本積層造形技術が二度目の活用ブームに沸いている。このブームの中で、特に、中小企業の現場ではこの技術がどう活用されているのか、その実態データをアンケート調査によって量的に明らかにした。その結果、大阪府内の製造業では約 15%の企業で活用されていた。この数字自体について他の地域と比較できるものが少なく、地域比較できないのが残念である。

また、三次元 CAD についての導入実態も明らかにし、回答企業では約 36%で導入済みとの結果を得た。この数字も本論でみたように、大阪地域の産業構成（家電等の旧来型産業が主）からすれば妥当な数字であると思われる。

これら二つの三次元積層造形機の活用調査データ、三次元 CAD 活用調査データについて、日本国内で調査研究がさらに進み、地域比較、時系列の変化などがつぶさに明らかにできるようになれば、新たなイノベーションによる産業界での事業・構造面での変化についての実態をよりの確にとらえることが可能になるであろう。そして、それによって、産業や企業支援の政策検討の課題が明らかとなり、政策議論の活発化へとつながるであろう。まずは日本の各地域間で比較対照できる調査研究成果が待たれる。

**二点目に、三次元積層造形技術の特徴を他の工法と量的に比較し、明示化したことである。**

これまで切削加工をはじめ、各工法と本積層造形技術を比較した際に、それらの違いは指摘されてはいたが、それらはいずれも量的に立証されていない「感覚」的なものであった。本調査研究により本積層造形技術が他の 4 つの加工法と比べて、自由形状度、自由局面对応において優れることなど非常に癖の強い尖がった技術であることが量的に、視覚的に明らかにできた。この明示化されたデータは、ものづくりの現場においてこれら技術の特徴を正確に把握したうえで対応していくための基礎データとして有益であろう。

三点目に、三次元積層造形技術分野で産業・経済・経営の視点から行った初の本格的調査となったことである。

三次元積層造形技術分野に関しては、技術に関する調査研究が主であり、多数の蓄積がみられる。一方、産業、経済、経営面からの調査研究はほとんどみられない。しかしながら、本積層造形技術が進展してくれば、産業構造面、取引構造面、企業戦略面などにおいて様々な変化が起こるはずである。

すなわち、本積層造形技術の進展による機器等の普及とともに、金型業、射出成形業、試作業ではプラス、マイナスの変化が確実に起こるのであろう。例えば、本技術により、金型業では「一部に代替」が起こりうる。例えば、比較的造形回数が少なく、面の形状が比較的粗めの樹脂成形金型は金属の積層造形技術で造られるものにとって変わられる可能性がある<sup>14</sup>。しかしながら、全てが代替されるとは考えられず、精密金型、大型の金型は現状の工法が維持されるであろう。また、インタビューで「三次元積層造形機が出てきて、我々試作業の受注が減った」と聞かれたように、大手企業などが外注していた試作を積層造形機の導入で内製化した結果、試作業の仕事が減っているようである。このように、試作業ではマイナスの影響が大きいとみられるが、一方では試業者によっては積層造形機を自ら導入することによって、そうしたマイナスの影響を受けず、特異な二次加工とフィニッシュ仕上げ加工を武器に業容を伸ばす例が見られる。このように、産業面での影響を今後つぶさに調査研究していく余地があり、それが今後の調査研究の課題領域となっている。

最後に本調査研究結果が、中小企業のまち大阪の将来像を描くなど支援施策を立案する本府商工労働行政の基礎資料として活用されることを強く願いたい。また、積層造形技術について導入、活用、未導入などの意思決定に関わる製造業の開発担当者や企業代表者、ならびに産業界の関係者の方々が本調査研究結果を役立てていただくことを願ってやまない。

---

<sup>14</sup> 松下隆(2014)では、まず印刷業におけるデジタル化イノベーションの変化が網羅的に進んだことを指摘した上で、三次元積層造形技術の普及によって似た変化が起きることを考察している。金型業、射出成形業、試作業の事業や取引構造面では「一部工程の代替」や「間接的なマイナス影響」、または異なる産業でのプラス影響などが起こりつつあることを指摘している。

## 《参考文献》

### 三次元積層造形に関するもの

- 足立昌彦，稲田雅彦，大口 諒，PALABOLA，和田拓朗（2013）『3D プリンター実用ガイド』，日経 BP 社
- 一般財団法人素形材センター「よくわかる RP の活用法」『素形材』，第 52 巻第 8～12 号，第 53 号第 2～12 号，第 54 巻 2～4 号
- 経済産業省製造産業局（2014）『新ものづくり研究会 報告書』及び別添資料
- クリス・アンダーソン，関美和（訳）（2012）『MAKERS—21 世紀の産業革命が始まる』，NHK 出版
- クリストファー・バーナット，原雄司（監），小林啓倫（訳）（2013）『3D プリンターが創る未来』，日経 BP 社
- 事業構想大学院大学（2014）「3D の市場創造力」『月刊事業構想』2 月号，事業構想大学院大学出版部，pp.14-49
- 財団法人滋賀県産業支援プラザ（2008）『IT 活用型試作産業可能性「試作集中購買サービス」に関する調査』（平成 19 年度「滋賀の地域資源を活かした」サービス産業事業化可能性調査事業）
- 東京都立産業技術研究センター（2014）『3D プリンタによるプロトタイピング』，オーム社
- 中川威雄，丸谷洋二（1996）『積層造形システム—三次元コピー技術の新展開』，工業調査会
- 日経ものづくり 編（2013）『3D プリンタ総覧 2014 最新技術動向から活用事例、製品情報まで』，日経 BP 社
- ニール・ガーシェンフェルド，田中浩也（監），糸川 洋（訳）（2012）『Fab —パーソナルコンピュータからパーソナルファブ리케이션へ』，オライリージャパン
- 松下 隆（2014）「デジタル化イノベーションによる産業の変化—印刷関連業での動向から積層造形関連分野の今後を見通す—」，『産開研論集』第 26 号，大阪府商工労働部（大阪産業経済リサーチセンター）
- 丸谷洋二，早野誠治（2014）『解説 3D プリンター -AM 技術の持続的発展のために』，オプトロニクス社
- 丸谷洋二，早野誠治，今中暎（2002）『積層造形技術資料集』，オプトロニクス社
- 水野 操（2012）『初心者 Makers のための 3D プリンター&周辺ツール活用ガイド』
- 山口修一，山路達也（2012）『インクジェット時代がきた！～液晶テレビも骨も作れる驚異の技術～』，光文社新書

