

# デジタル化イノベーションによる産業での変化

## — 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 —

松下 隆

### 要約

印刷関連業は1980年代からDTPなどデジタル化により大きなイノベーションを経験した。そこでは新たにデザイナーが業務範疇を広め、関連サービス業が創出する一方、写植業は淘汰、製版業は組替状況になっている。こうした印刷関連業で起こったイノベーションと相似するのが、3次元CADが下支えする積層造形関連分野である。本稿では、印刷関連業で起こったデジタル化イノベーションについて、産業構造、開発工程などの面で分析した。結果、産業構造面では新規サービス業の創出、金型・試作業における組替が起こり、加えて、専門家のマルチスキル化、フロントローディングの加速化が起これと予想される。本稿により、積層造形関連分野の将来の方向性を考える上で示唆が得られる。

### 目次

1. はじめに
2. レビューと研究フレーム
3. 印刷関連業のデジタル化イノベーション
4. 積層造形関連分野の進展
5. 両分野の類似性
6. 変化の類型からみる積層造形関連分野の今後の変化
7. おわりに

#### 1. はじめに

2012年中ごろから「3Dプリンタ」による新たなものづくりの潮流が注目されている。3Dプリンタとは、樹脂等を溶かして薄く積層化する技術で立体物を制作する機械装置のことである。その歴史は、1980年代にさかのぼり、発明から30年以上経過した現代で本格的に普及しようとしている。そのきっかけは、機械装置の価格が数十万円に下がり、企業のみならず一般の人が購入しやすくなったこと、C.アンダーソンが『MAKERS—21世紀の産業革命が始まる』でその現象と将来の方向を示したこと、オバマ大統領が全米の教育機関に設置導入し、子供や学生などからの基礎的教育を充実することによりイノベーション創発を期待すると主張したことによる。

一方、こうした新たな技術や解決方法でイノベーションが起きている時、それに関わる産業界がどう変化したのかについては、先例があるはずである。積層造

形の成り立ちやその時代背景、イノベーションの「トリガー」が相似するものとして、印刷関連業におけるデジタル化イノベーションが該当する。印刷関連業では、1980年代にデジタル化の波が押し寄せ、それまで1000年近く続いた印刷技術がコンピュータを使い、デジタルにオペレーションできるようになった。つまり、プリプレス工程がデジタル化されて、産業構造の変化が起きた。

本稿では、印刷関連の写植業、製版業などの動向を分析したうえで、積層造形関連分野との共通性や近似的な変化のメカニズムを分析することで、積層造形関連分野における今後の方向性などを考察する。

#### 2. レビューと研究フレーム

##### 2.1 レビュー

既存研究レビューでは、印刷関連業の研究レビュー、さらに積層造形関連分野の研究レビューを行い、それぞれの産業界での動きを基礎にして、産業界での変化について考えるフレームを探すこととする。

イノベーションの基礎的概念としては、J.A. シュムペーター（1982）の研究が挙げられる。イノベーションは新結合の遂行から成ると定義した上で、5つの形態を示した。1.「新たな財貨の生産」、2.「生産方法の導入」3.「販売先の開拓」4.「新たな仕入先の獲得」5.「組織の実現」これら5つの形態である。この考え方を基に日本でもイノベーション論が展開されている。日本では一橋大学イノベーション研究センターで多くの蓄積を有するが、なかでも、イノベーションをどうコン

トロールすれば、経済効果を得られるのか、基礎的で豊富な研究蓄積から詳述された一橋大学イノベーション研究センター編 (2001) が詳しい。イノベーションを「非連続的な経済活動に結び付いた」と定義したうえでその成立ちからコントロールの概念まで組織論にて幅広い示唆を与える。また、志賀敏宏 (2012) は、イノベーションにまつわる不確実性をどう克服するかを考察している。

本稿でのイノベーションの定義を連続的な動きを含めた所与の活動とし、「科学から制度・システムまで広範に起こりうる、非連続・連続的な結合であり、経済的価値をもつもの」と定義する。

次に、印刷関連業についての既存研究をみる。三井逸友 (1981) での問題意識の所在は、高地価高賃金な大都市に零細な印刷業・同関連業が集中、増加するのからであり、その分析結果、外注依存度を高めることで、必要な設備等を抑えて対処するなど都市型産業の特徴を見出した。また、都心部では印刷業等が、ショップスタイルの形態をとり、不定期、不特定の需要を獲得する、いわゆる「プリントショップ」が注目されている (p.218) と指摘し、当時の流通面でのイノベーションを捉えている。

その後、1980 年代以降デジタル化の波が押し寄せるとともに、研究課題においてもデジタル化を対象範囲とするものが増えた。渡辺幸男 (2011) は、産業集積研究のまとめの一端として、東京都の印刷業におけるデジタル化の流れについて、3 つの企業事例から分析した結果、国内の個人や企業等から多様な受注を受けながらも、国内の同業者から受注するサービスで新たな生き残りを図っていくことも重要な戦略であると示した。そうした企業はデジタル化の動きを積極的に導入し、DTP 化、CTP 設備等によって素早い対応を行う。このような流れを「CTP 化によって工程間の社会的分業が曖昧になり、製版専門化企業の存立基盤を崩す」と捉え、デジタル化が産業集積における社会的分業を崩壊させ、さらに都市型産業での構造変化をもたらせたと考えた。

また、3 次元 CAD の利用状況からデジタル化の動きをアンケート調査により、組織への影響を考察したのが、竹田陽子 (2000) である。3 次元 CAD 導入によって、設計者がマルチスキル化し、金型部門や業者、デザイナー等が分業の中で業務範囲を変化させていることにより、組織のあり方が変化すると指摘する。

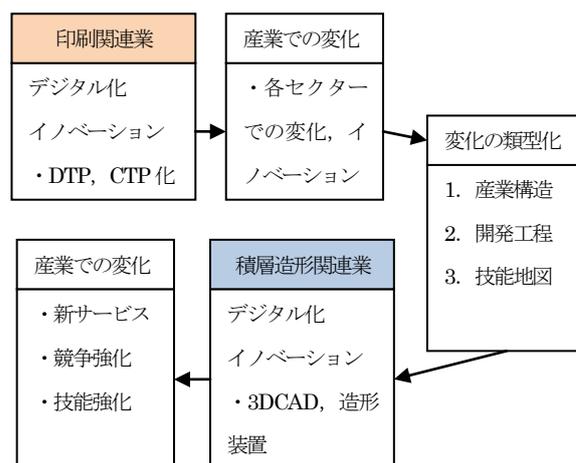
これら研究は都市立地論と産業集積論から考察したものであるが、技術論と産業論に依拠したものは少ない。また、積層造形関連分野の技術に関しては、中川威雄、丸谷洋二 (1996) が技術面に詳しい。他には、「よくわかる RP の活用法 (第 1-15 回)」『素形材』、日経ものづくり編 (2013) など技術面について参照できる文献は多いが、経営や産業動向に関するものは、非常に少ない。海外では、C.アンダーソン (2012) は、3 次元積層造形の動きをもものづくりの方向感踏まえて幅広い視点から捉え、3 次元造形の到来を示唆する。加えて、N.ガーシェンフェルド (2012) は、個人のものづくり (パーソナル・ファブ리케이션) の動きが欧米で萌芽的に動き出していることを示唆する。

よって、本稿では、産業論からアプローチする。印刷関連業の技術展開、特に 1980 年代に起こったプリプレスでの動向とその後の動きを印刷技術に留まらず、周辺産業の動きも含めて分析したい。

## 2.2 研究フレーム

これらレビューに基づき、本稿では、印刷関連業のこれまでのデジタル化イノベーションの歴史的な動き、産業の変化を考察する。そのうえで、変化について類型化する (図 2-1)。そこで類型化したうえで、考察を進めたい。

