

経営学部の教育における ファブラボの可能性に関する考察

原田 明穂 永田 隆介 原瀬 佳太 道用 大介

要 約

インターネットやデジタル工作機器の普及、また世界各地にこれらを使用できる施設が設立されたことにより、個人レベルによるものづくりは世界規模で発展し続けている。このウェブ世代が現実の世界と交わることで起こる新たなものづくりの傾向は「メイカームーブメント」と名づけられ、2002年にその潮流の1つとして、多様な工作機器を備えた実験的な市民工房ネットワーク「ファブラボ」が登場した。2011年から日本にも鎌倉、筑波をはじめとして全国各地にファブラボが設立されている。

このような流れを受け、日本でも「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」が開催され、「インターネットとデジタルファブリケーションの結合によって生まれる新たなものづくりと、デジタルデータの形をとったものの企画・設計・生産・流通・販売・使用・再利用が前景化する社会」（ファブ社会）の訪れと、それによってもたらされる変化についての予測が行われた。

本稿では、デジタルファブリケーションやファブラボの現状を明らかにしながら大学教育におけるファブラボの可能性について考察することを目的とした。

1章では、メイカームーブメントや「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」報告書の内容に触れながら本稿の執筆に至った背景と目的について述べた。

2章では、デジタルファブリケーションがもたらす企業におけるものづくりプロセスの革新について、事例と比較し検討した。

3章では、パーソナルファブリケーションを分類し、事例を挙げながら報告書の内容と比較・検証した。

4章では、前章を踏まえ、ソーシャルファブリケーションを明確化し、報

告書の内容と比較・検証し、事例を挙げながらその進展に関する考察をした。

5章では、2～4章を踏まえ、現状から推測されるデジタルファブリケーションの普及がもたらす影響について述べ、結論とした。

第1章 研究の背景と目的

1-1. はじめに

科学技術の発展に伴い“つくる”プロセスは大きな変化を遂げてきた。その変化の中でも18世紀の蒸気機関の発明、19世紀から20世紀初頭にかけての電気エネルギーの使用、20世紀後半のコンピュータによる自動化は生産現場や開発現場における負担を大きく軽減し、リードタイムの短縮、高精度の加工、生産量の増加などに貢献した。近年では情報通信技術が急速な発展をみせ、インターネットを通じたオンラインでのデータ共有が可能となった。これにより各メーカーにおける自社工場とのデータや情報のやりとりが迅速化され、生産性の大幅な向上につながっている。更にはセンサーやICタグなどのIoT (Internet of Things) 機器と生産ラインやロボット、3Dプリンターといった生産能力を有した機器を社内外でつなぎ、大量生産とかかわらないコストでオーダーメイドの商品をつくるIndustrie4.0といった動きもドイツを中心にはじまっている。

産業としての“つくる”プロセスが大きな発展を遂げる中で、ものづくりは専門化の一途を辿り、一般の人々の手からどんどん離れている。アダム・スミスが国富論で述べたように、分業によって技術は向上し、無駄な時間は節約され、生産性は向上した。しかしその結果、作り手(生産者)と使い手(消費者)は消費という行為だけ結び付けられ、作るプロセスの中では両者は完全に切り離されたような状況にある。人々は各々の収入を得るための“つくる”行為に特化し、それによって収入を得て、他の人々が作ったものを消費することで経済の仕組みが成り立っている。

分業化されたことで各分野のテクノロジーは進歩し、企業におけるものづくりにも大きな変化をもたらした。1980年代には既に企業の工場などで試作開発を目的として活用されていた3Dプリンターやレーザーカッターをはじめとするデジタル工作機器の小型化、高性能化、低価格化することに成功し、操作も簡易化されてきた。その結果これらの機器は企業や研究機関だけのものではなく、市民層でも手が届き、扱いやすいものとなった。

このような背景をもとに、2012年にクリス・アンダーソンが指摘した個人が作り手となるメイカームーブメント¹⁾とよばれる現象も見られるように

なった。メイカームーブメントとは個人がCAD（Computer-Aided Design）などのソフトウェアで製作したデジタルデータをもとに3Dプリンターなどのデジタル工作機器を使って自ら試作を製作し、インターネットを介して生産設備を有した企業に生産を依頼するような個人が作り手となる製造のトレンドである。その形態は企業内で企画・設計・製造するという従来の製造業の一般的な製造業の形態とは異なり、ファブレス経営とよばれる工場を所有せずにEMS（Electric Manufacturing Service）、OEM（Original Equipment Manufacturer）を利用して製造を委託して販売する経営形態に近いものである。現在、メイカームーブメントはビジネスにつなげるだけでなく、個人が作るモノの多様性を認め、個人のDIY（Do It Yourself）精神を育むという意味も含むようになってきている。

また、マサチューセッツ工科大学の教授で同大学のビット・アンド・アトムズ・センター所長のニール・ガーファンシールドは2007年に自身の著書²⁾で

高度なデジタル技術と工作機器の普及により物質世界を『プログラムム』し、パーソナル・ファブリケーション（工業の個人化）を可能にする時代が来る

とものづくりの個人化を予見していた。1998年、彼によってボストンのスラム街とインドの田舎の村に社会実験として設立されたファブラボと呼ばれるパーソナルファブリケーションスペースの数は2010年7月には16カ国に45ヶ所だったが、指数関数的な増加傾向を示し、2017年9月には106カ国1182ヶ所にまで増加している。

ファブラボの他にも個人がものづくりに関われる施設として、メイカースペースやハッカースペースとよばれる施設（ファブラボを含めたこれらの施設を以後、ファブ施設とよぶ）があり、日本のファブ施設は2016年時点で120箇所となっており、2015年は80箇所だったため、前年比で50%も増加している。また、メイカーフェアやデザインフェスタをはじめとしたものづくりにまつわる様々なイベントが数多く開催されたり、ホームセンターにも工作スペースが設けられたりしており、個人的なものづくりの広がりや日本の

