

現代における三次元積層造形技術の普及

－ 普及理論による考察 －

松下 隆

要約

本稿では三次元積層造形技術の活用実態を各種調査から比較分析した。経済産業省、大阪産業経済リサーチセンター、大阪商工会議所調査結果で判明した活用率は、大企業では20%を超え、中小企業では10%程度だと推測される。今後、活用率は増加し、普及が進むと思われる。なぜなら、ものづくりにおける高付加価値化やリードタイム短縮、カスタマイズ化対応を迫られるなか、本技術はその解決策として必要不可欠な手段として広がると考えられるからである。こうした新技術などのイノベーションの普及について、普及理論研究においては、社会学を中心に広範な研究蓄積がみられる。時間と共に普及過程を図示化した正規分布曲線やS字型曲線で構成される普及理論やキャズム理論は、イノベーションが普及する過程を示す実証研究に裏打ちされたものである。この2つの理論を下敷きにし、三次元積層造形技術の普及状況を考察した結果、近年の動きは本技術が普及期に入る一歩手前であることが判明した。いうなれば、「普及前夜」である。このことは、本年以降は本技術が本格普及を迎える「変曲点」を超えたことの証である。したがって、自治体、企業、大学、団体などセクターごとに日本産業が競争優位に結実するような本技術の活用支援と環境整備が必要とされている時期だといえよう。

目次

1. はじめに
2. 分析フレームとしての普及理論
3. 三次元積層造形技術の活用実態調査
4. 普及理論から見る日本での調査結果の分析
5. 三次元積層造形技術の普及に向けた課題と方向性
6. おわりに

1. はじめに

三次元積層造形技術（3D プリンタを用いた造形技術）を活用したものづくり技術の革命が到来したといわれて数年が経過する。その間マスメディア等を通じて本技術に関して様々な報道がなされた。極端な例として、「金型が不要のものづくりが主流になる」といった衝撃的な内容も散見された。そうした過熱報道とは裏腹に、大企業や中小企業がどの程度本技術を活用しているのか、技術の普及に関してその実態を明らかにした調査が限定的で、技術普及に関して実態を把握しにくい状況にある。そのため、ものづくり企業は本技術の方向性や、自社技術の展開などにおいて知っておくべき意思決定を支える情報が欠如する状況が生まれている。そこで、本稿では、近年実施された三次元積層造形技術の活用実態に関する各種の調査をとりまとめ、

普及理論を下敷きにその普及実態や今後の動向に関して論じたい。

なお、本稿では技術活用やイノベーション導入について企業の立場から使用する用語としては「活用」を、産業を俯瞰し分析する場合は「普及」を用いることとする。

各種調査結果と普及理論による本稿の論考は、三次元積層造形技術の普及について、企業経営における投資の判断材料として、自治体の産業支援策の基礎資料として、産業イノベーションの実証例として貢献できるものと考えられる。

2. 分析フレームとしての普及理論

イノベーションの普及についてその時間的推移と採用者カテゴリーの名称など、1960年代にRogersはそれまでの普及研究を総括したうえで理論として確立した。それ以後、普及について議論するうえでは欠かすことができないものとなる。その後、普及理論は社会学を中心に、日本で研究実績が多数みられる。近年、追研究によってマーケティング論や、イノベーション論において研究が進んだ。

以下、これら普及に関する理論、および分析手法についてレビューする。

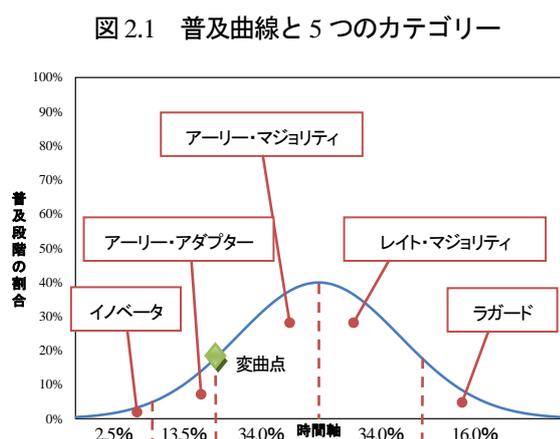
2.1 Rogers, 「イノベーションの普及」

Rogers, E. M. は社会システムの中で、技術や工法等のイノベーションに関する普及の過程とそのメカニズムについてそれまでの先行研究を総括し、一般法則を導き出した。現代ではその理論は最も広く知られる普及理論となった (Rogers, 1981)。

ただ、この理論について一定の批判もある。例えば、普及曲線が正規分布になるとは必ずしもいえないのではないかとしたものである。これら批判については次章で議論する。しかし、これら批判があっても Rogers の唱えたイノベーション普及の理論は明快なものであり理解しやすい。

では、イノベーション普及の理論を概観する。普及はその過程で釣り鐘型の正規分布曲線を描き、その累積によって S 字のカーブ (「S 字型曲線」) を描くとされる¹⁾。これは、統計学の正規分布曲線とその累積曲線にもとづくものである。

採用者分布は正規分布に近づくことを示し、それぞれの段階の採用者カテゴリごとに分類される。(図 2.1)。平均 (\bar{x}) と標準偏差 (σ : シグマ) を使って、採用者分布を五つのカテゴリに分類する。正規曲線の分布を①イノベータ、②アーリー・アダプター、③アーリー・マジョリティ、④レイト・マジョリティ、⑤ラガードと区分する。



(出所) Rogers (1971) (宇野 訳, 1981, p.244) を元に筆者作成

採用者の平均値から 2σ 差し引いたその左側には、社会システムのうちの最初にイノベーションを採用した 2.5% の成員が属しており、これが「イノベータ」である。イノベーションを採用する次の 13.5% の成員は平

均値から 1σ から 2σ 引いた値の間に属しており、「アーリー・アダプター」と名づける。次の 34.0% の成員は「アーリー・マジョリティ」と呼んでおり、平均値から 1σ 引いた箇所に対応する。平均値から右側に 1σ の地点の値の間には、次にイノベーションを採用する 34.0% の成員が属しており、「レイト・マジョリティ」と名づける。残りの 16.0% が最後にイノベーションを採用する「ラガード」である²⁾。