図 2-1 研究フレーム



出所：筆者作成

## 3. 印刷関連業のデジタル化イノベーション

### 3.1 印刷関連業の変遷

1980 年代におけるプリプレス工程におけるイノベー



は、ハードウェアでは Apple computer 社の Macintosh、Linotype 社の PS タイプセッタ、ソフトウェアでは、ページを記述する言語である Adobe Systems 社の PDL (Page Description Language)、Aldus 社 (現、Adobe Systems 社) の PageMaker が必要であった。加えて文字や絵を制作するソフト Illstrater (Adobe) が必要である。

これらハードウェア・ソフトウェアによる制作方法として、当時、Aldus 社の社長によって、1985 年に生み出された造語が「DTP」である。「DTP」とは Desk Top Publishing の略で、プレス (印刷工程) 前 (=プリプレス) 段階をソフトウェアで実施し、効率化、精度向上を図る。つまり、活字、写植、紙面組みをデジタルで行うことである。1985 年以来、1990 年代に入って、大企業から零細企業にいたるまで DTP 化の急速な流れは、わずか 10 年余りで完全に浸透した<sup>6)</sup>。

### 3.2.3 最後に起こった CTP への動き

DTP 化の次に訪れたイノベーションは、CTP 機の導入による、版下省略である。「CTP」とは、Computer to plate の略で、ソフトウェア上で版組みを行い、版下を刷ることなく、直接刷版に焼き付ける。これにより、版下作業工程を効率化し、加えて精度が上がる。図 3-3 のとおり、企画制作、組版作業などの上流工程がデジタル化し、レイアウトなどの版下作成はデータにて行うこととなり、版下を出力する必要性が薄れた。この流れは、DTP ソフトの進化によるところが大きい。

CTP 化以前には、写真製版工程として、紙原稿を製版カメラでフィルム化、ポジやカラー原稿はスキャナーで読み取り、CMYK 色版ごとにフィルム出力し、刷版用フィルムを制作していた。そのための装置は大型であり、投資額が大きい<sup>7)</sup>。

それと比較しても、CTP 機は、プレートセッターと呼ばれる製版機を導入し、アルミプレート版材などに焼き付ける。この装置は、CTP 化以前の装置と比べて、小型化され、機械の初期投資は大幅に小さい<sup>8)</sup>。

## 3.3 産業構造面での変化

### 3.3.1 「写植業」の淘汰

写植業は「写真植字」と呼ばれる。一文字ずつ文字を打つ手動写植機、コンピュータを用いて入力・レイアウトする文字円盤やデジタルフォントでの電算写植機へ高度化した。DTP ソフトが開発され、パソコン内でフォント入力と校正等を行うことができるようにな

り、業務内容が大幅に変化した結果、写植自体がデジタル工程に置き換えられた。

まとめるとこれらデジタル化 3 段階により、印刷の上流工程では 10 年足らずのうちに大きな構造的変化が起り、その変化で、写植業はその存立基盤を失った。写植業の事業所数、加工高などといった統計資料は、「事業所・企業統計」、「工業統計」などの政府統計で把握できず、現在ではその動向を数的にとらえることは困難である。

### 3.3.2 「製版業」の衰退

CTP 化によって版下が省略され、刷版工程までデジタル化が進展した。この動きは、それまで版下を作成し、写真製版により刷版フィルムを制作してきた製版業の事業領域を凌駕する動きである。この動きにより、製版業はその存立基盤を失いつつある。

「工業統計」の製造品出荷額からの分析 (図 3-3) によれば、1980 年を元にした指数比較では、製版業は大きく出荷額を減少させている。ただ、ここで注目すべきは、印刷業の落ち込みよりも製版業の落ち込みの方が大きいことである。印刷業の指数の落ち込みが緩やかなのは、印刷業が自ら CTP 機を導入し、製版工程を内製化させていることにほかならない。つまり、CTP 化によって、製版業の事業領域が印刷業に取り込まれるといった、産業構造の変化がみられる。

図 3-3 「工業統計調査」の分析



出所：『工業統計』各年度版

### 3.3.3 「プリントサービスショップ」など各種サービス業の創出

これまでみてきた DTP、CTP の流れによって、1. オフセット機械等の大型設備を有しなくても軽量印刷が可能となってきたこと、2. 印刷物の需要が小ロット化

してきたこと、3. DTP ソフトによって、プリプレス工程での設備投資が小型化したことが起こった。その結果、プレス特に、小ロットや特殊な印刷関連物を専門分野とした印刷サービス業が都心部を中心に開店し始めた。それらは「プリントサービスショップ」、「出力センター」などと呼ばれ、個人や中小企業が必要とする小ロットな名刺、チラシ、横断幕、報告書などの印刷物を対象とした(図3-4)。

図3-4 プリントサービスショップの業態拡大



出所：筆者作成

印刷関連業と関わりのあるサービス業は、その工程ごとにデザイン業にはじまり、広告業や写真業、データ入力業、デザインプロダクション、出力ビューロー、写植業、製版業、刷版業など各段階にそれぞれの専門性において分業体制が敷かれている。その結果、多くのサービス業が関わっている。

1990年代では、DTP化の流れが到来し、前述のとおりMacintoshでの版下作成が行われ、版下段階の校正のため「Mac出力センター」といったプレス専門サービス業がその役割を担った。

その後、多種多様な数部、数点といった少ない数での印刷物需要への対応のため、いわば工房のようなサービス業と小売業が融合した業態が増加した。そこでは、デザイナーや個人等がデータを持ち込み、その場でパソコン等を借り修正作業なども可能とし、そのデータを直接印刷する(オンデマンド印刷)ことも可能である。その際にショップ店員から専門アドバイスを受けることもできる。1980年代には文具店がDTPシステムを導入し、チェーン展開など新サービスを検討していたようである。

1987/6/2 日経流通新聞 p.6  
 「文具の文秀堂、パソコンで電子印刷専門店をチェーン化」  
 専門店の文秀堂はショップチェーン展開、神田から都内に、パーティ案内状など個人の印刷物増える

こうしたショップは、現在も米国のビジネスモデル

を日本に持込み東京都心以外にも主要都市にショップ展開する「Kinko's<sup>9)</sup>」、「MAIL BOXES ETC<sup>10)</sup>」、JASDAQ店頭公開し10店舗以上東京都心にショップを有するオフセット印刷が母体となる「リスマチック(株)<sup>11)</sup>」、大阪を中心に多店舗展開する「カンプリ<sup>12)</sup>」など、都市部にはプリントサービスショップが多数立地している。

また、DTPソフトを使用して原稿作成する「DTPエキスパート」<sup>13)</sup>が民間資格化され、それらによる専門制作サービス業が興った。

### 3.4 印刷関連業での影響のまとめ

イノベーションの類型を二つに分け、検討する。一つは、デジタル化によって、「新たに発生した事象」、二つには、デジタル化により「淘汰・組替が起こった事象」である。「新たに発生した」とは、印刷関連業におけるデジタル化の流れにより、それまでの産業構造や仕事の仕方などの仕組み=システムが大きく変わり、新たに事象が発生したことを指す。いうなれば、非連続性なる事象である。

一方、デジタル化の流れにより、仕組みやシステム自体が無くなったり、組み替えられたりする事象も発生する。これはどちらかといえば、緩やかな変化であり、連続性を有する事象といえよう。