### 三次元 CAD に関するもの

飯田吉秋（2004）『思いのままのモノづくり—3D CAD 徹底解説』，オーム社

竹田陽子（2000）『プロダクト・リアライゼーション戦略—3次元情報技術が製品開発組織に与える影響』，白桃書房

竹田陽子，青島矢一，延岡健太郎（2004）「3次元 CAD の普及と製品開発プロセスに及ぼす影響」『技術マネジメント研究』，Vol.4，横浜国立大学技術マネジメント研究学会，pp. 1-12



《集計データ》

【1】貴社の概要について

問1 事業概要

業種

	度数	%
1. 家具・装備品	6	2.5
2. 印刷・同関連	22	9.1
3. プラスチック製品	35	14.5
4. 鋳型（中子を含む）	0	0.0
5. 鉄素形材	2	0.8
6. 非鉄金属素形材	1	0.4
7. 金属製品	77	31.8
8. はん用機械器具	2	0.8
9. 生産用機械器具	22	9.1
10. 業務用機械器具	10	4.1
11. 電子部品・デバイス・電子回路	3	1.2
12. 電気機械器具	14	5.8
13. 情報通信機械器具	0	0.0
14. 輸送用機械器具	11	4.5
15. その他	35	14.5
無回答	2	0.8
計	242	100.0

創業時期

	度数	%
1909年以前	6	2.5
1910年代	4	1.7
1920年代	8	3.3
1930年代	7	2.9
1940年代	25	10.3
1950年代	28	11.6
1960年代	37	15.3
1970年代	37	15.3
1980年代	34	14.0
1990年代	25	10.3
2000年代	14	5.8
2010年代	4	1.7
無回答	13	5.4
計	242	100.0

年間売上高（直近期）

	度数	%
3000 万円未満	13	5.4
3000 万円以上 5000 万円未満	10	4.1
5000 万円以上 1 億円未満	33	13.6
1 億円以上 3 億円未満	64	26.4
3 億円以上 5 億円未満	29	12.0
5 億円以上 10 億円未満	38	15.7
10 億円以上 30 億円未満	27	11.2
30 億円以上 100 億円未満	6	2.5
100 億円以上	12	5.0
無回答	10	4.1
計	242	100.0

従業員数

	度数	%
～5 人	35	14.5
6～10 人	52	21.5
11～30 人	88	36.4
31～50 人	16	6.6
51～100 人	29	12.0
101～300 人	9	3.7
301～500 人	4	1.7
501 人～	6	2.5
無回答	3	1.2
計	242	100.0

資本金額

	度数	%
1. 3 億円以下	227	93.8
2. 3 億円超	14	5.8
無回答	1	0.4
計	242	100.0

最近 3 年の売上推移

	度数	%
1. 増加	84	34.7
2. 横ばい	98	40.5
3. 減少	55	22.7
無回答	5	2.1
計	242	100.0

経常利益（直近期）

	度数	%
1. 黒字	117	48.3
2. 収支トントン	79	32.6
3. 赤字	42	17.4
無回答	4	1.7
計	242	100.0

主な設備投資内容と金額（直近期）

大分類（機械受注統計調査報告：機種分類に基づく）

	度数	%
金属加工機械	4	1.7
工作機械	24	9.9
工作機械、産業機械	3	1.2
産業機械	58	24.0
設備	17	7.0
鉄構物	1	0.4
電子通信機械	9	3.7
投資なし	126	52.1
計	242	100.0

問2 加工種別（複数回答）

除去加工	度数	%
1. 切削	107	66.5
2. 砥粒	15	9.3
3. 放電	18	11.2
4. 電解	4	2.5
5. ビーム	4	2.5
6. エッチング	3	1.9
7. その他	10	6.2

回答者数：161

付加工	度数	%
1. 接着	26	15.1
2. 溶接	81	47.1
3. 溶射	3	1.7
4. めっき	21	12.2
5. コーティング	20	11.6
6. 積層造形	6	3.5
7. その他	15	8.7

回答者数：172

変形加工	度数	%
1. 鋳造	7	5.0
2. 鍛造	9	6.4
3. 絞り	14	10.0
4. 金属プレス	53	37.9
5. 圧延	1	0.7
6. 押出し	8	5.7
7. 伸線	1	0.7
8. 射出成形	25	17.9
9. 粉末成形	5	3.6
10. その他	17	12.1

回答者数：140

その他	度数	%
1. 印刷関連	28	44.4
2. その他	35	55.6

回答者数：63

クロス集計	度数	%
除去加工のみを有する	31	12.8
付加加工のみ "	16	6.6
変形加工のみ "	25	10.3
印刷のみ "	20	8.3
いずれか複数の加工を有する	138	57.0
無回答	12	5.0

### 問3 製造・加工品の特徴

製造・加工品の特徴（売上高が最も多いもの）

	度数	%
1. 加工のみ	69	28.5
2. 部品	62	25.6
3. 最終製品	85	35.1
4. 消費財	11	4.5
無回答	15	6.2
計	242	100.0

#### 最終製品の内訳

	度数	%
ア. 金型	16	18.8
イ. 試作品	6	7.1
ウ. 治工具	0	0.0
エ. その他	57	67.1
無回答	6	7.1
計	85	100.0

#### 1ロット当たりの生産個数

	度数	%
1. 1万個以上	22	9.1
2. 千個以上1万個未満	45	18.6
3. 百個以上千個未満	37	15.3
4. 十個以上百個未満	36	14.9
5. 十個未満	68	28.1
無回答	34	14.0
計	242	100.0

#### 加工・組立精度

	度数	%
1. 1mm オーダー	30	12.4
2. 0.1mm	62	25.6
3. 0.01mm	66	27.3
4. 0.001mm	16	6.6
5. 関係しない	42	17.4
無回答	26	10.7
計	242	100.0

#### 受注から納品までの日数

	度数	%
1. 当日	5	2.1
2. 2日	12	5.0
3. 3～4日	26	10.7
4. 5日～7日	31	12.8
5. 2～3週間	57	23.6
6. 1ヶ月程度	53	21.9
7. 2ヶ月以上	29	12.0
無回答	29	12.0
計	242	100.0