この 5 つのカテゴリについては、Rogers は連続性のもとに構成された概念であり、実際の事象を比較観察することでまとめられた理念型の概念とする (Rogers (2003) (三藤 訳, 2007, p.231))。

Rogers (1962) (藤竹 訳, 1966) では「アーリー・アダプター」と「アーリー・マジョリティ」との間普及 16% を「変曲点」³⁾ とし、普及への大きな変化点だとしている。一般には「普及の壁」と呼ばれる。

次に各カテゴリの特徴について、詳述する。

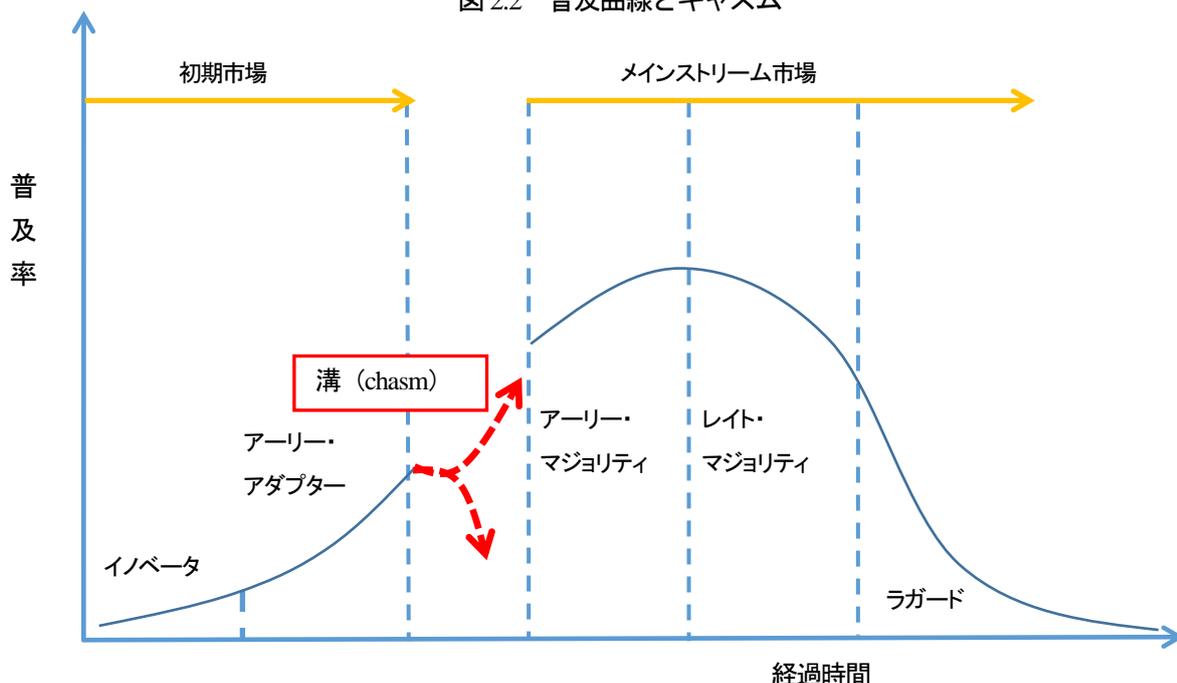
「イノベータ」は初期段階でイノベーションについて購入などするため、複雑な技術を理解し、高い不確実性に対して対処できる能力が必要である。また、利益を得にくい初期のイノベーションについて金銭的な損失を吸収する経済的な余力が必要である。イノベーションを社会システムに受け入れる初期段階の「ゲートキーパーの役割を果たしている」(同 (2003) (三藤 訳, 2007, p.231))。

「アーリー・アダプター」は、より社会システムに根差した存在である、イノベータがコスモポリイト (グローバル志向) であるならばアーリー・アダプターはローカライト (ローカル志向) であるといえる。多くの人がイノベーションを採用する際の「確認すべき個人」(同 (2003) (三藤 訳, 2007, p.232)) なのである。アーリー・アダプターが採用することで普及に向けた引き金となり、イノベーションを採用する承認印を押す役割をなしているといえる。

「アーリー・マジョリティ」は普及過程のつなぎ役であり、社会システムの 3 分の 1 を占める。意思決定の期間は相対的に長期的である。

「レイト・マジョリティ」は、社会システムの構成員の半数がイノベーションを採用した後に採用する。このものたちは、経済的な理由から、増大する採用者の仲間からの圧力などから採用へと動く。イノベーションに対する警戒の念が強く、多くのものが採用するまで動かない。したがって、レイト・マジョリティが

図 2.2 普及曲線とキャズム



(出所) Moore (1991) (川又 訳,2002,p.24) を元に筆者作成

採用するころには、その社会システムの構成員の間では該当するイノベーションについて好意的になっている。

「ラガード」は、社会システムのなかで最後にイノベーションを採用するものである。「うまくいくことが確実」であることが求められるため、採用に対して失敗は許されないのである。

2.2 Moore, 「キャズム」

Moore は先に詳述した Rogers のイノベーション普及の理論について、新たな知見を加えた⁴⁾。それは、普及の過程で「普及率 16%の壁」⁵⁾が生じていることを自らのコンサルタント経験から見出し、それを多くのケースにより分析、理論化したことである (Moore (1991) (川又 訳,2002,p.24)。

アメリカにおいてハイテクベンチャー産業は新たな経済を牽引する重要な位置づけであり、その発展については様々な研究が蓄積されている。なかでも、Moore は、ハイテク産業と産業全般での動きは一定共通して、*「ハイテク産業の動きは、産業全般での流行と時代の趨勢との関係を分析したもの*に似ている」 (同 (1991) (川又 訳,2002,p.6) とみる。