表3-5 印刷関連業のデジタル化とイノベーション

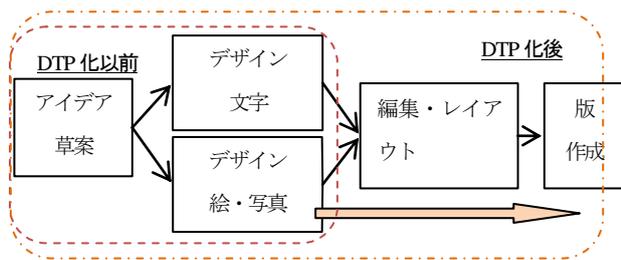
	デジタル化	新たに発生した事象	淘汰・組替が起こった事象
1980年代	1985年 DTP 始まる		
1990	DTP化普及 プリプレス革新	・デザイナーの範疇拡大 ・プリントサービスショップ台頭	・「写植業」淘汰
2000	CIP化普及 (プレス手前)		・「製版業」衰退
2010	全工程でのデジタル化進む	・ダイレクト印刷台頭	

出所：筆者作成

表3-5にみるように、印刷関連業においてはDTP化、

CTP 化のデジタル化の流れにより、PC ソフトウェアにて編集、版作成までのプリプレス工程がデジタル化された。そのため、各工程で分業化されていた業務工程は再編された。上流工程を担うデザイナーが紙面の企画デザインに留まらず、テキスト指定、画像処理、配置校正などまで担うこととなり、業務範疇が拡大した(図 3-6)。

図 3-6 デザイナーの業務範疇の変化



出所：筆者作成

デザイナーは、各種印刷知識を習得し、ソフトウェアを駆使して版作成まで担う必要性がでてきた。挿絵などをデザインするグラフィックデザイナーであっても、DTP 化により印刷物の紙面等をデザインするうえで、文字、写真等を集めて集版し、版下作成するなど業務範囲の拡大がみられた。デザイナーであっても、プログラマーに近い業務を担当することも多くなるなど、マルチスキル化が必要となった。

また、前述の通りプリントサービスショップが様々な業態で台頭し、新たなサービスの提供や流通の確立がなされた。さらに、デジタル化が浸透した段階でダイレクト印刷方式がチラシ印刷や名簿印刷などデータベースと組み合わせた印刷物の需要が増加した。

一方、淘汰、組替事象も発生している。写植業<sup>1 4)</sup>は大勢を占める平版印刷以外で限定的に存続しているに留まり、ほぼ淘汰された。また、同様に写植業ほど大きな影響はみられないながらも、製版業では前述したように事業所数が大幅に減少している。これはデジタル化によって、プレス専門業の企業内に内製化され、取り込まれているためである<sup>1 5)</sup>。

### 3.5 産業での変化の類型

これまで印刷関連業で起こった産業構造などの変化を類型化したい(図 3-7)。

図 3-7 印刷関連業における変化とその類型化

印刷関連業での変化	変化の類型
1. 「写植業」の淘汰	1. 産業構造の変化
2. 「製版業」の衰退	2. 開発工程の短縮化
3. プリントサービスショップ業の創発	3. 技能範囲の変化
4. 製版が印刷業の内部に	
5. フロントローディング	
6. デザイナー、多スキル化	

出所：筆者作成

DTP 化による写植業の淘汰、CTP 化による製版業の衰退、プレス業での各工程の囲い込み、こうした事象が起こることで、産業構造の変化、組替えが生じた。

次に、印刷機の小型化などにより、小ロット、多用途出力に対応するプリントサービスショップが出現し、多様化する印刷需要に応える動きが強まった。また、DTP データを作成、修正し、最終の印刷物をどう作成するか課題解決するコンサルティング業や、データの代行作成サービス業など、印刷関連のサービス業が多様的に出現した。

#### (→1. 産業構造の変化)

DTP 化の流れにより、企画制作から、デザイン、文字入稿、写真編集、組版など一連の流れがコンピュータの中で完結するようになった。これにより、それぞれ専用機にて植字、写植などを行い、合わせて集版する手間が格段に改善された。このことにより、プリプレス工程に要する時間が大幅に短縮された。

#### (→2. 開発工程の短縮化)

プリプレス工程とプレス専門工程が完全に分化し、専門化した。また、製版工程がプレス専門業に取り込まれ内製化されるなど分散と集約化が進んだ。

デザイナーが印刷や組版の知識や経験を身につける必要性が増すとともに、DTP ソフト、Illustrator や Photoshop などユーザーライクなソフトウェアの操作を習得することが求められた。

#### (→3. 技能範囲の変化)

このように、印刷関連業におけるデジタル化の動きは、30 年経過しない間に大きく変化した。そこには、インベンション(発明)から、実現化に向けた大きな 3 つの変化=イノベーションが巻き起こったことを確認

することができる。

#### 4. 積層造形関連分野の進展

##### 4.1 発明の歴史

積層造形は、立体地形図や写真彫像の技術に系譜をもつ。立体地形図は、等高線を描く立体模型を作成する際に、紙などを積層させて作成するものである。また、写真彫像は人のブロンズ像の制作方法であり、1930年当初盛岡勇夫が発明した<sup>1 6)</sup>。いずれの技術も立体を輪切りに断面化し、積層させていく方法による模型制作方法であり、積層造形の基礎原理である。

その後 1980 年代になり、これら二つの技術を凌駕するアイデアとして、熱硬化性樹脂を使った積層造形技術が発明された。世界で最初に紫外線硬化性樹脂を用いて、縦横高さ、XYZ 三方向での造形制御を機械で行うといった技術の特許出願したのが、小玉秀雄である。1980 年小玉秀男（当時、名古屋市工業研究所）は光造形の基本特許を出願した。次いで、1984 年丸谷洋二（当時、大阪府立産業技術総合研究所）が光造形特許を出願し、1984 年 C・ハル（当時、米 UVP 社<sup>1 7)</sup>）が米国で、光造形特許を出願した。

「特許出現では世界で早くても、実用機制作については、日本の企業はリスクを有するのを嫌い、その結果、1987 年に世界で初めて米国 3D システムズ社が製品化に成功した。その後、あわてて数社の大企業が実用機開発に取り掛かることとなり、我々は 1988 年に SOUP システムを開発した」（丸谷氏インタビュー<sup>1 8)</sup>）ということである。光造形法の開発から数年遅れて、溶解樹脂押し出し法（FDM<sup>1 9)</sup>）、1992 年粉末積層造形法<sup>2 0)</sup>の装置販売がされた（表 4-1）。

表 4-1 積層造形開発と実用化年表

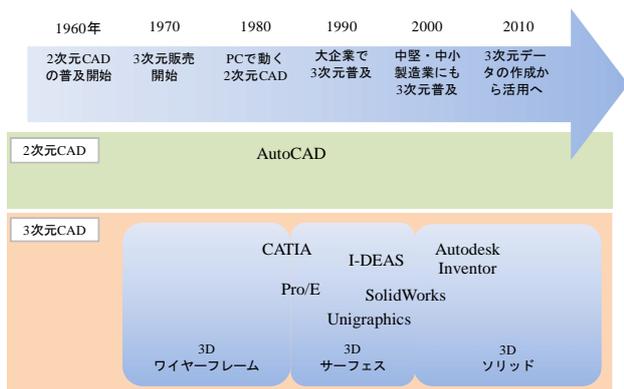
1980年	小玉秀男（名古屋市工業研究所） 光造形の基本特許出願
1982	A・ハーバート（米3M社）光造形システムの基本コンセプト発表
1984	丸谷洋二（大阪府立産業技術総合研究所）光造形特許出願
	C・ハル（米UVP社）光造形米国特許出願 →（のち3Dシステムズ社）
1986	テキサス大学ナイロン粉末のレーザー焼結積層技術 発表（米DTM社設立） →（のち、3Dシステムズ買収）
1987	3Dシステムズ世界初の光造形装置（SLA-1）製品化
1988	三菱商事（早野誠治）が丸谷の技術に基づき光造形装置 SOUPシステム開発（のち、シーメット社） 米ストラタシス社溶解樹脂の積層硬化技術開発
1989	独EOS社ナイロン粉末のレーザー焼結造形装置製品化
1991	三菱商事、NTT、旭電化工業（現ADEKA）、東洋電機製造がシーメット設立
1992	米DTM社 レーザー焼結積層装置販売
1995	三菱商事シーメットからの撤退を決定 独EOS社 粉末レーザー焼結装置販売
	米Zプリンタコーポレーション社がインクジェット方式による粉末積層技術を開発
1996	早野が三菱商事を退社し、アスペクト社設立
1997	アスペクトがDTMとの間で販売代理店契約スタート
2001	3DシステムズがDTMを買収
2005	アスペクトが日本初の樹脂・金属の粉末焼結造形装置製品化
2009	積層造形技術の名称を「Rapid Prototyping（RP）」から「Additive Manufacturing（AM）」に統一（ASTM国際ナショナル）
2012	クリス・アンダーソン著『MAKERS』が出版され、3Dプリンターブームに 3DシステムズがZプリンタコーポレーションを買収、ストラタシスがイスラエルのオブジェクト社をそれぞれ買収、2社による寡占が強まる
2013	ストラタシスが米メイカーボット・インダストリーズを買収