各所で見られるようになってきた。

1-2. 本稿の目的

先述したように、日本もメイカームーブメントの影響を受けていることはファブラボをはじめとしたパーソナルファブリケーションスペースの増加や、ものづくりフェアの賑わいからも明らかである。新しいものづくり文化の登場を受け、2015年には総務省情報通信政策研究所が

インターネットとデジタルファブリケーションの結合によって生まれる新たなものづくりと、デジタルデータの形をとったものの企画・設計・生産・流通・販売・使用・再利用が前景化する社会

をファブ社会とし、そのような社会へと時代が移り変わっていくことを示唆した上で「ファブ社会到来の基盤設計に関する検討会」を結成し、報告書も作成された。

本稿は実際のファブラボの運営を通して、市民に広がるものづくり文化の意味や実態から見えてくる問題点について考察し、経営学部での大学教育におけるファブラボの可能性に関する知見を得ることを目的とする。

1-3. 本稿の構成

本稿は全5章で構成されており、内容は以下の通りである。

1章では、メイカームーブメントや「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」の報告書の内容に触れながら本稿に至った背景と目的について述べた。2章では、デジタルファブリケーションがもたらす企業におけるものづくりプロセスの革新について、事例と比較し検討した。3章では、パーソナルファブリケーションを分類し、事例を挙げながら報告書の内容と比較・検証した。4章では、3章を踏まえ、ソーシャルファブリケーションを明確化し、報告書の内容に関して、事例を挙げながらその進展に関する考察をした。5章では、2～4章を踏まえ、現状から推測されるデジタルファブリケーションが社会・大学教育の活用方法について検討し、本稿の結論とした。

第2章 製造業におけるものづくりプロセスへの影響

2-1. ファブ社会の基盤設計に関する検討会報告書における「企業におけるものづくりプロセスの革新」の要約

2015年に総務省情報通信政策研究所は1章で述べたように「インターネットとデジタルファブリケーションの結合によって生まれる新たなものづくりと、デジタルデータの形をとったものの企画・設計・生産・流通・販売・使用・再利用が前景化する社会」をファブ社会とし、そのような社会へと時代が移り変わっていくことを示唆した上で「ファブ社会到来の基盤設計に関する検討会」を開催し、デジタル工作機器の普及による今後のものづくりの形態の変化やそれによってもたらされるマーケット構造や人々の生活の変化、そのために整えておくべき基盤について様々な予測が報告書（ファブ社会推進戦略）としてまとめられた³⁾。この報告書では、

大量生産品は依然として既存の製造業者が生産を行い、重化学分野なども既存の製造業が生産を担うことを前提とした上で、デジタルファブリケーションがそれらの製造業のものづくりプロセスに変革をもたらす

と述べられている。以下に、報告書で挙げられた具体的な変革の内容を要約した。

(A) 試作・設計における期間短縮とコストの低下

デジタルファブリケーションを活用することにより、入力データを入れ替えるだけで設計・試作が行えるため、従来の試作型や金型を使う場合よりも、期間が大幅に短縮されるとともに製造にかかるコストも大きく低下する。

(B) デザインの多様化や機能の向上

3Dプリンターを用いることにより、従来の加工技術では困難だった形状を具現化することができるため、構造の自由度が大幅に広が

る。構造の自由度が増せば、デザインの多様化や機能の向上を図ることが可能となる。

(C) 在庫管理の不要化

データとデジタル工作機器と材料（素材）があれば、消費者のニーズに応じて即時的に製作することが可能となるため、在庫を抱える必要がなくなる。また、故障に備えて一定の期間において保管される補修部品も同様に必要に応じて部品をつくることができるため、補修部品やそれをつくるための金型なども保管する必要がなくなる。

2-2. 本章の目的

上記の「企業におけるものづくりプロセスの革新」に焦点を当て、製造業においてデジタルファブリケーションがもたらすものづくりプロセスへの影響について考察することが本章の目的である。なお本章では、デジタル工作機器の中でも製造業に大きな影響を与えると考えられる3Dプリンターを導入する場合を想定し論じた。

2-3. 製造に用いられる主な機械加工法

3Dプリンターがもたらす影響を考察するにあたって、製造業に用いられる加工法について以下に列挙する⁴⁾。

(ア) 除去加工

除去加工は、材料から不要な部分を削りだしていく減算法で成形する加工技術であり、切削加工や放電加工など、手で行う加工に加えコンピュータで数値制御（NC: Numeric Control）をして加工を行うNC加工がある。多種多様な複雑な形状のものが成形できるため、精度が求められる製品に適しているが、加工に時間とコストがかかるため大量生産には適していない。

(イ) 変形加工

変形加工とは、材料に力を加えて変形させることで成形する加工技術のことで、大きく分けて2種類の加工方法に分けられる。1つは液体や粉末を固めることで製造する方法で代表的なものとして射出成形がある。射出成形は、

金型に溶かした合成樹脂などを流し込み、冷やすことで成形する加工技術であり、短時間に大量に製造することができるため、日用品をはじめとする大量生産品に用いられている。短所として、金型自体の製造に時間とコストがかかることが挙げられる。もう1つは材料に外から力を加えて変形させ、加えた力を取り除いても変形が残る塑性という性質を利用して加工する塑性加工である。プレス加工などがこれにあたり、型を用いてプレスすることで同じ形状の部品を大量に生産することができる。

(ウ) 付加工

付加工は、材料を付け加えることでものを成形する加工技術のことを指し、溶接や接着などがこれにあたる。広義的には3Dプリンターでの造形も付加工であるが、3Dプリンターでの製造は正式には「アディティブ・マニュファクチャリング (Additive Manufacturing)」とされており、除去加工の減算法の加工に対して加算法で成形されるのが特徴である。

2-4. 3Dプリンターの特徴

3Dプリンターとは、3Dデータを元に一層ずつ樹脂や金属などの材料を薄く積層しながら、3次元の造形を行う機械である。しかし、一概に3Dプリンターといっても造形方式によっては、機械そのものの価格や、造形の手順、造形にかかる時間、その材料にかかるコストなど様々である。以下にRICOHがまとめた造形方式ごとの特徴⁵⁾を抜粋する。