革新的なハイテク製品は、例外なく「一時的な流行」から始まり、その段階において、その製品には既存の

市場価値もなければ、用途も確立されていない。いったい何ができるのか注目される、「何かすごい機能」を保有すると期待と懐疑の目でみられるのである。この段階での市場の動きがイノベータとアーリー・アダプターあわせておよそ、16%程度の普及である「初期市場」に該当する。

次に、注目率は高いが、製品の売れない時期が到来する、これが「chasm, キャズム (溝)」に相当する⁶⁾。その後、その製品の有効性が広く知られれば、本来の普及となる「メインストリーム市場」が形成される (同 (1991) (川又 訳,2002,p.7)。

Moore は、初期市場からメインストリーム市場へ移る際に生じる普及の停滞に着目したのである。

ハイテクマーケティングの例示として、「ロータス 1・2・3」を挙げ、当時どの表計算ソフトよりも優れたものであり、当初はイノベータの心をとらえ、次いで手にしたアーリー・アダプターがシュミレーション機能に注目した。その動きをみたアーリー・マジョリティにブームに飛び火し、本格普及へとつながった (同 (1991) (川又 訳,2002,p.21) ことを示している。

イノベータやアーリー・アダプターが採用したが、その利便性をいまひとつ具現化できず、使用を停滞させてしまう現象を「キャズム (溝) に落ちこむ」と表現する。こうした現象は、脳細胞の構造を擬似的に再

現するニューラルネットの理論を取り入れたソフトウェアなどへの対応やデスクトップ会議システムの導入過程においても観察できた（同（1991）（川又 訳,2002,p.25））。

Moore はキャズムに落ち込まない手立てとして、①テクノロジーサイクルのどの時期なのか見極めること、②顧客の購買心理を理解すること、③顧客に合ったマーケティングを行うことを指摘する。

この理論は一定の環境下において類似するイノベーションで、普及するものとししないものとの分岐点を説明するのにふさわしく、経験的、帰納的なアプローチによって一般にも広く受け入れられた。

2.3 普及曲線による普及過程の議論

2.3.1 これまでの研究の範囲

先に詳述した Rogers が一般化した普及の理論は、農業資材（農薬）、農業技術（特定品種、栽培方法）など農業分野から端を発したものであり、経営学や経済学での議論はまだ途上と考えられている。「Rogers は研究領域を 9 つに分類・再整理しているがそこに経済学は含まれていないこと」（清川（1991）,p.341）などから普及問題の分析はすべての学問分野で網羅できているとはいえない。その理由として「経済学は隣接諸科学とは異なり、普及曲線の形態にあまり拘泥することなく、普及の決定要因やその促進機能など現象形態の背後にある要因に注意を注いできた」（同（1991）,p.341）ため、明確な普及曲線の整合に関する研究が少ないとみる。

社会学では「普及は一連の採用（Adoption）を経て広がるメカニズムをとらえるもの」（同（1991）,p.343）とし、「採用という一つの行為を社会から文化規範との整合性や採用者の価値理念、あるいは採用者のタイプ別特性とその関連などを基本的な関心としている。つまり、社会学は人的関係相互間の親近度や影響力、ネットワークなど社会的距離で捉えようとしている」（同（1991）,p.343）とする。農村社会での技術普及などが代表的なものである。

マーケティング論では、フランク・バスの「新耐久消費財の普及予測モデル」をきっかけに論文投稿が 1970 年から急増した（Rogers（2003）（三藤 訳,2007,p.136））。将来の普及を予測するために、採用者は 2 つのコミュニケーションチャンネル、マスメディア・チャンネルと対人チャンネルを有し、その影響の強さで消費財が購買されるか

を考察した。初期では対人チャンネルの採用は進まず、マスメディア・チャンネルと同様の購買を示すが、ある時を境に対人チャンネルが急増し、しばらくして減少する形状、釣鐘型の形状となる。これにより、消費財について対人チャンネルの重要性、それを数式化して予測するモデルが生まれ、大手企業のマーケティングに貢献した。このように、普及理論は様々な学域で研究され、実学として今なお活用研究が進められている。

2.3.2 普及曲線に関する議論

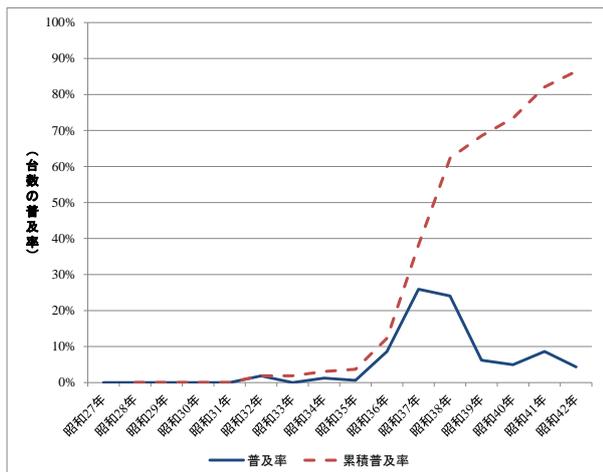
先に指摘したように、普及曲線そのものについて議論がされている。一つに、普及の過程を示すのに正規分布曲線が適合するかという点である。もう一つには生産財と消費財とでは普及の捉え方が異なり、正規性が得られないのではないかという点である。

Rogers は「採用者分布が正規性となるのは、時間の経過とともに釣鐘状の曲線を描き正規分布に近づく」（Rogers（2003）（三藤 訳,2007,p.222））。と過去の研究を総括したうえで指摘する。これまでの普及理論の研究も正規性に関して、同調する。

なぜ正規分布に近づくのか、その理由は「イノベーションの採否を決定する成員への影響が累積的に増大し、イノベーションに対する同業間のネットワークが社会システムの内部で活性化する結果、その採用者数は正規分布する」（同 p.321）とする。つまり、ある密接なネットワーク内で情報が行き来し、それが累積され活発化することで急激な採用意識の醸成に結び付き、普及が開始され、その後盛り上がり落ち着き、減少することでその普及の軌跡は時間の軸に対して釣鐘状になるのである。この現象は Rogers をはじめとした多くの研究者が実証研究することで、一般命題となっている。