出所：丸谷洋二氏作成資料を基に筆者作成

##### 4.2 普及の歴史

1980 年代に開発された光造形を始めとした、積層造形技術は 1990 年代に入り、実用機が出そろい第一期の普及を迎えた。その時期は価格帯が数千万円ほどの装置が多く、大企業が主として試作開発用に導入した。この段階で中小企業における導入はほとんどみられないといえよう。その理由として、3次元 CAD の普及状況が大きな鍵を握っていた（図 4-2）。

図 4-2 3次元CADの普及



出所：水野操（2010）,p.58 参照に筆者作成

3次元CADは、自動車産業でスタンダードなソフトウェア「CATIA」、中小企業で普及している「Solidworks」など多数販売されている。しかし、その導入金額は数百万円に及び、中小企業では導入に際し、大きなハードルとなっていた。そのため、中小企業において普及し始めたのは、2000年代であり、いまなお3次元CADを使用しなくとも開発に支障の出ない分野が多数存在する。3次元CADは自動車産業、原子力産業、機械装置産業などの複数の部品等がモジュラーとなり、駆動するなどの機構設計にはその組み付け干涉確認や動作解析（FEM）で優位性が高い。

その後、米国では積層造形機を用いた「足し算」<sup>2 1)</sup>のものづくりの方式が新たな工法として定着していた。2010年を迎え、光造形法を始め、熔融樹脂押し出し法などの分野で初期の基本特許切れが到来した。そのため、相次いで安価な造形機（こうしたものを3Dプリンタと呼ぶべきであろう）が開発された。十数万円台の3Dプリンタが開発され、それが企業だけでなく、研究者や個人に広く利用されだしている。それら造形機が日本に相当進出した。例えば、東京都内に多く立地するFabスタイルのカフェ<sup>2 2)</sup>などでは、そうした3DプリンタやCNCカッターなどが設置され、さながら工作室となっている。そうした動きや起業ベースのものづくりを捉えた『MAKERS』の刊行は、積層造形によるものづくりの新たな流れを示したものであった。

それまで日本では、素形材、塑性加工などの分野で素材から除去加工によって、部品等を製造する工法が主流となっていた。特に、切削加工（「引き算」<sup>2 3)</sup>）は日本が世界に誇れる高精度の加工技術を有する分野で、それに従事する企業が多い。積層造形について、

米国に比べて1990年代におけるものづくりでの利用度合いは進んでいなかった。なぜなら、日本は積層造形については試作品を模型化するために使用するなど限定した使い方しかできず、まったく新しい複雑な模型を創造して作り上げる工法として使用できなかったためではなからうか。加えて、もう一つの理由として、加工精度を競争優位に掲げて国際競争をしてきたため、積層造形がその精度面で満足できる範囲に至らなかったことによるのではなからうか。「積層造形は、切削に比して精度で劣る」<sup>2 4)</sup>というのが金型事業者からヒアリング時に聞かれた認識であった。これらより、日本の中小企業の現場においては、積層造形法についてやや慎重な見方をする動きが強い。

#### 4.3 積層造形関連の用語の整理

近年、積層造形に関しては、「3Dプリンタ」と呼ばれるのが一般的である。3Dプリンタとは、2Dプリンタ（自宅に普及したインクジェットプリンタを指すことが多い）との対比で使用され、卓上型の比較的安価なものを指すことが多い。

一方、これまでは、1980年代以降、よく使用されてきた用語として、RPやRM、RTなどの用語の方がなじみある者も多い。RP（Rapid Prototyping）は素早い試作づくり、RM（Rapid Manufacturing）は素早い最終部品作り、RT（Rapid Tooling）は素早い型作りといってもよいだろう。「素早い」が意味するのは、図面から直接造形されるため、時間面・コスト面から軽減されているということを示す。

アメリカのASTM国際標準化機構<sup>2 5)</sup>によって、2009年にAM（Additive Manufacturing）が積層造形についての国際的な技術用語として標準的に使用されることが合議された。こうした動きから、一般的にいう3Dプリンタ、大型の積層造形機もあわせて、AMとして定められた。

しかしながら、3Dプリンタと呼ばれる「機械」と従来から積層造形関連分野で使用される光造形機やレーザー焼結造形機など「装置」とでは大きな差異がみられる。よって、筆者は3Dプリンタと装置との差異を簡易に比較して示す（表 4-3）。この区分は、同じ積層造形を行う機械等の呼び名である。機械と装置を分けてみることで一つの視点がつかみやすいと考える。

表 4-3 3D プリンタと積層造形機概念比較

	3D プリンタ	積層造形機
イメージ	「機械」	「装置」
設置場所	オフィス, 家庭で可能	空調装置必要な作業場
価格帯	10 万円から 30 万円程度	10 万円から 1 億円程度
工法	・ 溶融樹脂押し出し法* ・ インクジェット方式	・ 光造形 ・ インクジェット方式 ・ 粉末焼結方式
大きさ	造形空間 30cm 程度まで	造形空間 1m 程度まで
付帯装置・器具の有無	なし	あり ・ 洗浄装置, 紛体供給装置 ・ 防護マスク
造形空間の雰囲気	造形空間がオープンのためほぼ気温下	密閉, 減圧, 100°C 程度の高温下, 窒素等を充填

\*: 溶融樹脂押し出し法 (FDM : fused deposition modeling)

出所: 筆者作成

#### 4.4 使用できる材料の多様化

積層造形についての機器及び材料などの進化は著しい。2010 年代に入り、積層造形に使用する材料は、樹脂、石膏、金属など広範な材料で造形が可能となっている。樹脂では汎用プラスチックから、熱に強いエンジニアリングプラスチック、さらに耐熱温度が 150°C を超えるスーパーエンジニアリングプラスチックなどに近い物性を有する素材が材料となっている。ナイロン、アクリル、ポリカーボネイト (PC)、ポリエチレン (PE) など身近な素材に近いものから、超スーパーエンジニアリングプラスチックのポリエーテルエーテルケトン (PEEK) などが揃っている (表 4-4)。

加えて、鋳物に使用する珪砂 (けいさ)、鋳物の一製法である消失模型 (ロストワックス) 法に用いる中子を作成するポリスチレン (PS) なども揃う。

さらに、石膏材料の場合、現在ではフルカラーの着色が可能であり、多彩な造形に用いられる。

最後に、金属は金型等に使用されるマルエージング鋼、クロムモリブデン、ステンレス、アルミ、銅、チタニウム合金、ニッケル合金など幅広い材料が揃う。金属の場合、素性も各種合金レベルに近いとなっている。これから、材料物性が実用域に近づき、粉末造形の場合、レーザー出力が高まったため、通常部品と同レベルの物性となり、より RM の領域へと近づいた。