(イ) 熱溶解積層法／FDM

熱で溶かした樹脂をノズルから押し出し、積層して造形する方法。高い耐久性や耐熱性を得やすいため、試作品や治具、簡易型の造形などに適している。反面、素材を溶かして積み上げていくため、断層が目立ちやすいというデメリットがあり、表面の滑らかさが求められる造形物の出力には不向きである。

(ロ) 光造形 (SLA)

液体状の光硬化性樹脂を、紫外線レーザーで一層ずつ硬化させて

積層していく方式。高精細かつ表面の滑らかな造形物を作成することが可能である。

(ハ) マテリアルジェットイング

インクジェットヘッドから噴射した樹脂を、紫外線で固めて積層する方式。高精細で滑らかな表面のモデルを造形しやすく、精度が求められる造形物の出力に適している。機種によっては複数の素材を選択し、混ぜて使うことも可能。紫外線で硬化する樹脂を使う特性上、造形物は太陽光での劣化が起こりやすい。

(ニ) バインダージェットイング

インクジェットヘッドから液体状の結合剤を噴射し、粉末を一層ずつ固めて造形する方法。結合剤の色を変えることで、粉末を容易に着色できるため、デザインの確認やフィギアの製作などに適しており、造形速度も速いのが特徴である。

(ホ) 粉末焼結積層方式 (SLS)

粉末状の素材にレーザーを照射して焼結させる方式。耐久性のある造形物を製作でき、金属素材も使用可能であるため最終製品や鋳型の製造にも用いられる。

造形方式	材料	強度	微細性	造形速度	価格帯
材料押出堆積法/FDM	ABS、PC、PC/ABS、 PPSU、PLA	○	×	△	数万円～数十万円
光造形 (SLA)	光硬化性樹脂	△	○	△	数万円～数十万円
マテリアルジェネティク	光硬化性樹脂、ワックス	△	○	×	数百万円～数千万円
バインダージェネティク	石膏パウダー、樹脂パウダー	×	×	○	数百万円～数千万円
粉末焼結積層造形	ナイロン、金属	◎	×	[金属]	数千万円～数億円
				×	
				[樹脂]	
				△	

図 2-1 3Dプリンターの造形方式ごとの特徴

出所) RICOH「3Dプリンターとは」

FDM方式の3Dプリンターは、2009年の基本特許失効に伴い小型化・高性能化・低価格化が急速に進んでおり、SLS方式のような業務用とされる3Dプリンターについても素材の多様化などの技術的進歩がみられる。しかし造形方法の特性上、製造業で扱うにあたって考慮しなければならない点が大きく2つある。

1つは、造形物の強度または精度である。射出成形での製造は製品全体に均一な強度を確保することができるが、3Dプリンターは前述したとおり一層ずつ素材を積層して3次元のものを造形するため、Z軸方向への強度が確保されにくい。また精度について、近年では技術の発達により造形方式によっては非常に精密な造形が可能となったが、造形物の表面には積層痕がどうしても残ってしまい、後加工が必要になるため均一な精度を確保するためには高い技術力を要する。

もう1つは、造形にかかる時間とコストである。造形時間は積層の厚さと造形物の大きさによって変化するが、FDM方式の場合、手のひらサイズのものを造形するのに約1時間程度の時間を要する。図2-2は横軸を生産個数、縦軸を生産までにかかる時間とした時の関係を射出成形と3Dプリンターを用いた生産方法でそれぞれ比較をしたイメージ図である。図のように、3Dプリ

ンターでの造形時間は生産個数に比例して長くなる。射出成形の場合も、多数個取りなどもあるため、単純な比例とまではいかないが、個数に応じて作業時間は長くなる。しかし、一個あたりの生産にかかる時間が3Dプリンターに比べて圧倒的に短いため、生産個数が多くなるほど3Dプリンターを使う優位性はなくなる。さらに製品に精度を求める場合は一層の厚みを薄くしなければならないため、その分時間を要するうえに、造形方法によってはサポート材¹の処理や表面仕上げなどの後加工にかかる時間も考慮しなければならない。

価格に関して、図2-3は横軸を生産個数、縦軸を生産にかかる単価とした時の関係を射出成形と3Dプリンターを用いた生産方法でそれぞれ比較をしたイメージ図である。図のように、射出成形と比べて3Dプリンターはいくら製造しようと単価は一定であり、このことから付加価値の低いものの大量生産に不向きである。

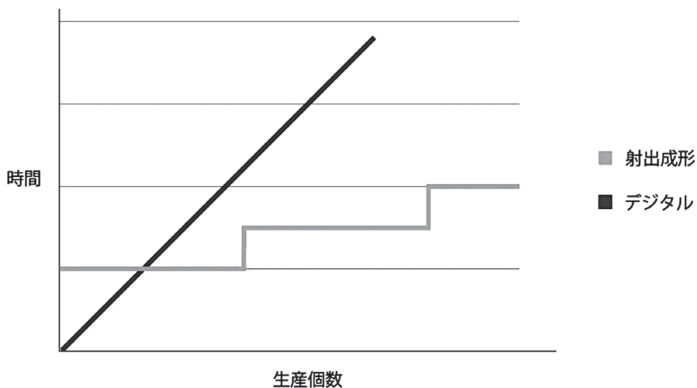


図2-2 生産個数に対する造形にかかる時間のイメージ図

1 3D造形で積層する際に、積層しようとする箇所に下層部がない場合に仮に作る土台

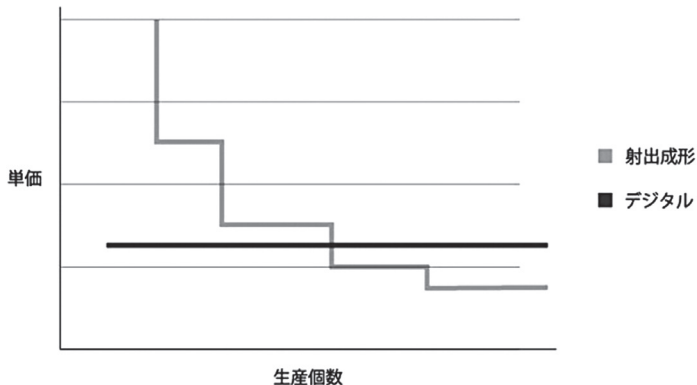


図2-3 生産個数に対する造形にかかる単価のイメージ図

2-5. 製造業における3Dプリンターがもたらす影響と企業の活用事例

以上の点を踏まえた上で、本節では製造業におけるものづくりのプロセスを設計・試作、製造、販売、在庫管理の4つに分類し、プロセスごとに3Dプリンターがもたらす影響と企業の活用事例を以下に記述した。