問4 試作加工品の有無とその目的

	度数	%
1. あり	165	68.2
2. なし	67	27.7
無回答	10	4.1
計	242	100.0

「1.あり」の枝問

	度数	%
ア. 受注のため	75	45.5
イ. 量産のため	31	18.8
ウ. 機能確認のため	52	31.5
エ. その他	5	3.0
無回答	2	1.2
計	165	100.0

問5 貴社の経営方針

1. 守秘義務契約を結ぶような受注が多い

	度数	%
1. 当てはまる	42	17.4
2. やや当てはまる	76	31.4
3. どちらともいえない	48	19.8
4. やや当てはまらない	34	14.0
5. 当てはまらない	36	14.9
無回答	6	2.5
計	242	100.0

2. 大幅な工程時間短縮策を探している

	度数	%
1. 当てはまる	42	17.4
2. やや当てはまる	81	33.5
3. どちらともいえない	64	26.4
4. やや当てはまらない	26	10.7
5. 当てはまらない	24	9.9
無回答	5	2.1
計	242	100.0

3. 新たな工法は静観して導入機会を見極めるほうだ

	度数	%
1. 当てはまる	28	11.6
2. やや当てはまる	74	30.6
3. どちらともいえない	88	36.4
4. やや当てはまらない	25	10.3
5. 当てはまらない	19	7.9
無回答	8	3.3
計	242	100.0

4. 利益より売上高を追求したい

	度数	%
1. 当てはまる	3	1.2
2. やや当てはまる	13	5.4
3. どちらともいえない	82	33.9
4. やや当てはまらない	61	25.2
5. 当てはまらない	76	31.4
無回答	7	2.9
計	242	100.0

5. 三次元積層造形には今回のブーム以前から興味をもっていた

	度数	%
1. 当てはまる	37	15.3
2. やや当てはまる	66	27.3
3. どちらともいえない	40	16.5
4. やや当てはまらない	34	14.0
5. 当てはまらない	60	24.8
無回答	5	2.1
計	242	100.0

6. 今後、三次元積層造形活用企業が増えると思う

	度数	%
1. 当てはまる	58	24.0
2. やや当てはまる	81	33.5
3. どちらともいえない	69	28.5
4. やや当てはまらない	14	5.8
5. 当てはまらない	15	6.2
無回答	5	2.1
計	242	100.0

7. 三次元積層造形技術は自社の事業に脅威だ

	度数	%
1. 当てはまる	5	2.1
2. やや当てはまる	27	11.2
3. どちらともいえない	59	24.4
4. やや当てはまらない	47	19.4
5. 当てはまらない	99	40.9
無回答	5	2.1
計	242	100.0

8. 三次元積層造形技術は、同業者の中で大きな変革をもたらせる

	度数	%
1. 当てはまる	12	5.0
2. やや当てはまる	56	23.1
3. どちらともいえない	86	35.5
4. やや当てはまらない	28	11.6
5. 当てはまらない	55	22.7
無回答	5	2.1
計	242	100.0

【2】 貴社の三次元積層造形の取組について

問1 三次元積層造形を活用していますか。

	度数	%
1. 活用している（1年以上）	21	8.7
2. 活用している（1年未満）	15	6.2
3. 活用していないが、検討中	28	11.6
4. 特に検討していない	175	72.3
無回答	3	1.2
計	242	100.0

問A-1 三次元積層造形機を保有していますか。

	度数	%
1. 保有している	26	72.2
2. 保有していない	10	27.8
計	36	100.0

回答対象外：206



問A-2 保有する主な三次元積層造形機を教えてください。  
 (複数所有の場合、保有する優れた機器についてお答えください)

メーカー

	度数	%
1. アスペクト	0	0.0
2. アビー	0	0.0
3. キーエンス	5	19.2
4. シーメット	1	3.8
5. 松浦機械製作所	0	0.0
6. その他(国産) (ムトーなど)	2	7.7
1. EOS	0	0.0
2. Stratasys	11	42.3
3. Objet	2	7.7
4. 3Dsystems	4	15.4
5. その他(外国製)	1	3.8
計	26	100.0

回答対象外：216

方式

	度数	%
1. 熱溶融積層法(FDM)	15	45.5
2. 光造形法	2	6.1
3. インクジェット法	9	27.3
4. 粉末焼結法	0	0.0
5. その他	0	0.0
計	26	100.0

回答対象外：216

材料

		度数	%
金属	1. 鉄	0	0.0
	2. アルミ		
	3. チタン		
	4. ステンレス		
	5. 銅		
	6. マルエージング鋼		
	7. その他		
樹脂	1. ABS	9	27.3
	2. アクリル樹脂 (PMMA)	12	36.4
	3. ポリプロピレン (PP)	0	0.0
	4. ポリカーボネイト (PC)	1	3.0
	5. ポリアミド (ナイロン)	0	0.0
	6. PET 樹脂 (PET)		
	7. ポリスチレン (PS)		
	8. ポリ乳酸 (PLA)	4	12.1
	9. その他		
その他	1. 石膏	0	0.0
	2. その他		
	計	26	100.0

回答対象外：216

導入時期

	度数	%
1. 1995～2000 年	2	6.1
2. 2001～2005 年	0	0.0
3. 2006～2010 年	3	9.1
4. 2011～2014 年	21	63.6
	計	26
		100.0

回答対象外：216

価格

	平均投資額（万円）	導入企業数
キーエンス	550	5
シーメット	1,000	1
Stratasys	800	11
Objet	1,250	2
3Dsystems	2,588	4
ムトー	40	1
その他	50	1
無回答		1
		26

回答対象外：216

積層ピッチ（貴社の常用解像度）

	度数	%
1. 10 $\mu$ 台	10	30.3
2. 100 $\mu$ まで	9	27.3
3. 100 $\mu$ 超	7	21.2
計	26	100.0

回答対象外：216

造形分野

	度数	%
1. 工業・研究分野	7	26.9
2. 機能・デザイン検証分野	16	61.5
3. 建築モックアップ分野	0	0.0
4. 医療・福祉分野	2	7.7
5. カスタム品分野	0	0.0
6. 教育分野	0	0.0
7. その他	0	0.0
無回答	1	3.8
計	26	100.0

回答対象外：216

以下、造形機を「保有している」企業、「保有していない」企業 両方にお聞きします。  
問A-3 出力サービスや試作業など外部組織への造形依頼経験を選択してください。

	度数	%
1. 継続的に依頼したことがある	7	2.9
2. これまでに数度依頼したことがある	26	10.7
3. 自社保有し、これまでに一度も外部依頼したことはない	8	3.3
4. 自社保有せず、外部依頼もしていない	64	26.4
無回答	137	56.6
合計	242	100.0