#### 5. 両分野の類似性

印刷関連業におけるプリプレス工程でのイノベーションにより、DTP、CTP 化によって版が省略されデジタル化が進み、写植業や製版業はその存立領域をその全て、または一部を取って代わられた。

また、積層造形関連技術においても、3DCAD データ化によるデジタル化の流れは大きく進展し、積層工法技術が相当に進化し、RP から RM へのイノベーションがみられる。

このように、この二つの異なる産業領域において、双方の大きな変革については一定の共通項や類似性がみられる。第一に、両方の領域とも 1980 年代に新たな技術的工法が生み出されていること、第二に、優れたソフトウェアの開発普及によるデータのデジタル化によりイノベーションがもたらされていること、第三に、印刷分野の技術が積層造形分野でも応用されていることが挙げられる。

第一に、印刷関連業の歴史は非常に古くて長い、本稿で取り上げる DTP の流れは 1985 年に始まっている。その後、CTP 化の普及が始まり、プリプレス工程は 1990 年から 10 年ごとに急激なデジタル化が進展し、それに伴う業務フローの組替え等が起こった。

一方、積層造形分野では、1985 年前後での特許出願等を経て、商用機械完成は 1990 年代となり、一定の普及や工程への組み入れなどは起きたものの、大企業での一部の活用に留まった。

普及の進展など差異はみられるものの、同時期に発明がなされ、実用化・サービス提供に向けて 1980 年後半大きく進化したという共通性がみられる (表 5-1)。

表 5-1 10 年ごとの比較年表

	印刷業のプリプレス工程	積層造形技術関連
デジタル化前夜	活版印刷 (1445 年) → 謄写印刷 (1890) → オフセット印刷 (1900)	紙などの手作業, 積層プロッタなど
1980 年代	1985 年 DTP 始まる	1985 年 光造形法 特許出願: 小玉秀男, 丸谷洋二
1990	DTP 化普及 プリプレス	商用機械完成
2000	CTP 化普及 (プレス手前)	一定の普及, 他の工法も普及

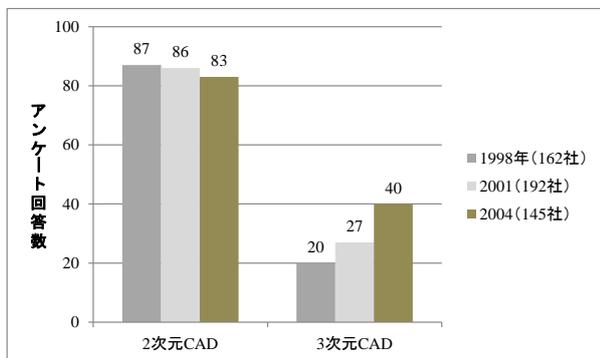
2010	プリプレスからプレス部 分までのデジタル化進捗	バリエーション化で 普及
------	----------------------------	-----------------

出所：筆者作成

第二に、イノベーションの「トリガー」が、データのデジタル化であることも共通する。データのデジタル化はパソコンが急速に普及しだした1990年代に起こる。印刷業では前述した Macintosh 社のパーソナルコンピュータが個人ユースとして販売され、加えて、個人ベースで印刷原稿を草稿できる Adobe 社の Illustrator, Photoshop を始めとする DTP で使用するソフトウェアが開発販売されたことによる。

一方、積層造形関連分野では、3次元CADソフトウェアの普及が鍵となる。前述のように、CATIA, Solidworks を始めとしてソフトウェアが充実したことによって、比較的容易に3次元データを作成できるようになったことで、積層造形への進出がしやすくなった。図5-2でみるように3次元CADが、1990年以降急速に普及しだしている。

図 5-2 3次元CADの普及



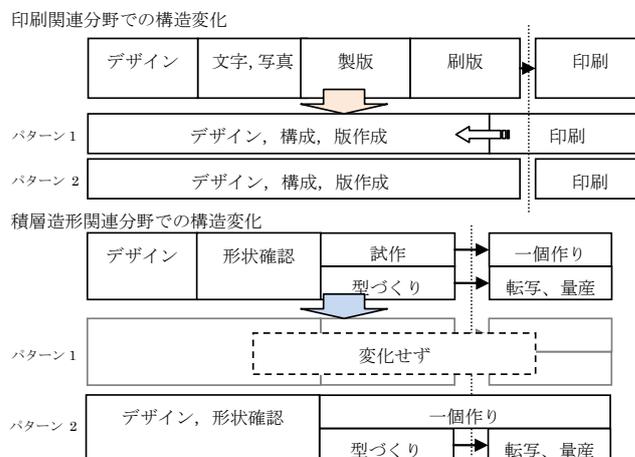
出所：竹田 陽子，青島 矢一，延岡 健太郎 (2004) 「3次元CADの普及と製品開発プロセスに及ぼす影響」『技術マネジメント研究』4，横浜国立大学，p.3

このように、データのデジタル化を促すソフトウェアの開発、普及により、二つの産業分野においてもイノベーションが加速した。

第三に、データのデジタル化により引き起こされた産業構造の変化の形態が、相似することである(図5-3)。双方に実体物に関わる工程(印刷関連ではプレス工程、造形関連では一個生産、量産工程)以外の川上工程がデジタル化で統合化されていく。この変化は二つの関連分野を比べる上で、第二のイノベーションのトリガ

ーで引き起こった変化を確認することとして、第二の要因にあわせて、両分野の相似性を表すものである。

図 5-3 両分野での仕事の流れと構造変化



出所：藤田公子 (2013), p.17 を参照に筆者作成

第四には、積層造形機の一つの主要な方式であるものに、インクジェット方式がある。これは、いわゆる2次元プリンタで主流となった方式であり、微細なノズルから液体状のインクを噴射するものである。この技術は3次元積層造形機にも応用されている。その装置は、数社から製造販売されており、現在では最も積層ピッチが細かく<sup>2,6)</sup>、再現性の高い機械となっている。

これは、印刷業界に技術旋風を巻き起こしたサイテックス社(イスラエル)<sup>2,7)</sup>に在籍した技術者がインクジェットの積層造形機を開発、設立したのが、Objet社である。現在は、Stratasys社(アメリカ)と合併し世界最大の積層造形メーカーとなるなど、積層造形技術に印刷関連技術が応用されていることが多く、類似性が強い。

四点みてきたように、印刷関連業のプリプレスと積層造形関連技術のイノベーションについては、その大きな特長において類似性を見出すことが可能である。

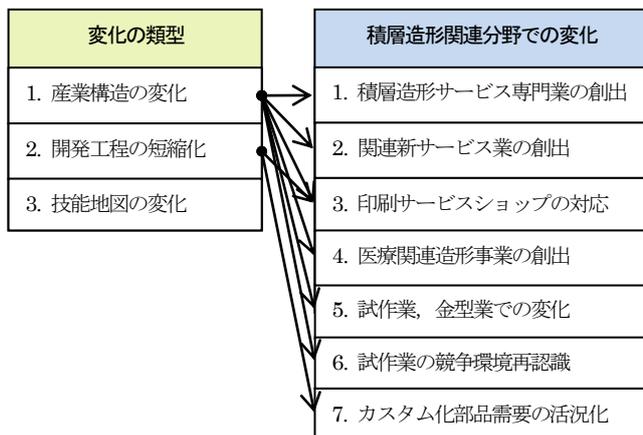
したがって、次章では、先行している産業として印刷関連業のプリプレス工程での変革によって、もたらされた産業構造面や関連サービス業における動きについて参照としながら、積層造形関連分野における同分野での動きを現状も踏まえ、考察したい。