例えば、宇野、青池（1973）では、新潟県刈羽郡小国町字八王子（旧山横沢村）での自動耕うん機の普及について実証分析を行った。全 162 戸の農家のうち 140 戸が自動耕うん機を昭和 32 年から昭和 42 年の間に購入したことが分かった。その普及状況をみれば、普及曲線は釣鐘型をしている（図 2.3）。その累積曲線は S 字型曲線を描いていることが確認される。この二つの曲線からこの地域での耕うん機の普及は、昭和 36 年に 16%の壁を超え、普及へと向かったことが伺える。

図 2.3 自動耕うん機の普及曲線



(出所) 宇野・青池 (1973) ,p.140 を元に筆者作成

このように、ほかにも国の内外で研究が行われ、普及に関して正規分布曲線になることは多くのケースに当てはまることが実証されている⁷⁾。

2.4 小括

普及理論は、特定物の普及過程を時系列で把握する普及曲線とS字型曲線とで分析するものである。様々な課題や議論はあるが、普及理論は対象物が社会で活用され、普及していくそのメカニズムを端的に表現する最適な方法であり、加えて、理論が統計学により数式で計算可能なモデルも生み出し活用されるなど、明確な物差しがあることから、本稿でその理論を下敷きにするには妥当である。

本稿で検討する対象物は技術であり、先行研究からは正規性への適合がやや低い面も考えうるが、普及度を複数の調査結果から判断するには、ベーシックな正規性を有する普及曲線で判断するほうが明確であると考えられる。次にこの理論を下敷きに現代の三次元積層造形技術の普及について考察を進めたい。

3. 三次元積層造形技術の活用実態調査

3.1 日本における各種調査比較

大阪商工会議所 (2013)、経済産業省 (2014)、大阪産業経済リサーチセンター (2015)、同 (2016)、明治大学・大阪府 (2014) のこれら 5 つの調査資料について比較分析を進めたい。

表 3.1 活用状況に関する調査結果の一覧 1

	大阪商工会議所 (2013)	経済産業省 (2014)	大阪産業経済リサーチセンター (2015)
対象規模	・小規模事業者	・大企業、中小企業 集計別	・大企業、中小企業 (4人以上)
活用率	7.8%	大企業: 27.7% 中小企業: 7.7%	14.9%
調査数	1,128 社	4,112 社	242 社
業種	・製造業 (74.9%) ・非製造業 (25.1%)	・製造業 (100人超: 全て、100人以下: 機械系製造業中心)	・製造業
対象抽出	会員企業から有作為抽出	民間データベースから有作為抽出	総務省名簿から無作為抽出
報告書名	『3Dプリンター活用に関する調査』	『ものづくり白書』2014, p. 109	『三次元積層造形技術の活用に関する調査研究』

(出所) 筆者作成による

表 3.2 活用状況に関する調査結果の一覧 2

	明治大学・大阪府 (2014)	大阪産業経済リサーチセンター (2016)
対象規模	・中小企業 (10名以上 300名以下)	・中小企業等 (4人以上)
活用率	16.9%	18.2%
調査数	555 社	187 社
業種	製造業	金型製造業、成形業
対象抽出	東京商工リサーチ企業情報	総務省名簿から業種悉皆
報告書名	『効果的な経営支援に関する大阪府企業アンケート調査』	『金型製造業、成形業における技術変化への対応に関する調査研究』

(出所) 筆者作成による

3.2 各調査の活用率

三次元積層造形技術の活用に関して、各団体のアンケート調査結果について取りまとめた（表 3.1・2：調査年次順）。

大阪商工会議所（2013）は近畿の商工会議所会員に対して実施した調査で、今回の新たな潮流に対して早い段階で実施した調査である。小規模事業者を対象とし、1,128 社から回答を受け、「活用している（本格的）」3.4%と「活用している（試行的）」4.4%を合わせた活用率は 7.8%である。回答業種に非製造業が 25.1%含まれるのに注意を要する。

経済産業省（2014）では大規模な調査が実施され、大企業カテゴリーと中小企業カテゴリーで集計されているのが特長である。全国の製造業 4,112 社から回答を受け、従業員数 100 人超は全数、100 人以下は機械系製造業が中心である。「既に業務で本格的に活用している」と「試験的に活用をはじめたところ」を合わせた大企業の活用率は 27.7%と非常に高く、中小企業のそれは 7.7%であった。この結果はものづくり白書等で引用され、国レベルでの唯一の調査結果である。

ついで、大阪産業経済リサーチセンター（2015）が実施され、府内中小製造業 242 社から回答を受け、「活用している（数年以上）」と「活用している（1 年未満）」を合わせた活用率は 14.9%である。

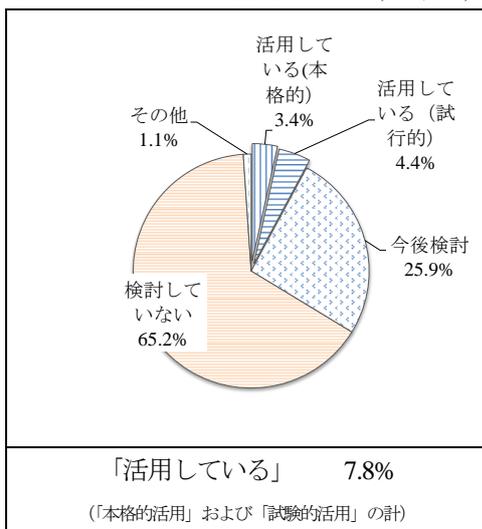
明治大学・大阪府（2014）では、10 名から 300 名以下の中小製造業 555 社から回答を得た。「取組ができて」と「取り組み中」を合わせた活用率は 16.9%である。