問A-4 造形依頼先 (複数回答)

	度数	%
1. 出力サービス業	4	12.1
2. 試作業	26	78.8
3. 機器取扱商社	3	9.1
4. 近隣の製造業(造形機保有)	4	12.1
5. その他	2	6.1

回答者数：41

問A-5 造形実績(2013年4月1日~2014年3月31日) (件)

	試作品	型の制作	部品	最終製品	治工具	計
1. 自社のため	6,169	59	15	0	48	6,289
2. 他社の依頼による	1,156	13	20	2	10	1,201

回答者数：41

問A-6 三次元積層造形機の活用効果 (複数回答)

	度数	%
1. 制作期間の短縮	17	50.0
2. コスト削減	11	32.4
3. 設計データの秘匿保持	3	8.8
4. 複雑形状の制作が容易に	13	38.2
5. 多品種少量生産が容易に	5	14.7
6. 造型の提案力向上	15	44.1
7. 手直し、失敗が減少	10	29.4
8. 開発情報の共有進む	13	38.2
9. 意思決定の迅速化	14	41.2
10. その他	1	2.9

回答者数：41

問A-7 活用効果の具体例 (自由回答)

造形物を短時間で確認できることがよい。
試作品の制作納期短縮による開発期間が短縮できる。
試作品をすぐに試せる、機械製品の内側の部品として使える。
切削で不可能な形状でも加工が出来る、切削ではコストがあわなくても可能である。
真空注型品の原型として日常的に稼働している。
外観機能確認ができる。
提案プレゼンの説得力向上になる。
金型制作前の形状確認が可能である。
歯科技工物は患者それぞれの歯形に合わせたものを作成できる利点がある。
新製品開発の見える化、カタログ撮影、量産品のチェック、梱包仕様の事前決定可能。
部品形状を出力し、実際に組立作業性をみる。
ゲージ作成ができる。
自社開発の検証が容易になり、開発期間が短縮できている。
モデルを直に触れて、その情報を共有できる。
試作品は特許申請時に活用、また鉄心、コイルを巻いて性能試験を行う。
顧客への設計提案時に目に見える形で提示でき、意思決定を早めることが可能となった。
複雑なゴムホース配管の製作工程における治具製作に活用することで、多彩な形状への迅速な対応が可能となった。

問B-1 今後の三次元積層造形活用の予定

	度数	%
1. 今後、造形機導入が決定している	2	1.0
2. 導入は未定だが、出力サービスを活用する予定である	31	14.9
3. 今後も造形の予定はない	172	82.7
無回答	3	1.4
計	208	100.0

回答対象外：34

導入決定の時期

前問B-1で「1. 今後、造形機導入が決定している」と回答した企業では、2014年10月、2015～2016年での導入予定としている。

問B-2 積層造形機が未導入の理由 (複数回答)

	度数	%
(技術面) 1. 3Dデータの作成が困難	37	22.7
(〃面) 2. 精度が低い	21	12.9
(〃面) 3. 積層段差を解消する手間がかかる	6	3.7
(〃面) 4. 材料の制限で使いにくい	38	23.3
(〃面) 5. 既存技術(除去加工など)となじまない	59	36.2
(価格面) 1. 設備が高価である	65	39.9
(〃面) 2. 材料が高価である	15	9.2
(〃面) 3. メンテナンスが高価である	11	6.7
(営業面) 1. 技術対象領域が異なる	79	48.5
(〃面) 2. 判断材料を入手しにくい	0	0.0
(〃面) 3. サポートの体制が不安	0	0.0
(その他) 1. その他	0	0.0

回答者数 : 163

問2 加工技術の比較

集計の説明 : 全て空白を無回答 92 社とした。242 社-92=150 社を集計。1 位 : 5 点、2 位 : 3 点、3 位 : 1 点による。

	機械加工 (5 軸含む)	鋳物、ロス トワックス	プレス、 鍛造	粉末冶金	積層造形
1.形状自由度	336	261	94	130	502
2.材料自由度	585	219	242	115	140
3.寸法精度	649	127	230	123	187
4.機械的強度	512	205	454	93	48
5.ネットシェイプ度	428	151	239	138	214
6.量産性	190	353	625	124	36
7.製造コスト	265	311	500	112	89
8.自由曲面对応	287	281	149	118	439
9.大きさ対応	439	338	330	58	76

回答者数 : 150

問3 造形機や材料についての要望 (複数回答)

	度数	%
(材 料) 1. 材料のバリエーションを増やしてほしい	94	56.3
( " ) 2. 他社材料と互換性をもたせてほしい	46	27.5
( " ) 3. 材料ロスを減らしてほしい	54	32.3
(価 格) 1. 材料代を安くしてほしい	106	63.5
( " ) 2. 機械の価格を下げてほしい	92	55.1
(サポ-ト) 1. サポート代金を活用しやすい価格にしてほしい	64	38.3
( " ) 2. 技術サポートをもっと受けたい	26	15.6
( " ) 3. リース対象機器を増やしてほしい	28	16.8
( " ) 4. 安定的な稼働を保証してほしい	43	25.7
(情 報) 1. 新たな工法や機器に関する情報がほしい	59	35.3
(その他) 1. その他	0	0.0

回答者数 : 167

問4 新たなビジネスの仕組み (自由記述)

試作品の制作。
オリジナル 아이폰カバーの制作。
造形、試作から射出成形による量産まで、ワンストップで対応できることで、お客様の利便性を向上させるサービスを始める。
WAX で造形し、他の物性に変えるための補助材料を開発中。
量産前の形状確認、機能確認。
他者からの造形依頼に対応 (データ作成含む)、営業のプレゼンツールとして利用。
自動車等の外装を樹脂パーツ化し、着せ替えを可能とすることで、各パーツメーカーの企画を統一化し、エンドユーザーの個別要望に対応できる仕組みを実施したい。
得意先へのプレゼン時において造形物を用いることで説得力向上し、コンペに勝つ。
試作時間の短縮により、受注強化を目指す。
社内検討用モデルにより、プロジェクトの具現化を高める。

問5 導入・活用に際しての行政への要望 (複数回答)