6. 変化の類型からみる積層造形関連分野の変化

6.1 積層造形関連分野における変化

ここでは積層造形関連分野で起こった、または今後起こりうる産業構造の変化をイノベーション事象としてまとめた (図 6-1)。

図 6-1 類型から考える積層造形関連分野での変化



出所：筆者作成

1) 産業構造の変化

産業界が拡大発展する上での変化として、まず「積層造形サービス業専門業が創出」され、「関連新サービス業」が事業を始める。特に、3次元データはいまなお特殊であり、その作成、修正、参照など発展のためには、これらをサービス事業化する動きが求められる。先にも述べたとおり、3次元データの進化が積層造形の進化と呼応する。

こうした動きは「印刷サービスショップの3次元化対応」によって、都市のいたるところで造形する上で利便性が出てくる。

「医療関連造形事業の創出」については、術前シュミレーション、臓器などの造形など幅広い分野でイノベーションが期待される。これらは造型機、材料の進歩により進展すると考えられる。

「試作業や金型業における業務の一部分は積層造形機に代替される」可能性を有する。単純な造形、モデリング、簡易な樹脂金型などは代替される可能性を有する。これにより、安価に少量の需要に応えることが可能となり、「カスタマイズ化部品の需要が活況」づいてくる。

2) 開発工程の短縮化

積層造形機の導入、展開によって製品開発における機能確認、形状確認などの作業は大幅に期間短縮可能となる。そのため、開発に係る時間、コスト面でのフロントローディングは進展する。これにより、多様化したニーズに応じた開発が可能であることから、「カスタム化部品需要の活況化」に結びつく。また、フロントローディングが進めば、製造業から発注される内容が変更し、その影響は「試作業や金型業での変化」が生じると思われる。

造形サービスとその後の仕上げ処理など、造形において専門的な工程を担う試作業などはその業務範囲が専門ごとに集約化されていく。造形と仕上げの分離、統合が始まり、これにより「試作業は競争環境を再認識」するよう必要性が生じる。

3) 技能地図の変化

この事象だけは、印刷業のそれと適合しにくいと考える。つまり、印刷関連業のデザイナーが経験したマルチスキル化は生じないと考えられる。

なぜなら、造形、その後の仕上げなどは依然専門的なサービスで実現されるため、3次元データを作成するデザイナーの役割は、印刷のそれよりも範囲が狭い。また、3次元CADには「3次元CAD利用技術者」<sup>28)</sup>という民間資格で証される認定制度があり、高度な作画技術が求められることから、デザイナーがその習得には相当な時間と経験が必要となり、現実的には行われにくいからである。

6.2 積層造形関連で起きている変化、今後の変化

本章では、積層造形関連分野における今後のイノベーションを考察したい。

前出の表 3-10「印刷関連業のデジタル化とイノベーション」での分析を参照として、積層造形関連分野においても分析を試みた (表 6-2)。

表 6-2 積層造形関連分野での今後の変化

	トピックス	新たに発生した事象	淘汰・組替が起こった事象
1980年代	工法 発明	・特許出願	
1990	実用機 開発	・実用機上市	
2000	大企業のみ普及	・大企業での試作工程で使用	
2010	・材料拡大 (金属, 樹脂, 石膏) ・価格, バリエーション多様化	・造形サービス専門業	・試作業 → (一部代替) ・樹脂成形業 (間接的に影響) ・金型業 → (一部代替) ・金属加工業 (間接的に影響)
今後	サービス	・3次元CADデータ作成業, 修正業などの関連サービス業創出 ・工房事業「FabLab」など創出	・試作業が競争環境再認識に ・プリントサービスショップの3次元出力対応
	市場	・カスタム化部品需要創出 ・医療関連造形事業の創出	・消失模型の中子制作

出所: 筆者作成

1980年代の基本特許出願を契機として、積層造形装置の実用機の開発が日本で進んだ。特に、日本では光造形について先行し、1990年代に実用機が上市された。また、海外からも積層造形機が輸入され、造形が試作段階における工程に組み入れられるように常態化した。しかし、その動きは、大企業において限定され、中小企業のものづくりにおいて依然常態化していない。

その後、2010年代に入り、積層造形に関する基本特許切れによる低価格機の上市、材料のバリエーション化、造形精度向上などが起こり、新たなものづくりの潮流として再度注目されている。

今後新たに発生する事象として考えられるのは、造形サービス専門業の台頭である。これまで、造形は装置を有する試作業などが担ってきた。しかし、今後は、造形工程が一つの業として確立すると予測される。そ

のため、専門サービス業として確立される動きがすでに2013年に起こってきた。一つは、レンタルサービス業の株式会社DMM.com社の「DMM.3D<sup>29)</sup>」サービス、東京リスマチック株式会社が行う「3Dプリンタ立体造形出力サービス<sup>30)</sup>」である。DMM.3D サービスはDMM.com社が多角化事業で手掛けるもので、ミドルレンジの装置を導入、また他の造形機商社と出力面で連携し、本格的なサービスを開始している。また、東京リスマチックは印刷プレス専門業であり、関連性が高く新たな市場拡大が見込まれる積層造形分野の新事業を開始した。

また、これら出力サービス業以外にも、造形機の国内代理店やメーカーでも出力サービスを行っている。世界No.1の造形機販売シェアを有する米国ストラタシス社の日本の代理店である株式会社丸紅情報システムズ<sup>31)</sup>が「MSYS オンデマンド生産サービス」を始めるなど、出力サービスニーズの高まりとともにメーカー代理店、出力専門サービス業ともに対応し始めている。ただ、こうした新たな動きは、過去にも計画策定されていたようだが、現在まで継続されていないことを考えると、新サービスは市場の動向を見据えた戦略性を有することが必要だと思われる。

1994/5/25 日経産業新聞 p.13

「蛇の目ミシン、受託製造サービス開始」  
蛇の目ミシン工業(株)は3Dシステムズ代理店インクスト共同で、2次元図面に従い金型の受託製造(ラビッド・キャストイングサービス)開始、売上10億目指す

1996/4/9 日経新聞 p.13

「光造形モデル デンケンエンジニアリング、インターネット受注開始」  
デンケンエンジニアリング(株)は、データを送ると24時間でモデル作成、公設試、家電メーカー、からの受注100件を見込む

今後新たに起こりうる事象としては、個人向け高級バイクカスタム化、希少価値を有する自動車のレストア化に必要なカスタムパーツなどに対応するデータ作成業、データ修正業など関連サービス業が創出されるであろう。個人ユースに対応した工房事業、例えば「FabLab」事業などが全国に展開し始めている。

さらに、これまで規制や制約の大きかった医療関連分野においても積層造形技術は新たなイノベーションを生む。現在においても、術前シュミレーションのための心臓モデル、歯科分野でのインプラント術前シュミレーション模型などのモデル、人工関節、欠損部分の複製モデルなどの人体に装着するパーツの造形など多彩な用途開発が医療現場と造形サービス業が連携し

で盛んに行われている。

次に、現段階で淘汰・組替が起こる可能性のある事象としては、試作業における事業領域、戦略方向の変化であろう。試作業が造形機を導入し、作業の効率化を図り高度化するケースと導入を見送り専門技術で訴求するなどいくつかの戦略パターンに分離されてくるであろう。加えて、造形物の「仕上げ加工力」が試作業の競争優位を左右する最大要因となるであろう。この部分に関しては技術力が求められ、付加価値が高い。