最後に、大阪産業経済リサーチセンター（2016）では、大阪府内の金型製造業と成形業に限定し 187 社から回答を受け、「活用している（数年以上）」と「活用している（1 年未満）」を合わせた活用率は 18.2%である。三次元積層造形技術が保有技術に何らかの影響を及ぼすとみられる、金型製造業と成形業に業種を限定した調査として、他の調査と比較して特徴がみられる。特に、同 2015 年調査と比して、同地域また製造業向けの調査結果を分析すれば、金型製造業と成形業との活用状況が製造業全般よりも高いことが伺える貴重な調査分析結果である。

ここまでの 5 つの調査結果を回答項目ごとにグラフ化したのが、次の図 3.1 から 3.6 である。ここでは、本格的活用および試験的活用の二項目を加えたものを「活用している」とまとめて改めて集計した。

その結果、大阪商工会議所（2013）では 7.8%、経済産業省（2014）ではその大企業分の集計結果が 27.7%、中小企業のそれが 7.7%、大阪産業経済リサーチセンター（2015）が 14.9%、明治大学・大阪府（2014）が 16.9%、大阪産業経済リサーチセンター（2016）18.2%であった。

図 3.1 大阪商工会議所 (2013) (n=1,128)



(出所) 筆者作成による (以下, 図表 3.6 まで同じ)

図 3.4 大阪産業経済リサーチセンター (2015) (n=242)

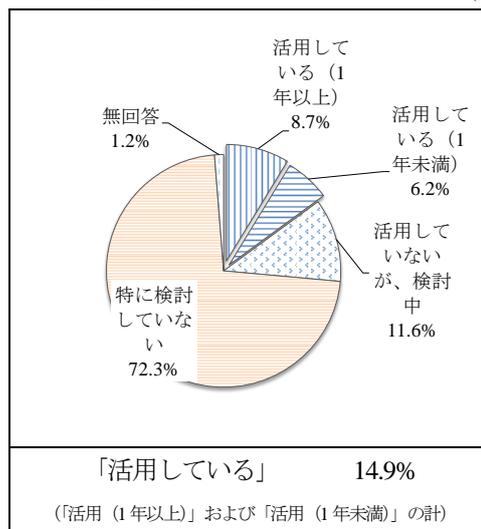


図 3.2 経済産業省 (2014) : 中小企業(n=3,779)

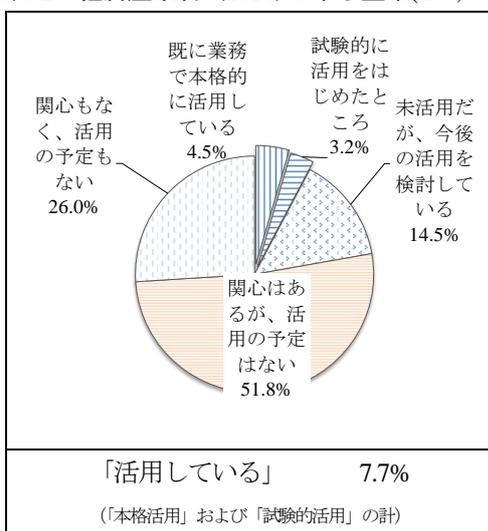


図 3.5 明治大学・大阪府 (2014) (n=555)

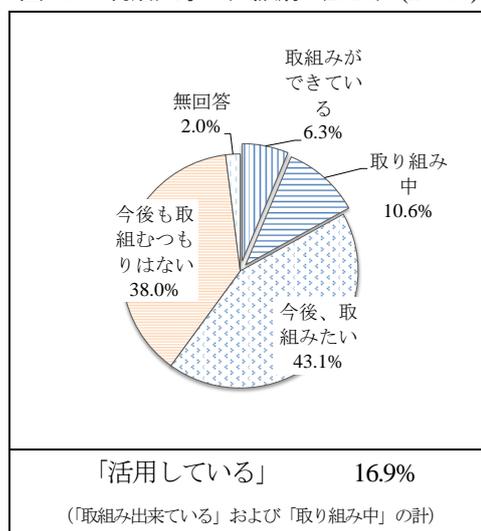


図 3.3 経済産業省 (2014) : 大企業(n=206)

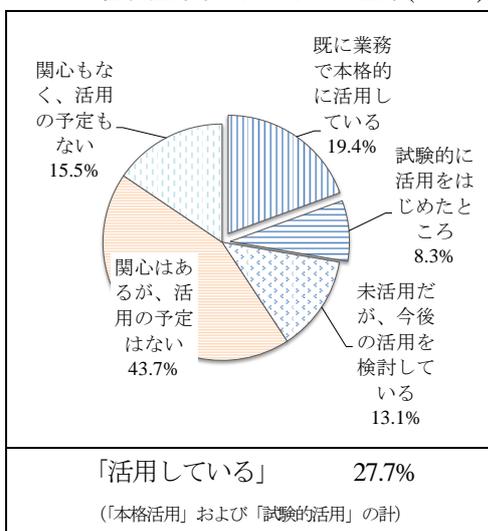
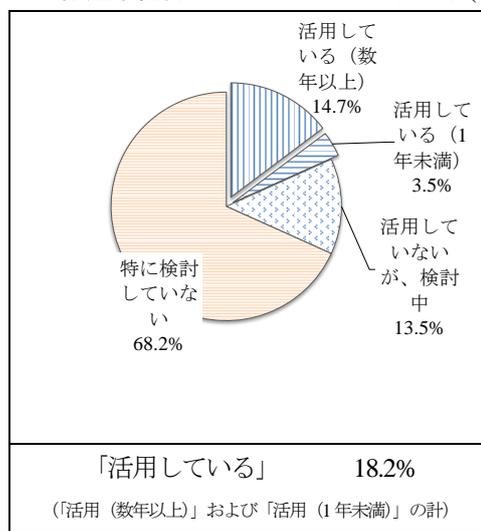


図 3.6 大阪産業経済リサーチセンター (2016) (n=187)