	度数	%
(人材面) 1. 経営支援	51	35.2
( " 面) 2. オペレーター養成研修	54	37.2
( " 面) 3. 高校生からの技術教育	18	12.4
(機材面) 1. 導入時の方式等アドバイス	39	26.9
( " 面) 2. 材料試験	22	15.2
( " 面) 3. 加工ノウハウの指導	67	46.2
( " 面) 4. 造形物の評価試験	26	17.9
(資金面) 1. 補助金制度	89	61.4
( " 面) 2. 融資制度	27	18.6
( " 面) 3. 機器貸与制度	42	29.0
(サービス面) 1. 手軽にできる出力サービス	60	41.4
( " 面) 2. 情報交換・勉強会の運営	27	18.6
( " 面) 3. 知的財産権の相談	15	10.3
( " 面) 4. 3D データ作成代行	39	26.9
(その他) 1. その他	0	0.0

回答者数 : 145

【3】三次元CADの活用について

問1 三次元CADの導入

	度数	%
1. 導入済みである	78	35.9
2. 導入していない	143	64.1
計	217	100.0

回答対象外 : 21

問2 初めて三次元CADを使用した時期

	度数	%
～1979年	6	7.7
1980～1989年	2	2.6
1990～1999年	16	20.5
2000～2009年	30	38.5
2010年～	24	30.8
計	78	100.0

回答対象外 : 164



問3 現在の主要な三次元CADの種類と製品名

1. ワイヤーフレーム

	度数	%
該当する	5	6.4
該当しない	73	93.6
計	78	100.0

回答対象外：164

2. サーフェス

	度数	%
該当する	13	16.7
該当しない	65	83.3
計	78	100.0

回答対象外：164

3. ソリッド

	度数	%
該当する	51	65.4
該当しない	27	34.6
計	78	100.0

回答対象外：164

三次元CAD（ワイヤーフレーム） 製品名

CAD名称	度数
keyCreator2012	1
CAMMAGIC	1
master-CAM	1
無回答	2
計	5

三次元CAD（サーフェス） 製品名

CAD名称	度数
CATIA	3
master-CAM	3
CADMEISTER	1
CAMTOOL	1
PRO-E	1
space-E	1
ThinkID	1
TOOLS	1
無回答	1
計	13

三次元CAD（ソリッド） 製品名

CAD名称	度数
SolidWorks	29
Inventer	4
master-CAM	3
Pro/ENGINEER	3
CADMEISTER	2
CADMAX	1
CAM-TOOLS	1
DESIGN FLOW EXTRACTOR	1
ICAD	1
NX	1
Top-Solid	1
VISI	1
無回答	3
計	51

注：ソフトによっては、サーフェスとソリッドの両方の機能を有するものがあるために、それぞれの項目に重複して記載されている。

問4 現在の主要な三次元CADの長所・特長

<b>SolidWorks</b>
定番だから。
初心者でも扱いやすい。
簡単な講習（オンラインチュートリアルなど）でモデルの作成が可能。
三次元加工に対する図面作成が容易。
Webで公開されているデータを利用できる。
安価で安定した設計ができる、多くのデータに対応する。
構造解析に応用可能。
安価で、普及率が高い。
汎用性、互換性が高い。
操作が直感的、ユーザー数が多い。
他社製品とデータのやり取りが出来る。
加工履歴が残る。
作図で設計意図が残せる。
金型の直接生産可能。
金型の設計に使用できる。
製品形状の確認、金型構造の確認、問題点の確認が容易。
<b>Pro/ENGINEER</b>
機能が多い。
互換性、データ精度が高い。
精度が高い。
<b>master-CAM</b>
CADよりもCAMに強い。
安価なため。

Inventer
AutoCAD との互換性。
シミュレーションによるアセンブリ設計の効率化。
CADMAX
作図しやすい。
CADMEISTER
日本製ソフトであり、樹脂金型のデータベースが入っている。
サーフェスは混在ハイブリッド、ソリッドは、編集設計に強い。
DESIGN FLOW EXTRACTOR
自由曲面作成の自由度。
ICAD
データが軽い。
NX、AIS
AIS は、ミッドレンジ CAD で加工業者等への依頼に際してデータ折衝で利便性がある。

#### 問5 現在の主要な三次元CADの必要経費

集計は個別データのため、行わないこととする。

#### 問6 現在の主要な三次元CADの不満点

SolidWorks
バージョンアップ契約が高価。
ライセンス料が高すぎる。
メンテナンスなどの保守契約費用が高い。
価格が高いため、複数導入が難しい。
データ互換性が限定され、エラーとなることも多い。
操作性が特殊。
ファイル名変更の手順がよくない。
作成機能に不満。
データが重い。
Pro/ENGINEER
教育をしっかりと受けないと使いづらい。
費用が高い。
master-CAM
CAD 機能が弱い。
CADMAX
バージョンアップ、保守料が高い。
CADMEISTER
オプションを付けない状態だと機能が制限されること。
CAM 機能に弱さ。
DESIGN FLOW EXTRACTOR
幾何拘束がなく、履歴が残らない。
ICAD
中間ファイルの精度が悪い。
Top-Solid

保守契約が高く、バージョンアップができない。

#### 問7 次回購入時にほしい機能

SolidWorks

安定した互換性、他メーカーとの拡張子の共通化など。

フィレット等つけるときに、エラーが出ず、大雑把にモデリングできること。

構造解析機能。

材料の種類を増やしてほしい。

レスポンスを速く。

DESIGN FLOW EXTRACTOR

形状変更時に図面を再構築できる機能。

VISI

プレス加工シミュレーション。

## 【4】CADオペレーターの採用と研修について

### 問1 CADオペレーターの人数、それぞれの最終学歴

技能\最終学歴別	高卒	高専卒	大学卒	専門学校卒	技術専門学校卒	その他	計
	(含む工科)					(短大卒など)	
二次元のみ (n=140)	178	22	166	10	7	17	400
三次元のみ (n=140)	14	10	736	7	2	2	771
両方可能 (n=140)	51	39	286	18	2	4	400
計	243	71	1,188	35	11	23	1,571

### 問2 上記CADオペレーターの技能習得方法 (複数回答)

	度数	%
1. 外部研修に派遣	52	39.7
2. 内部研修 (OJT 含む)	60	45.8
3. 個人にまかせている	57	43.5
4. その他	5	3.8