また、金型業においても、一部の精密金型、大型のプレス金型などを除いて、汎用的、高精度でない樹脂金型、加えて鋳物、消失模型（ロストワックス法）の中子制作などにおいては造形機が効率的で優位となり、既存工法からの代替が起こる可能性がある。それらに伴い、樹脂成型業や金属加工業では間接的にだが、事業領域が積層造形法に代替される可能性を有する。

これら試作業と金型業（樹脂成型業、金属加工業を含む）において起こるであろう事象は、印刷業において写植業が完全淘汰に追いやられた事象と同様とは考えにくく、製版業で起こっている 2 極化や業務範囲の限定化に似た状況であろう。

これらの動きは、印刷におけるイノベーションとはやや異なるものの、新たな仕組み、システムを生み出す大きなきっかけである。2013 年が積層造形における今後の動向を占ううえでの第 2 の分岐点になることが予想される。このイノベーションを支えるのは、3 次元データの加工技術（特に、「ソリッド」）が普及したことである。2000 年代にかけて、大企業だけでなく、中小企業、加えて、医療現場においても 3 次元データが普及した。また、3 次元ソフトウェアが安価に市場で販売されるなど、こうしたインフラ面の整備が大きな変化＝イノベーションのきっかけを生んでいる。

## 7. まとめ

最後にこれまで考察した印刷関連業と積層造形関連分野における産業の変化についてのまとめを比較によって、今後生じる様々な事象について両関連分野とも、技術工法の変化によって大きな変化が生じている。それは、製品開発の局面から日常の業務の一面、大きな変革、つまり「非連続な」変化と日常の変化の「連続的な」変化など様々なイノベーションが起こっている。

科学的発見から経済効果を実現する道のりは長く、発明に始まり、製品・サービスの創出から試行錯誤、組織の変革など失敗や挫折のうえに多くの経験が積み重ねられてイノベーションが成立している。こうしたイノベーションの起こりは業種によって相違するところが多いが、そのイノベーションで顕示する部分は相似する部分もかなりある。

2013 年積層造形関連分野にとっては、数度目の発展の機会であった。今まさに起こりつつある変化を印刷関連業の変化と比較して議論を進めた。本稿で得られた知見から新たなイノベーション展開における発生、普及、進化に関する研究貢献ができたものとする。

今後、さらに新たなイノベーションが積層造形関連分野では勃興するはずである。印刷関連業で起こった業種への影響（淘汰・組替）、新たな製品・サービスの創出などを参考にし、我々行政は積層造形関連分野について、これから起こりつつあるイノベーションを注視し、その進展への支援など検討する必要がある。

## 【注】

- 1) 活版は、インクをのせる部分がでっばっていることから「凸版印刷」とも呼ばれる。
- 2) 日本語の場合、膨大な活字量を必要とした。鉛等で制作された活字が紙等の印刷物に押し当てられ、凹凸を生じさせる。
- 3) 平版印刷にはオフセット印刷以外の方法があるが、平版といえば、オフセット印刷と認識されている。1814 年平台型の円圧印刷機が、タイムズ社（ロンドン）で稼働。印刷速度が毎時約 300 枚が 1100 枚に。1912 年中島幾三郎は、アメリカのハリス社製のオフセット印刷機をモデルとした印刷機を作る。1915 年浜田初次郎は、輪転オフセット印刷機を完成させる。
- 4) ドットフォント：碁盤上のマス目のどこに点があるかによって、文字の形を記録するフォントのことである。文字を拡大した場合に輪郭がギザギザになる。別名、ビットマップフォント。IT 用語辞典 <http://e-words.jp/>参照。
- 5) アウトラインフォント：文字の形状を、基準となる点の座標と輪郭線の集まりとして表現する形式。表示・印刷時に曲線の方程式を計算して、描画する点の配置を決定するため、拡大や縮小、変形をいくらおこなっても決して文字の形が崩れないのが特長。たとえば、Windows システムでは TrueType フォント、Macintosh システムでは、後に出てくる新たな印刷デジタル編集には、PostScript フォントが主流となっている。IT 用語辞典。

- 6) 「1987 年 DTP 日本上陸」, 「1995 年から DTP の本格普及」と指摘している. 公益社団法人日本印刷技術協会 (2007) 『印刷白書』, p.91.
- 7) 製版カメラ, スキャナー, 焼付けプリンタ, 自動現像機など大型で高価で, 整備にも手間がかかる. 原稿一枚ごとに様々な大きさ, 種類の製版用写真フィルムが必要であり, そのコストが大きいため, コストの変動が足かせになることが多い.
- 8) DRUPA'95 からは, 価格, 品質, 生産性共に実用化されてきた. 価格は 5 年程度で半値以下となった (東京都印刷工業組合 Web サイト). CTP 化のメリットとして, 1. カラーマネジメントなどデジタル処理により, 品質向上が可能である, 2. 製版工程の短縮化によるコスト削減, 3. 多品種・小ロットへの対応可能, 4. データがデジタル化するため置き版場所削減できるなどである. 一方, デメリットとしては 1. デジタル化への対応にハードルがあること, 2. 全行程のデジタル化による効率化が不可欠であることなどが挙げられる.
- 9) キンコーズ・ジャパン(株). 宮城県仙台市 1 店, 東京都心 8 区に 35 店, 神奈川県横浜市 2 店, 愛知県名古屋 4 店, 大阪市 6 店, 京都市 1 店, 兵庫県神戸市 1 店有する. コニカミノルタ(株)100%出資会社. キンコーズ・ジャパン株式会社, アメリカのキンコーズの系列企業. オフィスコンビニの先駆け. 現在は, コニカミノルタ株式会社の 100% 子会社. <http://www.kinkos.co.jp/>
- 10) (株)MBE ジャパン, 創業 1980 年の MBE は, ビジネス・サービス小売業として, 世界 34 か国に約 6,000 店舗以上の店舗を有する. サービス内容は, 出力, 製本, デザインなどビジネス支援である. 株式会社オフィス 24 の 100% 子会社. <http://www.mbe.co.jp/>
- 11) 東京リスマチック(株) <http://www.lithmatic.net/>
- 12) (株)カンプリ <http://www.kanpuri.co.jp/>
- 13) JAGAT ( (公社) 日本印刷技術協会) が認証する民間資格. 印刷現場の専門家として年間 100~150 人が受験しており, 特級から 3 級までである. 2 級で 3 年, 1 級では 12 年以上の実務経験が必要である. 2 年更新であり, 6 回以上の更新者にはブルーカードを発行する. 2011 年 11 月現在, 現役の第 1 期から第 12 期約 1,400 人がブルーカード所持者. JAGAT Web サイト, <http://www.jagatexp.info/>
- 14) ネガフィルム状の文字盤から相当する文字を探し出し, そこに光を当てて印画紙に焼き付けること. 写真植字の略. 現在では, パソコンなどによる文字盤フィルムを用いない電算写植が主流となり, 写真植字の作業はなくなる. 写植業は, 1. フォント開発に向かう, 2. Mac オペレーションに変更, 3. 印刷会社に吸収など業態変革した例が多い.
- 15) 製版業は, 組版にて版下を制作するのが主たる業務であったが, 機器・ソフトにて直接版に書き出せるようになってきたため, 再編が進む. 「2007 年の時点で, すでに CTP 刷版とフィルム刷版の割合は逆
- 転し, 全国の CTP 化率はおよそ 60%」 (山名一郎 (2007), p.137), 「CTP の普及によって, 製版フィルムの修正と刷版出力を生業としてきた製版事業者の仕事は激減した」 (同)
- 16) 1933 年, 1940 年に盛岡勇夫が特許出願している (中川威雄, 丸谷洋二 (1996), p.8). 現在も盛岡が起業した事業は継続しており, 立体写真像(株)として東京都品川区南大井で事業を営む. 顔を 7 方向から撮影し, そのデータを光学的に 450 本の縦の線と多数の点に分解して記録, レンズに通し粘土にあて, 原型を粘土で制作する. その原型を石膏にして銅の鋳物にて鋳造する. <http://www.rittai.co.jp/>
- 7) 後に, 3D システムズ社設立した.
- 8) 2013 年 4 月から数回面談にて資料及びコメントを提供いただいた.
- 9) FDM : fused deposition modeling, 細いノズルよりワックスや合成樹脂を細線状にして XY プロッタ方式で走査し, 押し出し固化させて面状に積層する方法.
- 10) 粉末積層造形法は, 1986 年に米国テキサス大学から特許出願され, その後これを扱う製造業者として 1987 年に DTM 社が起業され, 1992 年に販売を開始した. 現在, DTM 社は積層造形最大手の米国 3D Systems 社に買収され, 3D Systems のブランドで市場に供給されている. また, ドイツでも 1994 年から EOS 社が本方式の装置を製造販売 (日本では 1995 年から, 酒井 (2013), p.49) している. (出所: 新野, 安齋 (2007)).
- 11) C.アンダーソン (2012), p.115 によると, 「3D プリンタは, 加算系 (足し算方式) のテクノロジーだ」
- 12) 「FabLab 鎌倉を始め, 複数の拠点が立ち上がり, 多くの人々がものづくりに向き合う. 2011 年, 日本初のファブラボとして, FabLab Kamakura (神奈川県鎌倉市) と FabLab Tsukuba (茨城県つくば市) がオープンし, 本格的なものづくり活動が始まりました. その後 FabLab Shibuya (東京都渋谷区) がオープンし, 国内の各地でファブラボ設立に向けての検討が進められています.」 <http://fablabjapan.org/>
- 13) C.アンダーソン (2012), p.116 によると, 「CNC ルーターやフライス盤などのコンピュータ制御装置は, 減算系 (引き算方式) だ」
- 14) 複数の金型事業者に聞き取りを行ったが, 共通した認識は, 切削法に比して脅威な技術とみるが, まだまだ比べられないとみている事業者が多かった. それらは特に, 精度面からの指摘による.
- 15) ASTM インターナショナル (ASTM International) December 2009 News Releases ASTM Additive Manufacturing Committee Approves Terminology Standard : 世界最大・民間・非営利の国際標準化・規格設定機関. 工業規格の ASTM 規格を設定・発行している. 旧称は米国材料試験協会 (American Society for Testing and Materials). 1898 年に鉄道産業の発展に伴い立ちあがる, 本部はフィラデルフィア近郊のペンシルベニア州ウェストコンショホッケン.