3.3 小括

①小規模，中小企業全般では7%台の活用率

大阪商工会議所（2014）と経済産業省（2014）：中小企業とは，0.1 ポイントの差に近接する活用率であり，実態の姿を反映しているといえるのではないだろうか。

②規模的格差が活用率に影響する

また，経済産業省（2014）：大企業と，同（2014）：中小企業との対比では，大企業が相対的に高い活用率であり，規模的格差を確認できる。

③中小製造業では15～18%程度の活用率

大阪産業経済リサーチセンター（2015），明治大学・大阪府（2014），大阪産業経済リサーチセンター（2016）はいずれも中小製造業を対象とした結果で，およそ15～18%の活用率となっている。

一方で見過ごしてはいけないのは，大阪商工会議所（2014）では「検討していない」が65.2%，経済産業省（2014）：中小企業では「関心はあるが，活用予定はない」51.8%，と「関心もなく，活用予定もない」26.0%

図 4.1 各調査結果の普及曲線での位置 1

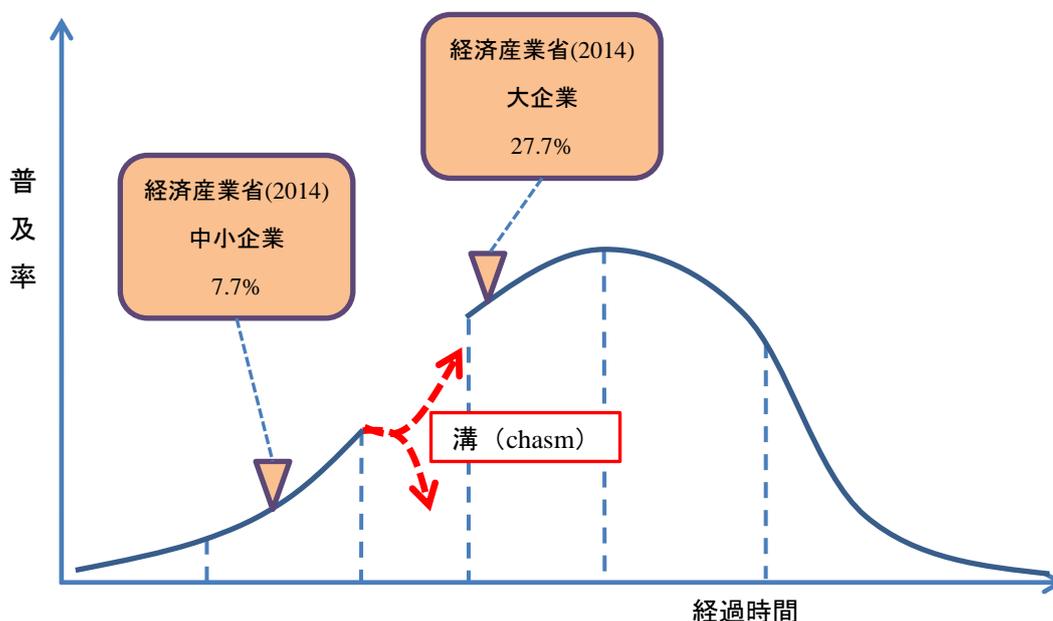
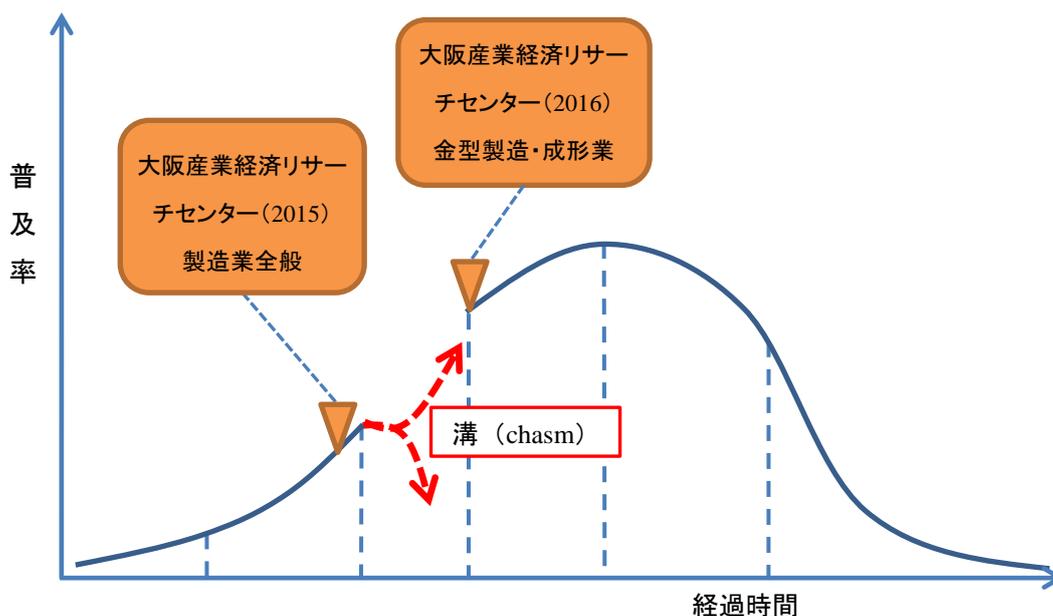


図 4.2 各調査結果の普及曲線での位置 2



(出所) いずれも筆者作成による

合わせて77.8%，経済産業省（2014）：大企業では「関心はあるが、活用予定はない」43.7%，と「関心もなく、活用予定もない」15.5%と合わせて59.2%，大阪産業経済リサーチセンター（2015）では「特に検討していない」が72.3%，明治大学・大阪府（2014）では「今後とも取組むつもりはない」が38.0%，大阪産業経済リサーチセンター（2016）では、「特に検討していない」が68.2%と活用予定がないとする割合層が多数あることが確認できる。

これらの層は①技術範囲が異なり三次元積層造形技術とは全く関係しない，または②関係はあっても会社判断で導入しないとする企業が含まれている。

④製造業の中でも，特に金型製造業，成形業での活用率は高い

大阪産業経済リサーチセンター（2016）でみるように，同（2015）と比較すれば製造業の中でも金型製造業と成形業での活用が進んでいることが伺える。なかでも，成形業では樹脂成形，樹脂金型製作，治工具の製作などに活用され，生産工程，生産コストの大幅な改善を図っている事例がみられる⁸⁾。