(1) 設計・試作

1980年代から、3Dプリンターは「ラピッド・プロトタイプング (Rapid Prototyping)」として、自動車のデザイン検証などに活用されており、現在では3Dプリンターの技術的進歩に伴って設計・試作のプロセスに与える影響の範囲は広がりつつある。自社もしくは外注で製造した試作型や金型を用いて試作を製造する場合よりも、3Dプリンターを用いることで試作の製造にかかる期間が短縮されるとともに、コストも低下することは報告書でも述べられていた通りであるが、加えて複雑な構造をもつ製品の機能を検証するために3Dプリンターが活用されることもある。

しかし、耐久性を検証するための試作など、実際の製品と同等に製造される必要がある場合、強度の観点から3Dプリンターで製造するよりも従来通りの試作型や金型を用いた製造が適していると考えられる。このため3Dプリン

ターの活用は、製品の機能に関する部分だけを検証するための「機能試作」、または製品の形状を検証するための「デザイン試作」に留まっている。

(2) 製造

3Dプリンターを用いた製造は金型などを使った少品種多量生産に対して、消費者のニーズに応じて即時的に製作するような、いわば多品種少量生産を可能にした。ただし一般の消費者が触れることとなる最終製品を製造することは品質、費用、時間の点を考慮するとかなり限定され、射出成形などと比較すると不利な点が多い。しかし逆説的には「少量で品質を問わず他の加工法を用いるより製造にかかる時間が短縮される、またはコストが削減される」ものの製造であれば3Dプリンターを活用する利点があるといえる。例えば製造工程において部品や工具の作業位置を指示・誘導するために用いられる「治具」を製造する場合、従来では1つずつ設計図を引き、それに合わせて外部に発注するという方法で、金属や樹脂を用いて製造されることが一般的であったが、3Dプリンターで製造することで、製品自体のコストやリードタイムを大幅に削減できる。

企業事例

ルノートラックや日産ディーゼルを傘下に収め世界15カ国で展開するトラックメーカーの最大手であるボルボトラックはFDM（熱融解積層方式）の3Dプリンターを用いて、自動車部品の組み立てに使用される治具やクランプ、支柱など30種類以上のパーツ類を製造することで、従来36日かかっていた設計・製造日数を2日に短縮した。また、1立方センチメートルあたり、約113ドルのコストが掛かっていたものが、ABS樹脂によるダイレクト製造で、1.13ドルまでコストが削減された⁷⁾。

株式会社コイワイは試作・量産鋳物・金属粉末積層部品の製造販売を主体とする企業である。時代が進むにつれ顧客の依頼物が多様化し製造の難易度があがってきたことや、熟練工の減少で顧客の求めるスピードに対応できなくなってきたことを背景に、国内で初めて3D積層砂型工法、3D金属粉末積層工法を導入し、鋳造技術と3Dプリンター技術を掛け合わせた試作・研究開発部品の製造を行っている。3Dプリンターを導入したことにより注文を受け

た試作または製品をつくるために使用する型の製造において製造期間が1か月から3日までに短縮され、エンジンをひとつ開発するのに2年かかっていたところ半年までに短縮された事例もある。

(3) 販売

3Dプリンターを用いれば、従来の製品を一定数以上製造し在庫として管理しながら販売するという方法に加え、受注があってから製造し販売する方法や、また3Dデータさえあれば自社で製造しなくても消費者自身はそのデータをダウンロードし、出力することが可能になるため「3Dデータそのものの販売」という新しい販売方法が生まれることとなる。

企業事例

株式会社サブクが提供するrinkakはインターネット上で3Dデータを販売・共有できるマーケットプレイスで、法人や個人、工場の顧客を対象に3Dプリント技術のサポートを行っている。販売されている3Dデータはアート、雑貨、アクセサリ、フィギュア、ホビー、食器・キッチンなど多種多様なもので、例えば「そろばん付きiPhoneケース」といった作品のように、そのほとんどが市場では出回らないような個性的なデザインをしているのが特徴である。rinkakでは作品を出品するクリエイターが4章で述べる「クリエイティブ・コモンズ」による著作権ルールに基づきデータを公開できるようになっており、購入した人がリミックスできるように開放することを狙いとしているが、リミックスされやすいような作品はあまり見受けられない。

(4) 在庫管理

(2)(3)で述べた販売方法が実現すれば、報告書で述べられていた通り完成品や補修部品の在庫、またそれらを製造するための金型の在庫を抱える必要が無くなるかもしれない。しかし、製造のプロセスで述べたように現時点での品質、費用、時間の問題点を考慮すると、3D製造終了製品の部品などアフターマーケット、個別生産マーケットなど、恩恵を受ける分野は限定的であると考えられる。より多くの企業が3Dプリンターによる、在庫費用削減の恩恵を受けるには、大量消費から個別少量消費への消費者のパラダイムシフ

トが必要条件となるであろう。

企業事例

矯正歯科専門の歯科技工所、ASO インターナショナルは国内外から送られてくる患者の歯形データをもとに3Dプリンターで歯形を成形し、受注の拡大につなげている。また矯正歯科においては、患者ごとの歯型や平行模型を保管する必要があったが、データで保管し、必要に応じて3Dプリンターで成形することで保管スペースと管理コストを大幅に削減した¹²⁾。