回答者数：174

## 【5】その他の加工技術者の採用と研修について

### 問1 社内に在籍する民間資格保有者（業務に強く関連）の人数、それぞれの最終学歴

		高卒 (含 む工 科)	高専 卒	大学 卒	専門 学校 卒	技術 専門 高卒	その 他(短 大卒 など)	計
国家 資格	プレス機械作業主任者	1	0	0	0	0	0	1
	アーク溶接作業	20	0	3	0	0	0	23
	ガス溶接作業主任者	0	0	1	0	0	2	3
	危険物取扱責任者	0	0	1	0	0	0	1
	歯科技工士	0	0	0	40	0	0	40
技能 検定	鍛造 プレス型鍛造作業 1級	23	2	5	1	1	0	32
	鍛造 プレス型鍛造作業 2級	12	2	7	0	0	1	22
	金属熱処理 一般熱処理作業 1級	2	0	1	0	0	0	3
	金属熱処理 一般熱処理作業 2級	8	7	17	2	0	18	52
	機械加工 普通旋盤作業 1級	105	11	0	0	0	0	116
	放電加工 ワイヤ放電加工作業 1級	9	1	1	0	0	0	11
	金型製作 プレス金型製作作業 1級	3	0	1	0	0	0	4
	金属ばね製造 線ばね製造作業 1級	6	0	1	1	0	0	8
	仕上げ 機械組立仕上げ作業 1級	207	23	0	0	0	0	230
	機械保全 機械系保全作業 1級	3	0	0	0	0	0	3
	プラスチック成形 射出成形作業 特級	0	0	1	0	0	0	1
	プラスチック成形 射出成形作業 1級	31	0	11	0	0	1	43
	プラスチック成形 射出成形作業 2級	32	0	23	0	0	2	57
機械・プラント製図 機械製図 CAD 作業 2級	3	5	14	2	0	2	26	
民間	ステンレス鋼溶接技術者	1	0	0	0	0	0	1
	第1種ME技術実力検定試験	1	0	4	0	1	0	6
	第2種ME技術実力検定試験	3	0	5	0	1	0	9
	計	470	51	96	46	3	26	

注1：「技能検定」：「働く人々の有する技能を一定の基準により検定し、国として証明する国家検定制度」。技能検定は、「職業能力開発促進法」に基づき実施されている。技能検定は昭和34年に実施され、平成26年4月現在114職種について実施されている。技能検定の合格者は平成25年度までに385万人を超える。

出典：<http://www.javada.or.jp/jigyoin/gino/giken.html>

注2：「ME技術実力検定試験」：ME機器・システムおよび関連機器の保守・安全管理を中心に総合的に管理する専門知識・技術を有し、かつ他の医療従事者に対し、機器・システムおよび関連機器に関する教育・指導ができる資質を検定することを趣旨とする。日本生体医工学会（旧日本エム・イー学会）は、1979年にME技術実力検定試験制度をスタートさせた。第1種ME技術実力検定試験は、ME機器・システムおよび関連機器の保守・安全管理を中心に総合的に管理する専門知識・技術を有し、かつ他の医療従事者に対し、機器・システムおよび関連機器に関する教育・指導ができる資質を検定することを趣旨とし、第2種ME技術実力検定試験合格者および臨床工学技士免許所有者を受験対象者としている。

出典：<http://www.megijutu.jp/index.htm>

注3：「機械加工 普通旋盤作業 1級」、「仕上げ 機械組立仕上げ作業 1級」の在籍者数が突出しているのは、回答企業に大手上場企業が含まれるからである。

問2 上記資格者等の資格取得方法 (複数回答)

	度数	%
1. 外部研修に派遣	25	35.7
2. 内部研修 (OJT 含む)	15	21.4
3. 個人にまかせている	36	51.4
4. その他	4	5.7

回答者数 : 80

【6】その他 (自由記述)

材料の幅が広いので、自社で保有となると限定的とならざるをえない。受注加工のような形態の事業ができて、印刷業のようになるかもしれない。
身近な製造方法になることを期待する。
ブームによってこの技術が軽んじられているように感じる、もっと付加価値をつけるべきだ。
試作者者にとって造形機の出現は仕事を奪われることにつながっている (当社約 30%)。試作業でも多人数のところは、造形機を導入している。
供給過多で過当競争が始まっている、事業上メリットを感じない。
KOTRA (大韓貿易投資振興公社) では行政がマシンを多く所有していると聞く。日本は、対応が遅い。
鉄やステンレスなどの金属が積層造形にて対応可能になると、産業界でも影響がでてくると思う。
材料の強度、耐熱性など問題が多く、用途が制限されている。
製造個数が一日 1 個などのレベルなら間に合うが、もっと使用するとすると故障が多く、使い勝手が悪い。
高精度で安価な製品が出来れば導入を検討する。
現在は情報を集める程度でどの方向を進むのかわからない状況である。
金属造形に興味があり。
造形物の材質、密度 (耐久性) の向上が課題である。
材料の安定供給が必要、材料単価が高い。
導入費、材料費のコストが問題である。
有効に活用している。
造形品質と造形時間に問題がある、最終製品に利用できるまでには、更なる技術革新が必要である。
金型部品、入れ子への展開を期待しているが、設備価格、委託加工単価等の価格が下がらないと厳しい。
当社はゴムを中心とする製造業であるが、現時点ではゴムライクの造形は可能でも十分にゴムを表現できないため、モックアップとして利用する程度である。一方で、硬質樹脂に関してはある程度精度の限界は有するものの、製造工程等での治具としての利用価値は高い。今後、高強度、高弾性材料での造形が可能な装置の開発に期待している。

## ㊟ 「三次元積層造形技術（3D プリンター）の活用」 に関する調査

### 【調査の届出】

この調査は、統計法（平成19年法律第53号）第24条第1項前段に基づき、総務大臣に届出を行っている統計調査です。

調査関係者は、統計法により、調査票の記入内容を他に漏らしたり、統計以外の目的に使用することは固く禁じられています。

### 【調査の目的】

この調査は三次元積層造形技術を、大阪の製造業の方々がどのように考えられ、活用されているのか、実態調査を行うものです。調査結果は本府における産業支援策検討の基礎資料とします。

### 【記入方法】

**平成26年10月20日現在**の状況でご記入ください。

本調査は、代表取締役または役員、および技術総括担当者様にご記入いただき、返信用封筒にてご返送ください。

### 【提出期限と方法】

**10月31日（金）までに**、同封の返信用封筒でご返送ください。

### 【お問い合わせ先】

大阪府商工労働部

大阪産業経済リサーチセンター

担当：松下

〒559-8555 大阪市住之江区南港北 1-14-16

大阪府咲洲庁舎 24 階

TEL：06-6210-9938

FAX：06-6210-9940

URL：<http://www.pref.osaka.lg.jp/aid/sangyou>

(整理番号)