4. 普及理論から見る日本での調査結果の分析

ここでは前章でまとめた日本の各団体が調査した結果を元に，Rogersの普及理論，およびMooreのキャズム理論に当てはめて分析する。

その結果の分析に当たっては，5つの調査全てを同じ土俵で比較することは，企業規模や業種の違いから困難であることから，比較するのは調査において対象が一定近似する調査を「規模の観点」と「業種の観点」から比較する。

まず，規模の観点での考察には，経済産業省（2014）の調査から大企業と中小企業の結果を用いる（図4.1）。大企業では活用率27.7%であり，普及16%の壁は通りすぎていると考える。筆者が2014年の調査において教社だが大手企業（自動車関連，家電関連）にインタビューした際にも，三次元積層造形機の保有ならびに活用している状況，普及率が高いことが確認できている⁹⁾。したがって，大企業ではアーリー・マジョリティ層での普及，つまり本格普及が始まっているといえよう。

規模での差異が生じる理由としては，三次元積層造形機の価格がプロダクションシステムに使用する機能を有するもので，数百万円から数千万円と高額であり，資

金負担が大きいことが考えられる。

一方，中小企業について調査結果では活用率7.7%であり10%未満の結果となった。このことから普及16%の壁にはまだ普及が至っていない状況，つまりイノベータへの普及からアーリー・アダプターでの普及状況であることが考察できる。

次に，業種の観点での考察については，大阪産業経済リサーチセンター(2015)と同(2016)の二つを比較する(図4.2)。2つの調査結果は同じ大阪府内を調査しながら，調査対象業種について2015年調査では製造業全体に，2016年調査では金型製造業と成形業に絞っている。この2つの調査結果を比較することで，業種での普及の影響を考察したい。

その結果，製造業全体を対象とした2015年調査では，活用率が14.9%で，普及16%の壁に至っていない。イノベータ層への普及からアーリー・アダプター層への普及段階であろう。

一方，2016年調査での金型製造業と成形業では，三次元積層造形技術が他の業種よりも技術の変化やイノベーション面で強く影響するといわれている。この通説を裏付けるように，調査結果は18.2%と普及16%の壁を超えている。つまり，アーリー・マジョリティ層への普及へ至り，本格的な普及が始まったことが考察できる。

5. 三次元積層造形技術の普及に向けた課題と方向性

現在，三次元積層造形技術は企業において一定の普及が認められるものの，普及の途についたとみられる局面が確認された。これらは企業規模や業種による影響があることが確認された。

また，今回調査結果からの考察はできなかったが，Rogersの普及理論で指摘する情報のコミュニケーションの断絶などが，高額でほとんど目にすることがなかった金属造形などのプロダクションシステム用の三次元積層造形機について生じることで普及を阻害していることが確認できる¹⁰⁾。このように三次元積層造形技術が普及へと至るかについて，いくつか課題が考えられる。

課題

①三次元積層造形技術は，切削や研削加工などの除去加工に比べて，馴染みが少なく，手にし，目にする機会が少ないこと

- ②機械装置の価格が数千万円と高く、企業での導入が進んでいかないこと
- ③材料種類が限定され、指定材料に制限が強く、使い勝手に制限が大きいこと
- ④活用事例が業界でも共有化されず、一部の先行者利益で独占され、情報がクローズになっていること
- ⑤パーソナル向け造形機に脚光があたり、プロダクション向け造形機の情報に接しないまま、本技術に蓋をしてしまっている企業がみられること

こうした課題が業界で内包されている。そのため、業界団体や政府、企業がこれら課題について方向性を定め、解決策を手当し始めている。

例えば、上記課題②：造形機の価格に関しては、経済産業省において機能や価格面に優れた国産造形機の開発プロジェクトが進み、販売まで目処がついている¹¹⁾。また、各社の知的財産権が失効する時期が到来し、開発案件が進むことで造形機の価格が下がる傾向にある。

課題③：材料での制限については、各社ビジネス形態を変化させてきたため、材料指定をしない造形機も出回るなど変化が起きている。キャズムを超え、メインストリームで需要を作り出すためには、複数の販売チャネルや製品構成を市場に提供することが必要であるとの指摘もある (Moore (1991) (川又 訳, 2002, pp.303-304))。

課題④：活用事例がクローズ化していること、課題⑤：パーソナル向け造形機での技術限界が技術の限界と同一視され勘違いされていることを解消するには、本格的な造形技術の利用方法や事例をマーケットのリーダーやフォロワーに正確に再度情報を伝達する必要がある。一度定着したイメージを変更するには困難が付きまとうが造形機メーカーやベンダー、導入企業は日本のものづくり技術の向上のためにも、産業発展に結びつく情報はオープン化する必要がある。

メインストリーム市場が反応するのは、マーケット・リーダーが発信する情報であると指摘した上で、リーダーによる情報発信の重要性を説いている。日本において各業界のリーダーである大企業やニッチトップ企業が本技術の活用について、ものづくりの高付加価値化に寄与する事象については業界発展のために活用事例を積極的に情報発信する必要がある。

こうした課題解決を進めることによって、除去加工

の精度追求型で世界と競合してきた¹²⁾日本の技術競争優位に、三次元積層造形技術の組み合わせにより、技術の幅をもたらすことが実現する。その結果技術の重層化、組合せが進むことになる。

6. おわりに

三次元積層造形技術の普及について、現代の活用調査結果から普及理論を下敷きに考察を加えた。本研究によって、産業イノベーションについて普及側面から日本のものづくりの一面について新たな知見を得られたと考える。これによって、産業のイノベーション、技術普及の実態に関して政策立案場面で実態を捉えるための基礎資料として活用を望む。