- <http://www.astm.org/>
- <sup>2) 6)</sup> このインクジェット方式の積層ピッチは 16 $\mu$  程度。他の樹脂・金属微粉末レーザー焼結法では 100 $\mu$  程度、熱溶解積層方式では 30 $\mu$  程度。
- <sup>2) 7)</sup> コンピュータ上で編集可能なレイアウトスキナーと呼ばれた、DTP の原型のような機械をリリースしていた。サイテック社は、NASA (アメリカ航空宇宙局) でおこなっていたアポロ計画が解散になり、その中の (宇宙空間や月から送られてきた画像データ等の画像処理を担当していた) 技術者がイスラエルで立ち上げた会社である。グラフィックデザイン、印刷、出版の分野に特化し、1960 年代から 2005 年まで存続した。1990 年代に 3 分割され、1. サイテックス・グラフィックスグループ: 2000 年にクレオ社に買収、2. サイテックス・デジタル印刷グループ: KODAK に売却、3. サイテックス・ビジョングループ: 2005 年にヒューレット・パカード (HP) 社へ売却された。その後、スピニアウトしたのが、インクジェット技術を有した **Objet** である。『竹橋コミュニティプレス』2012 年 5 月 24th 参照。
- <http://www.tpc-cs.com/>
- <sup>2) 8)</sup> 3 次元 CAD 利用技術者試験、一般社団法人コンピュータソフトウェア協会 (CSAJ) が行う認定試験事業。2 級, 準 1 級, 1 級が設けられている。
- <http://www.csaj.jp/cad/3d/3dcad.html>
- <sup>2) 9)</sup> 2013 年から造形サービス開始。樹脂だけでなく、石膏、金属の造形を行う。加えて、商品モールへの出店補助、一般ユーザーへの販売を行う EC サイトなど統合サービスを運営する。 <http://make.dmm.com/>
- <sup>3) 0)</sup> 全ての店舗で利用できるわけではなく「立体造形工房 神田」でサービス実施。「ハイエンド」対応では 16 $\mu$  のインクジェット方式でアクリル樹脂、「フルカラー」対応では石膏の造形機による。
- <sup>3) 1)</sup> 丸紅情報システムズ Web サイト
- [http://www.marubeni-sys.com/de/3d\\_modeling/ondemand/index.html](http://www.marubeni-sys.com/de/3d_modeling/ondemand/index.html)

#### <参考文献>

- 公益社団法人日本印刷技術協会『印刷白書』各年度版  
小林啓倫 (2012) 『3D プリンタの社会的影響を考える—英国の政策レポートをもとに』
- 酒井俊行 (2007) 「印刷業における構造調整」『千葉商大論叢』, 44 巻 pp.81-103
- 澤田善彦 (1996) 『変わるプリプレス技術』, 印刷学会出版部
- 志賀敏宏 (2012) 『イノベーションの創発プロセス研究』, 文眞堂
- 素形材センター (2011-2012) 「よくわかる RP の活用法 (第 1-15 回)」『素形材』

- 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
- 中小企業金融公庫総合研究所 (2006) 『中小印刷業における新たな事業展開の方向性』, 中小公庫レポート No.2006-1
- 中小企業研究センター編 (2004) 『巨大都市印刷業の展開 -デジタル化の衝撃-』, 同友館
- 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
- 新野俊樹, 安齋正博 (2007) 「積層造形技術の動向—粉末積層造形法を中心に—」『素形材』, 7 月号
- 日経ものづくり編 (2013) 『3D プリンタ総覧 2014』, 日経 BP 社
- 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
- 弘岡正明 (2003) 『技術革新と経済発展』, 日本経済新聞社
- 藤田公子 (2013) 「3D プリンターが日本のものづくりに与える影響」『Mizuho Industry Focus』, Vol.137, みずほ銀行産業調査部
- 三井逸友 (1981) 「印刷・印刷関連業」佐藤芳雄編『巨大都市の零細工業 都市型末端産業の構造変化』, 日本経済評論社, pp.188-246
- 水野操 (2010) 『3 次元 CAD の本』, 日刊工業新聞社
- 山名一郎 (2007) 『図解 印刷業界ハンドブック Ver2』, 東洋経済新報社
- 渡辺幸男 (2011) 「第 8 章 デジタル化技術と社会的分業構造の変化 -巨大都市東京の印刷業中小企業の構造変化」『現代日本の産業集積研究 実態調査研究と理論的含意』, 慶応技術大学出版会
- C.アンダーソン, (2012) 『MAKERS—21 世紀の産業革命が始まる』 関美和 (訳), NHK 出版
- J.A.シユムペーター, (1982) 『経済発展の理論—企業者利潤・資本・信用・利子および景気回転に関する一研究—』, 塩野谷祐一ほか訳, 岩波書店
- N.ガーシェンフェルド (2012) 『Fab —パーソナルコンピュータからパーソナル・ファブリケーションへ—』, 田中 浩也 (監), オライリージャパン
- N.ガーシェンフェルド (2006) 『ものづくり革命 —パーソナル・ファブリケーションの夜明け—』, 糸川洋 (訳), ソフトバンククリエイティブ