記入不要

--	--	--	--

貴社・法人名			
貴社・法人の所在地	(〒            -            )		
ご記入者	氏名		
	所属部署・役職名		
ご連絡先	TEL		
	FAX		
	メールアドレス		

\*\*\*\*\* このページを切り離さずに次ページ以降の設問にお答えください。\*\*\*\*\*



(整理番号)

--	--	--	--

## 【1】 貴社の概要について

問1 事業概要について、それぞれ該当するもの各項目の一つに○印を、空欄には記入をしてください。

項目	選択肢
業種	1. 家具・装備品      2. 印刷・同関連      3. プラスチック製品 4. 鋳型(中子を含む)      5. 鉄素形材      6. 非鉄金属素形材 7. 金属製品      8. はん用機械器具      9. 生産用機械器具 10. 業務用機械器具      11. 電子部品・デバイス・電子回路 12. 電気機械器具      13. 情報通信機械器具 14. 輸送用機械器具      15. その他 ( )
創業時期	( ) 年 (西暦で)
年間売上高 (直近期)	( ) 万円      記入例) 3億円の場合、30,000万円
従業員数	( ) 人      常時使用する従業員のみ
資本金額	1. 3億円以下      2. 3億円超
最近3年の売上推移	1. 増加      2. 横ばい      3. 減少
経常利益 (直近期)	1. 黒字      2. 収支トントン      3. 赤字
主な設備投資内容と金額 (直近期)	( ) について、 ( ) 万円 投資

問2 主な加工種別をお答えください。(当てはまるものすべてに○印を)

ア. 「除去加工」	1. 切削      2. 砥粒      3. 放電      4. 電解      5. ビーム 6. エッチング      7. その他 ( )
イ. 「付加加工」	1. 接着      2. 溶接      3. 溶射      4. めっき      5. コーティング 6. 積層造形      7. その他 ( )
ウ. 「変形加工」	1. 鋳造      2. 鍛造      3. 絞り      4. 金属プレス      5. 圧延 6. 押出し      7. 伸線      8. 射出成形      9. 粉末成形 10. その他 ( )
エ. その他	1. 印刷関連      2. その他 ( )

問3 貴社の製造・加工品の特徴について次のうちからお答えください。(各項目の一つに○印を)

	貴社の状況
製造・加工品 (売上高が最も多いもの)	1. 加工のみ      2. 部品      3. 最終製品      4. 消費財 ア. 金型      イ. 試作品      ウ. 治工具 エ. その他 ( )
1ロット当たりの 生産個数	1. 1万個以上      2. 千個以上1万個未満      3. 百個以上千個未満 4. 十個以上百個未満      5. 十個未満
加工・組立精度	1. 1mm オーダー      2. 0.1mm      3. 0.01mm 4. 0.001mm      5. 関係しない

受注から納品までの日数	1. 当日 6. 1ヶ月程度	2. 2日 7. 2ヶ月以上	3. 3~4日	4. 5日~7日	5. 2~3週間
-------------	-------------------	-------------------	---------	----------	----------

問4 試作品加工の有無とその目的についてお答えください。(一つに○印を)

1. あり	2. なし
注	ア. 受注のため    イ. 量産のため    ウ. 機能確認のため    エ. その他 (      )

問5 貴社の考え方についてお答えください。(各項目の一つに○印を)

	当てはまる	やや当てはまる	どちらともいえない	やや当てはまらない	当てはまらない
1. 守秘義務契約を結ぶような受注が多い	1	2	3	4	5
2. 大幅な工程時間短縮策を探している	1	2	3	4	5
3. 新たな工法は静観して導入機会を見極めるほうだ	1	2	3	4	5
4. 利益より売上高を追求したい	1	2	3	4	5
5. 三次元積層造形には今回のブーム以前から興味をもっていた	1	2	3	4	5
6. 今後、三次元積層造形活用企業が増えると思う	1	2	3	4	5
7. 三次元積層造形技術は自社の事業に脅威だ	1	2	3	4	5
8. 三次元積層造形技術は、同業者の中で大きな変革をもたらせる	1	2	3	4	5

## 【2】貴社の三次元積層造形の取組について

問1 三次元積層造形を活用していますか。(一つに○印を)

1. 活用している (1年以上)	2. 活用している (1年未満)
3. 使用していないが、検討中	4. 特に検討していない

問A-1 三次元積層造形機を保有していますか。(一つに○印を)

1. 保有している (現在          台)	2. 保有していない
---------------------------	------------

問A-2 保有する主な三次元積層造形機を教えてください。(各項目の一つに○印を)  
(複数所有の場合、保有する優れた機器についてお答えください)

項目	選択肢
メーカー	国産) 1. アспект 2. アビー 3. キーエンス 4. シーメット 5. 松浦機械製作所 6. その他 (          )
	外国製) 1. EOS 2. Stratasys 3. Objet 4. 3Dsystems 5. その他 (          )

方式	1. 熱溶融積層法 (FDM) 2. 光造形法 3. インクジェット法 4. 粉末焼結法 5. その他 ( )
材料 (合金、新材については、 近似する材料を選んでく ださい)	金 属：1. 鉄 2. アルミ 3. チタン 4. ステンレス 5. 銅 6. マルエージング鋼 7. その他 ( ) 樹 脂：1. ABS 2. アクリル樹脂 (PMMA) 3. ポリプロピレン (PP) 4. ポリカーボネイト (PC) 5. ポリアミド (ナイロン) 6. PET 樹脂 (PET) 7. ポリスチレン (PS) 8. ポリ乳酸 (PLA) 9. その他 ( ) その他：1. 石膏 2. その他 ( )
導入時期	1. 1995～2000年 2. 2001～2005年 3. 2006～2010年 4. 2011～2014年
価格	( ) 万円 (付帯費用を含む、材料は除く)
積層ピッチ (貴社の常用解像度)	1. 10 $\mu$ 台 2. 100 $\mu$ まで 3. 100 $\mu$ 超
造形分野	1. 工業・研究分野 2. 機能・デザイン検証分野 3. 建築モックアップ分野 4. 医療・福祉分野 5. カスタム品分野 6. 教育分野 7. その他 ( )