* 「3D プリンタ」、「3D プリンター」と表記が異なるが原文のままにしている。

〔注〕

- 1) 釣鐘型の曲線は頻度基準、S字型曲線は累積基準による (Rogers (2003) (三藤 訳, 2007, p.221))。
 - 2) 平均値に対して右にカテゴリーが1つ、左にカテゴリーが2つ並び、非対称である。それについては、ラガードを初期と後期に分けることも設定できるが、「均質なカテゴリーを形成している」と考え、1つにしている。また、イノベータとアーリー・アダプターをまとめれば、左右対称となるが、「2つのカテゴリーは互いに異なった特性を有しており、2つの別個のカテゴリーにするほうがよい」 (Rogers (2003) (三藤 訳, 2007, p.230)) とし、このカテゴリー設定が標準的なものとされている。
 - 3) 統計学では、「inflection point」
 - 4) 次章で触れるムーアのキャズム理論については「これまでの研究に裏付ける知見はない」 (Rogers (2003) (三藤 訳, 2007, p.231)) とし、その考えに同意を示していない。
 - 5) 「普及率 16%の壁」は、Rogers (1962) (藤竹 訳, 1966) で示される「変曲点」に相当すると考えられる。
 - 6) 別の表現を使えば、「踊り場」といえるであろうか。この期間は、様々な宣伝等の方法を講じても売上等には反映しない時期である。
 - 7) ただし、すべての普及曲線が正規性を有するとはいえず、以下の指摘もここで付記する。
- 宇野・青池 (1972) は、水田除草剤の普及を観察した結果、「農業生産財の普及において正規分布型はほとんど見られなかった。(中略)イノベーションの性質によって普及曲線は異なる」ことを指摘する。
- また、宇野 (1990) は、普及曲線は時間軸の中でピークがどちらかにずれた形状であったり、分布が集中す

るかしないかで切り立った峰型となだらかな富士山型であったりするものを指摘する。

さらには、生産財で観察されたピークが二つある「双山現象」について、「経済的危険度の大きい生産財の普及では、先駆的採用者やアーリー・アダプターが採用後安全確認をしたうえでまた周りの人が採用を手控えて安全確認をしたうえで、一斉に採用が始まる現象」(同 p.194)と結論付けた。これにより、ピークが二つ以上生じる生産財の普及曲線の有り様を示した。

8) 各企業へのインタビュー20社程度を行った。

9) また、筆者は2013年から2015年にかけて各地で「三次元積層造形技術の活用」と題して、工業団体、企業グループ等で講演を行った。その際の受講された大手企業は10社程度であったはずだが、バイアスによる影響がみられるとはいえず活用率が高かったことを実感している。

10) 各種展示会ではプロダクションシステムとしての金属の三次元積層造形機の実機が動作しているのを見ることができない。それは、設備が高額で受注生産であることからデモ機が少なく、据付に多額な費用がかかるなどの理由からデモができないことによる。実際の金属造形機を見るにはハードルが高く、こうした点から情報の非対称性が生じていることが確認できている。

11) 経済産業省製造局へのヒアリングによる(2015年5月)。

12) 「当社の技術優位は一ケタ μ 台の切削精度です、世界競争に打ち勝ってます」こうした精密加工に特化しすぎたため、技術の複合化に遅れた面がみられるのではないかと考える。

<参考文献>

宇野善康 (1990), 『<普及学>講義 イノベーション時代の最新科学』有斐閣選書

宇野善康, 青池 慎一 (1967), 「革新的アイデアの普及に関する諸命題 その(2): 商品化作物(りんどう)栽培の普及過程の考察(第五十集記念号)」『哲学』50, pp.229-258

宇野善康, 青池 慎一 (1972), 「革新的アイデアの普及に関する諸命題 その(3): 水田除草剤(Sodium-Pentachlorophenol)の普及過程の考察」『哲学』60, pp.37-81

宇野善康, 青池 慎一 (1973), 「革新的アイデアの普及に関する諸命題 その(4): 新潟県刈羽郡小国町字八王子(旧山横沢村)における自動耕うん機の普及過程」『哲学』61, pp.109-152

大阪産業経済リサーチセンター (2015), 『三次元積層造形技術の活用に関する調査研究』

大阪産業経済リサーチセンター (2016), 『金型製造業,

成形業におけるイノベーション -三次元積層造形技術がもたらす現場での変化- に関する調査研究』

大阪商工会議所 (2013), 『3D プリンター活用に関する調査』

清川雪彦 (1991) 「技術普及の経済分析-課題と展望」, 『経済研究』, Vol42, No.4, 一橋大学経済研究所

経済産業省 (2014), 『ものづくり白書』

一橋大学イノベーション研究センター編 (2001), 『イノベーション・マネジメント入門』日本経済新聞社

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

明治大学・大阪府 (2014), 『効果的な経営支援に関する大阪府企業アンケート調査』

Anderson, Chris (2002), *Makers: The New Industrial Revolution*. Crown Business (関美和 訳 (2012)

『MAKERS—21世紀の産業革命が始まる』NHK出版)

Moore, Geoffrey A. (1991), *Crossing the Chasm*.

HarperBusiness (川又政治 訳 (2002) 『キャズム』翔泳社)

Rogers, E. M. (1962), *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.

(藤竹暁 訳 (1966) 『技術革新の普及過程』培風館)

Rogers, E. M. (1983), *Diffusion of innovations* (3th ed.). New York: Free Press.

(青池慎一・宇野善康 訳 (1990) 『イノベーション普及学』産能大学出版部)

Rogers, E. M. (2003), *Diffusion of innovations* (5th ed.). New York: Free Press.

(三籾利雄 訳 (2007) 『イノベーションの普及』翔泳社)

Rogers, E. M., & Shoemaker, F. F. (1971). *Communication of innovations: A cross-cultural approach*. New York: Free Press.

(宇野善康 訳 (1981) 『イノベーション普及学入門』産能大学出版部)

Schumpeter, J.A. (1926), *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Duncker & Humblot

(塩野谷祐一, 中山伊知郎, 東畑精一 訳 (1977) 『経済発展の理論 (上)』岩波書店)