2-6. 考察

デジタルファブリケーションが既存の製造業に大きな影響を与え、製造・業務プロセスともに変革をもたらすといわれているが、変革と呼ぶほど従来の製造プロセスに取って代わるには時間と強度の問題をクリアする必要がある。3Dプリンターの技術は年々進歩しており、長いスパンで見ると造形にかかる時間や造形物の精度や強度は改善されるであろうが、品質、時間、コストなどを考慮したうえで加工法を選択、または組み合わせて、ものが作られるというプロセスには変わりはないであろう。つまり、製造業においてのものづくりプロセスに3Dプリンターという選択肢が増えたとすることが正しい。

しかし、3Dプリンターが製造業に与える影響は製造に関わることだけではなくコミュニケーションツールとしてのメリットも挙げられる。ソニー株式会社では2014年4月に既存の事業領域外の新しい事業アイデアを集め、育成することを目的としたソニーの新規事業創出プログラム「Seed Acceleration Program (SAP)」をスタートさせ、その一環としてソニーの本社内に「SAP Creative lounge」が開設された。「SAP Creative lounge」では、3Dプリンターを含む様々なデジタル工作機器が設置され、新規事業に向けたアイデアをその場で試作することが可能となっており、加えて社外の人たちも使用可能にすることで対話を通じた共創型の開発・商品改善による、新規事業の立ち上げをより高い精度でスピーディーに実現していくことを狙いに行っている。3Dプリンターの大きなメリットは今まで紙面やパソコンの中だけでしか、得られなかった情報が手に触れられる形で得られるようになったことである。開発に関わる情報を感覚的に理解することでより具体的な議論

ができるうえ、デジタル工作機器を備えた場所であれば離れた場所でも3Dデータを共有し、各々の場所で出力することによってその感覚を共有することができるため、新規事業のクオリティとスピードをあげる事が可能となる。また、「SAP Creative lounge」の設立に関わったソニー社員へのインタビューでは、このような環境を社内につくることで、アイデアはあるが中々開発までにいたることのできなかつたエンジニアたちが、社内・社外を含めた人々と自主的な研究開発を行うことを狙いとしていた。デジタル工作機器が設置された環境を社内に置くことで、企業全体にスタートアップの精神が生まれ企業のイノベーションにつながることもまた期待される。

第3章 パーソナルファブリケーションの進展

3-1. 本章の目的

ファブ社会基盤設計に関する検討会をまとめた報告書「ファブ社会推進戦略」の中で、デジタルファブリケーションと情報通信技術が発展したことによって、今後パーソナルファブリケーションが多様に進展していくのではないかという予測が立てられている。本章では、ファブラボの運営、利用者、関連事業の活動事例をあげ、パーソナルファブリケーションの現状と課題について検討する。

3-2. ファブラボにおけるパーソナルファブリケーション

パーソナルファブリケーションとは、1998年にMITビットアンドアトムズセンターの所長であったニール・ガーファンシェルらによって提唱されたコンピュータやネットワークを取り入れた個人レベルでのものづくりのことを指しており、企業による大規模大量生産を示すマス・プロダクションと対比されるものづくりとしても用いられる言葉である。1章でも述べたように、このようなものづくりが可能になった背景には3Dプリンターや3Dスキャナー、レーザーカッターなどのデジタル工作機器が安価となり市民層でも購入可能になったことや、インターネットの普及によって離れた場所であっても設計データのやり取りができるようになったことが大きく影響している。これに伴い、コンピュータによって様々なデジタル工作機器を制御しながら、そのデータやノウハウなどをインターネットで他者と広く共有し、結果として個人レベルであっても容易に高度なものづくりが可能となった。本節では神奈川大学湘南ひらつかキャンパス内のファブラボ（ファブラボ平塚）の学生以外の利用者による事例を示しながらパーソナルファブリケーションを行う人（以後、パーソナルファブリケーターとよぶ）の現状について考察する。

3-2-1. ファブラボの利用者

図3-1は2016年2月から同年12月におけるファブラボ平塚利用者の氏名と利用日時の記録をもとに学生以外の利用者の来訪回数を示したものである。図より1度限りの利用（見学利用）が非常に多いことがわかる。これらの利

用者は、ものづくりスペースに興味を持って利用したものの1度の利用で体験を終え、ものづくりやそれを行うスペース、機材などに対する興味や関心が満たされたり、利用にかかるコストの面、また機材の加工可能レベルなどに対するイメージの不一致といった理由により継続的な利用に至らなかったことが考えられる。特に設計やデータ製作の工程においてイメージの不一致が顕著に見受けられた。デジタル工作機器を動かすためには、まずは作るもののデータが必要になり、3Dプリンターであれば3DCAD、レーザーカッターであれば2Dデザインソフトの操作が必要になる。スマートフォンが普及した影響もあってかコンピュータの操作に慣れていない利用者も多く見受けられ、はじめて取り扱うデザインソフトの操作に加えコンピュータの操作も覚えなければならないことが、初心者への大きな障壁となっている。さらに、3Dスキャナーを使ったスキャニングやインターネットからのダウンロードによってデータを用意しても3Dプリンターや切削加工機など一部機材は出力に数時間かかることも多い。見学者の多くは3Dプリンターに対して市販されているようなフィギュアなどを短時間で簡単に作ることができるといった過度の期待を持っており、このような思い込みと利用時のイメージの差異も継続利用に至らないことに影響していると考えられる。また、初めてものづくりスペースの利用をするという人には「つくる」こと楽しむことを主目的としている人と完成した「もの」を手に入れることを主目的としている2通りに分けられ、後者を目的としている人の多くが手間や時間を理由に継続的な利用を行っていないと考えられる。