以下、造形機を「保有している」企業、「保有していない」企業 両方にお聞きます。

問A-3 出力サービスや試作業など外部組織への造形依頼経験を選択してください。(一つに○印を)

1. 継続的に依頼したことがある	2. これまでに数度依頼したことがある
3. 自社保有し、これまでに一度も外部依頼したことはない	4. 自社保有せず、外部依頼もしていない

注

問B-1へ

問A-4 造形依頼先をお答えください。(当てはまるものすべてに○印を)

1. 出力サービス業 (例、DMM.make、メーカーのサービス事業)	2. 試作業
3. 機器取扱い商社	4. 近隣の製造業 (造形機保有)
5. その他 ( )	

問A-5 活用状況をご記入ください。(2013年4月1日～2014年3月31日、造形件数)

項 目	それぞれの件数を数字でご記入ください					
	試作品	型の制作	部品	最終製品	治工具	計
1. 自社のため	件	件	件	件	件	件
2. 他社の依頼による	件	件	件	件	件	件

問A-6 三次元積層造形の活用効果について下記から選択してください。(当てはまるものすべてに○印を)

1. 制作期間の短縮	2. コスト削減	3. 設計データの秘匿保持	4. 複雑形状の制作が容易に
5. 多品種少量生産が容易に	6. 造型の提案力向上	7. 手直し、失敗が減少	
8. 開発情報の共有進む	9. 意思決定の迅速化	10. その他 ( )	

問A-7 三次元積層造形機の活用効果の具体例をご記入ください。

注 問1で 「3. 使用していないが、検討中」、「4. 特に検討していない」 を選んだ方  
 問A-3で 「4. 自社保有せず、外部依頼もしていない」 } 次の問Bへ

問B-1 今後の三次元造形活用の予定についてお答えください。(一つに○印を)

1. 今後、造形機導入が決定している ( 年 月ごろ) (西暦で)
2. 導入は未定だが、出力サービスを活用する予定である
3. 今後も造形の予定はない

問B-2 現在、積層造形機が未導入である理由を下記から選択してください。(当てはまるものすべてに○印を)

- (技術面) 1. 3Dデータの作成が困難 2. 精度が低い 3. 積層段差を解消する手間がかかる  
 4. 材料の制限で使いにくい 5. 既存技術(除去加工、変形加工)となじまない
- (価格面) 1. 設備が高価である 2. 材料が高価である 3. メンテナンスが高価である
- (営業面) 1. 技術対象領域が異なる 2. 判断材料を入手しにくい 3. サポートの体制が不安
- (その他) ( )

注 ここからは、全ての方がお答えください。

問2. 下記の5つの加工技術を比較して、9つの縦項目それぞれにおいて優れる上位3つを順番に数字を入れて評価して下さい。(貴社で保有しない技術に関しても、お持ちの知識でお答えください)

	機械加工 (5軸含む)	鋳物、ロス トワックス	プレス、 鍛造	粉末冶金	積層造形
例) 量産性		2	1	3	
1. 形状自由度					
2. 材料自由度					
3. 寸法精度					
4. 機械的強度					
5. ネットシェイプ度					
6. 量産性					
7. 製造コスト					
8. 自由曲面对応					
9. 大きさ対応					

\*1) 機械的強度とは：材料の力学的な変形あるいは破壊に対する強度のこと。

\*2) ネットシェイプ度：上記加工段階で2次加工の不要な度合い。

\*3) 自由曲面とは：方向や曲率(曲がり具合)を自由に調整できる曲線で形成された曲面。ベジエ曲線、Bスプライン、NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) などによる。

問3 造形機や材料についての要望を下記から選択してください。(当てはまるものすべてに○印を)

- (材料) 1. 材料のバリエーションを増やしてほしい 2. 他社材料と互換性をもたせてほしい  
 3. 材料ロスを減らしてほしい
- (価格) 1. 材料代を安くしてほしい 2. 機械の価格を下げてほしい
- (サポート) 1. サポート代金を活用しやすい価格にしてほしい 2. 技術サポートをもっと受りたい  
 3. リース対象機器を増やしてほしい 4. 安定的な稼働を保証してほしい
- (情報) 1. 新たな工法や機器に関する情報がほしい
- (その他) ( )



## 【4】CADオペレーターの採用と研修について

問1 CADオペレーターの人数をそれぞれ最終学歴別にお答えください。

技能\最終学歴別	高卒 (含む工科)	高専卒	大学卒	専門学校 卒	技術専門 校卒	その他 ( )
二次元のみ	人	人	人	人	人	人
三次元のみ	人	人	人	人	人	人
両方可能	人	人	人	人	人	人

問2 上記CADオペレーターの技能習得方法についてお答えください。(当てはまるものすべてに○印を)

- |            |                  |              |
|------------|------------------|--------------|
| 1. 外部研修に派遣 | 2. 内部研修 (OJT 含む) | 3. 個人にまかせている |
| 4. その他 ( ) |                  |              |

## 【5】その他の加工技術者の採用と研修について

問1 社内に在籍する民間資格保有者(業務に強く関連)の人数をそれぞれ最終学歴別にお答えください。  
(記入例、プラスチック射出成形士2級 など)

資格\最終学歴別	高卒 (含む工科)	高専卒	大学卒	専門学 校卒	技術専門 校卒	その他 ( )
( )	人	人	人	人	人	人
( )	人	人	人	人	人	人
( )	人	人	人	人	人	人

問2 上記資格者等の資格取得方法についてお答えください。(当てはまるものすべてに○印を)

- |            |                  |              |
|------------|------------------|--------------|
| 1. 外部研修に派遣 | 2. 内部研修 (OJT 含む) | 3. 個人にまかせている |
| 4. その他 ( ) |                  |              |

## 【6】その他

問1 三次元積層造形についてのご意見等をお聞かせください。

-----設問は以上です。よろしければ以下にもお答えください。-----

○調査で予定していますインタビュー調査にご対応いただけますか。

1. 対応可能      2. 状況次第      3. 対応困難

○本調査結果の報告書にご興味がございますか。

1. 興味がある      2. 興味はない

\*\*\*\*\* ご協力ありがとうございました \*\*\*\*\*





大阪産業経済リサーチセンター 平成 27 年 3 月発行  
〒559-8555 大阪市住之江区南港北 1-14-16 咲洲庁舎 24 階／電話 06(6210)9938