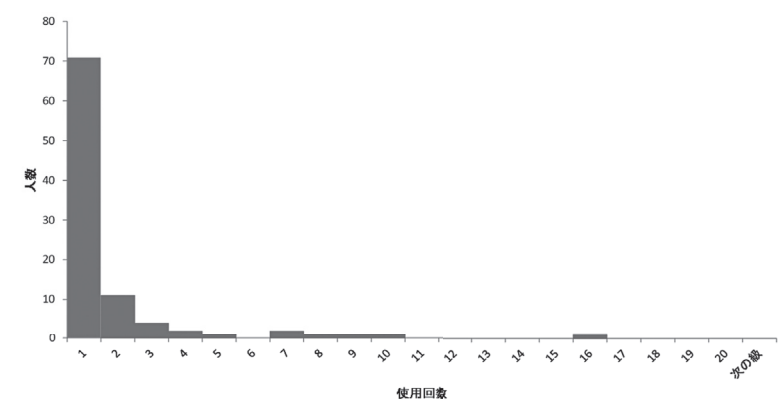


図3-1 ファブラボ平塚の利用回数 (2016年2月～2016年12月)

3-2-2. 再訪問隔

図3-2は利用者の「平均再訪問隔」と「継続利用と平均再訪期間」との関係を表した図である。この中から特徴的な利用者A, B, Cについて詳細を述べる。

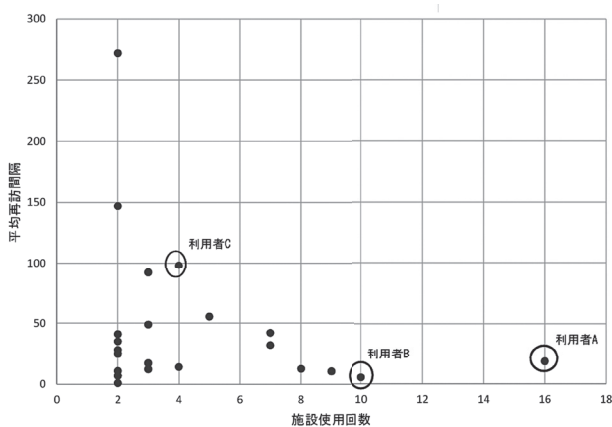


図3-2 使用回数と平均再訪問隔の関係

表3-1 使用回数と平均再訪問隔の関係

	使用回数	平均再訪問隔
利用者A	16回	18.5日
利用者B	10回	5.4日
利用者C	4回	98日

使用回数をもっとも多い利用者A（図3-3, 表3-1）のこれまでの利用用途をみると、初回では施設や機材の見学とレーザーカッターで革にテスト加工を施すものであった。次の利用からは自身で営業している革製品の商店にて販売するためのレーザーカッターを用いた革製ドリンクホルダーの製作をしたり、店頭におくための看板の製作、すでに販売している革製品へレーザー彫刻を施したりなど、積極的なものづくりスペースの利用がみられた。初期の頃の利用ではレーザーカッターを利用して普段は手で行なっている革の切断を機械によって代替したり、革製品に対するレーザー彫刻の付加などファブラボ側が利用者のニーズと機材特性から提示する加工での利用が主体であったが、利用回数の増加に伴い機材の知識などが増えていくことで、普段手で計測している作業を3Dスキャナで行い、「より簡単かつ個々人に適した靴作りに活かせないか」などといった新たな取り組みや試行錯誤が行われるようになった。このように、利用者Aのケースでは自身の生活や活動の中にデジタルファブリケーションを効果的に導入しており、自身の生活での有用性から継続利用につながっている。また、ものづくりスペースの継続的な利用を通して、同じスペースを利用している他の利用者や運営しているスタッフとの交流が増え、新たに作ろうとしている製品に対して意見をもらったり、他の利用者とコラボレーションして新たな商品を作り販売につなげたり、地域のクラフトイベントに出店したりとその創作活動が多様に派生していった。このように利用者各人の生活基盤とものづくりスペースという存在がマッチしている場合、比較的短い再訪問隔での継続利用につながっている。

利用者Aと同じく利用回数が多い利用者Bは自身の仕事に絡めた利用ではなく、定年を迎えてからデジタルファブリーション機器に興味を持ち、そのスキル習得のために継続的な利用をしている（図3-2, 表3-1）。趣味として

のものづくりや加工のために機材の購入はできないが、このようなものづくりスペースを活用することで購入に比べるとはるかに手軽に3Dプリンターやレーザーカッター、切削加工機など、多様な機材の使い方を教わりながら利用することができるため、継続的に利用していた。また、学生の利用者と協力しながらの製作や、利用者同士で各々の経験に基づいたアドバイスや機材の説明をするなどの交流も見られた。利用者A, Bの共通点として、デジタル工作機器などを取り揃えた設備としての環境としてだけではなく、同じものづくりに興味のある人々と出会える場所としても、利用者Aのような自営業の利用者をはじめ非常に価値を感じているケースが多く、そういった側面からも継続的な利用につながっていると考えられる。

つぎに、比較的時間隔を空けつつも継続的に利用する利用者C(図3-3, 表3-1)の例をみってみる。主な施設使用用途としては、自身の開催する子供向け工作ワークショップの部品製作とそこで展示するリニアモーターカーのレール部分のレーザーカッターを用いた切り出しであるが、子供たちが気軽に参加できるワークショップの料金設定と自身の活動経費の両立と作業効率化を考え、加工内容ごとに部品の取り寄せ・手作業による製作・ものづくりスペースの利用と適宜変えており、効果的にものづくりスペースを活用している。また継続型と同様に、作業を行っていたものづくりスペースにて完成したリニアモーターの展示や、技術職に就いていた経験から培った専門的な知識の共有なども見られた。

利用者A, B, Cのケースでも見られたようなものづくりスペースを通じての人とのつながりや、知識の共有、共同製作といった機材以外での要素も継続的な利用に繋がっていると述べたが、自らと近い興味を持った人との出会いや、自分にはない知識、才能を求めた“つながりのできる場”としての価値を感じていると考えられる。このような人々は、ものを作るための施設利用も行うが、ものづくりスペースを運営しているスタッフや他の利用者とのコミュニケーションを取るためだけの利用もしばしば見受けられ、共に製作やプロジェクトに取り組む仲間や場、機会などの創生につなげている。また、製造やデザインなどに関する事業を自身で行うなどといったものづくりに関する知識が豊富な人が多いことや、特定のものづくりスペースではなく複数

の箇所を行き来しているケースが多い。以上のことからファブラボには取り組んでいる製作や活動に合わせて人々を結びつけるといったコミュニティラボとしての役割が大きいと考えられる。実際に金属加工を専門に行う利用者による学生や他の利用者に向けたCNCフライスの使用法講習や、利用者とファブラボスタッフによる地域クラフト市への共同出店、ものづくりスペースでの利用者によるウェットスーツ素材を用いたスマホケース製作ワークショップの開催など、様々な人や地域がつながる様子が見受けられ、それらに参加する利用者が継続利用していることから、パーソナルファブリケーターにとってファブラボは仲間を見つける場所という機能を果たしているといえる。

今回主な利用形態としてみられた利用者の形態を分類すると図3-3のような①～④の4つのグループに分けることができると考えられる。①のグループはものづくりスペースの利用はしたものの継続的な利用に至らなかったグループ（見学のみグループ）、②のグループは利用者Cにみられたように頻度は高くないが自身の必要なときに利用するグループ（必要時利用グループ）、そして③のグループは利用者A, Bのようにものづくりスペースが自身の生活に溶け込んでおり、継続的かつ頻度の高い利用をするグループ（習慣的利用グループ）である。最後に残った④のグループには1, 2度の利用で終わったわけではないが一過性のものづくりである可能性が多いグループ（浮動グルー

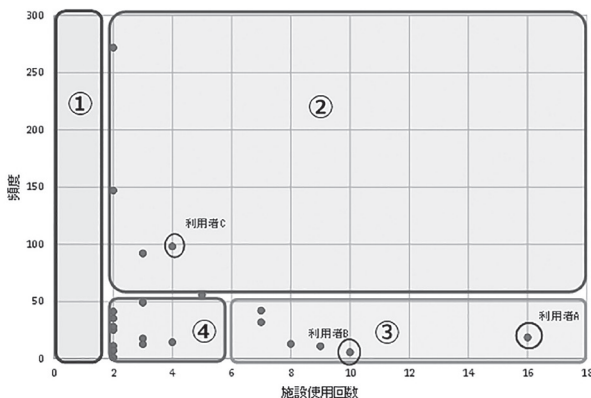


図3-3 相関図にみるものづくりスペース利用者の分類

ブ)であり、この先利用をしなくなるか、②・③へと移行する段階にある集団ということができる。現在は①に該当する利用者が圧倒的に多く、パーソナルファブリケーションの普及がより一層普及して行くためには、これらに属する利用者と④のような未だものづくりが定着しきっていない集団を②や③へと移行させる施策が必要であろう。

3-3. パーソナルファブリケーションの細分化

パーソナルファブリケーションは個人のものづくりであるが、前節で述べたように個人が関わるものづくりにはグループに発展するものもある。このような共創もパーソナルファブリケーションに含まれるため、パーソナルファブリケーションを議論する場合にパーソナルファブリケーションの全体像がはっきりしない。そこで、本稿では以後、パーソナルファブリケーションをものづくりに関わる人数とデータの共有先で図3-4のようにインディビジュアルファブリケーション、コミューナルファブリケーション、パブリックファブリケーションに分類することとする。

データ共有先	ものづくりに関わる人の数		
	個人	少数	多数
無し	インディビジュアル ファブリケーション		
特定の他者		コミューナル ファブリケーション	コミューナル ファブリケーション
不特定多数	パブリック ファブリケーション	パブリック ファブリケーション	パブリック ファブリケーション

図3-4 パーソナルファブリケーションの分類

(1) インディビジュアルファブリケーション

個人で単独に行われ、ものづくりをする上で用いられる設計データやノウハウなどの情報が他者に対して公開されることなく個人で完結するものづくりの形態を本稿では「インディビジュアルファブリケーション」と定義した。図3-4では一番左上にこの形態が位置する。この形態を通して行われるものづくりは他者との共有がされていないため、製作者によって以後の改良や改

変が加えられない限りそれ以上の発展が見込めず、発展性は低い。一方で、他者に公開をしないことでアイデアやノウハウが流用されるリスクが極めて低くなるといった利点も考えられる。このインディビジュアルファブリケーションは以前より一般的に行われているもので、「自分で作ったものを自分で使う」、「自分で使ったものを他人へ贈る、又は販売する」形態のものづくりで、パーソナルファブリケーションの中でも個人が自身の必要なものを自分で作るというDIY (Do It Yourself) と近い形態のものである。

(2) コミュナルファブリケーション

個人が特定の他者や地域、企業と行うものづくりのケースである。ポイントとなるのは単独でのものづくりではなく、複数の人によって行われるという点と、設計データなどの一部情報が特定の他者や地域、企業に対して公開・共有されている点である。これにより機材や作業スペースといった環境的な要素と専門知識やノウハウといった経験や知識面が個人で行う以上にプロダクトに反映されるため、個人で行うよりも優れた製品が作られやすくなる。しかし、それらの活動が営利目的である場合、共有された情報にまつわる知的財産権の所在や収益の発生するものづくりであった場合の収益の分配などに関して不明瞭な部分が多く、インディビジュアルファブリケーションに比べてトラブルが発生する可能性は高いと考えられる。

(3) パブリックファブリケーション

個人または複数の人によって行われ不特定多数の人に対して共有されたものづくりのケースである。特徴はファブリケーターが個人という単独のものであるか複数によって行われるものかを問わずこのものづくりの形態になる可能性があるということと、データや製作方法といった情報が不特定の多数に対してインターネットなどを通じて公開・共有されているという点である。これにより対象となるプロダクトを誰でも製作・カスタマイズすることが可能となり、データを手にした各人の技術力やアイデアによって幾重にも形を変える可能性を持っている。一方で、情報を公開することには第三者による不正利用などといった公開者の望まない形での利用も伴うため、共有の仕

方や規則など注意する必要がある。

ファブラボ平塚は開設して3年になるが利用者の大半はインディビジュアルファブリケーションである。一方、デジタルファブリケーションの可能性を広げるパブリックファブリケーションは学生のプロジェクトで行われた2件のみであった。インディビジュアルファブリケーションとパブリックファブリケーションの間にあるコミユナルファブリケーションはファブラボという場を通じてインディビジュアルファブリケーションから進展していくという事例が観察された。

3-4. 考察

現段階ではファブ社会推進戦略で予測されているような壊れた棚の取っ手を作ることや無くなった洋服のボタンを作るといった困ったことを解決することや生活を便利にするためのものづくりは多くはない。ファブラボ平塚での加工事例をみてもレーザーカッターを用いて所持品などにレーザー彫刻を施すといったものやファブラボに作例として展示してある製作物の模倣が多く、利用者も製造業に勤めている人や職人、デザイナーといったものづくりにゆかりのある人や、新しい技術や文化に興味を持っている人が大半を占めている。このように、以前に比べてものを作るための環境が整ってきているにも関わらず製作物や利用者に偏りがあるのは、多くの人々がものを作ることに慣れていないことも大きな要因であると考えられる。

これまで、日本では生活をする上で必要なものはもちろん生活を豊かにするものも数多く製造・販売され、100円均一ショップのように非常に低価格でそのような幅広い品揃えを購入することの可能な環境が整っていたため、「買う」という選択肢を選ぶことで多くの欲求を満たすことができた。さらに、企業によるアフターサービスの質も年々向上し、購入した製品の破損や不具合が生じた場合には電話一本で修理や交換といった対応が多くなされるようになったことで、消費者自らが破損箇所を作り直すことや修理する機会が減少した。そして、こうした環境下で生活することで自身の手を動かしてものを「つくる」機会や必要性がなくなり、結果としてものを作ることに慣れて

いない人々が増加した。デジタル工作機器やそれらを保有するものづくりスペースが増加したことでもともものづくりに携わり設計やそのデータ作成を行えるなどといった技術や知識を持ち合わせた人や、市場には存在しないオリジナリティのあるものが欲しい人、新しい技術や文化に興味のある人々によるものづくりが見受けられるようになったが、あらゆるものが購入できる環境下でわざわざ自身でつくる必要性を感じていない人や、経験の少なさからものを作ることが難しいという感覚を持っている人は未だに多数を占め、依然としてもものづくりが一般的に行われるものとはなっていない。また、利用者からはものづくりスペースなどを通じて実際にものづくりを体験してみても、大量生産品を購入することに比べ材料費やものづくりスペースなどの機材の使用料など結果的にコストが多くかかってしまうことや、設計やそのデータ作成の難しさや手間、さらには自分で作るという視点を持って来なかったために何か新しいものを作りたいと思ってもなかなかアイデアが生まれにくいことなどから継続的な利用に繋がっていないと意見が聞かれた。

パーソナルファブ리케이션が進展していく上でインディビジュアルリキーターの増加は必要不可欠であるといえるが、それを推し進めるのであれば、このようなものを作ることに慣れていない人に対してものづくりのハードルを下げる必要がある。例えばファブラボ平塚では、ものづくりの手順や記録をプロジェクトとしてまとめ共有することが可能なWebサービス「fabble」を用いて、ものを作ってみたいけど何を作ったらいいのかわからないという人が気軽にものづくりを体験することができる作例とその製作手順を「ゆるファブ」としていくつか公開している。初心者でも取り組めるレベルの内容と詳細な説明に加え作品にアレンジ可能な余地を含んでいるため挫折するリスクが少なく、「自分でも作れた」という完成した時の喜びや、試行錯誤する楽しさを味わうことができる仕組みが取られている。

コミユナルファブ리케이션ではDMM.make Akibaと英国デザインスタジオTriple Bottom Lineによる3Dプリントロードバイク用フレーム「DFM01」や、ゼクウ・モータースの大型電動バイク「ZecOO」、アイツァイ技研の取っ手付きで持ち運べる3Dプリンター「Moo-del-nano」など報告書で予測されていたような個人やスタートアップと企業がコラボレーションしてものづく

りを行う事例が生じていた。これにより製造環境を持たない個人であっても製造を行えるのみならず、必要に応じて企画や流通面などで専門的な知識や整った環境を利用することが可能となり、アイデアを持った人が起業することが以前に比べ大幅に容易になったといえる。しかし、これらのスタートアップが事業として成功するかについては、シリコンバレーのスタートアップ企業のおほとんどが成功しないのと同様に状況としては厳しい状況が考えられるが、大きな経済活動に取り込まれず、身近なコミュニティの中での小さな問題解決、自己実現であれば、地域のコミュニティが崩れつつある日本においてコミューナルファブリケーションの可能性は大きい。

最後にパブリックファブリケーションであるが、これはインターネットなどを介して情報を不特定多数に対して公開しているため、コミューナル以上に多くの人がプロダクトの制作に携わることのできる環境があるという点で、プロダクトそのものが持つ発展性は非常に高いといえる。しかしながら、営利を目的としてデータの公開を行うのであればデータなどの情報を公開したことでもたらされるメリットが自身に還元されるシステムをしっかりと作っておかなければ、企業としては公開することによる恩恵に比べ損失が大きい。例えば、筋電義手HACKberryの製作データ一式を公開しているexiiiのケースでは、公開されているデータをもとにして改変などを行なった場合はそれをHACKberryのコミュニティを通じて報告することを決まりとしており、誰かが改変しそれを報告することでプロダクトの可能性が広がっていくこととなるが、現段階では改変の報告を強制するシステムや報告していない人を特定するシステムが備わっていないため、データをダウンロードし改変した人が報告をせずに私的な利用で終わってしまった場合に公開によるメリットがプロダクトに還元されず、公開者が受けるメリットは少ない。すなわち、パブリックファブリケーションの形態をとるものづくりを営利目的で有効に活かすには、情報開示者に対して対価が還元されるシステムとそれを可能とする管理技術、そして公開された情報の知的財産権や改変されたデータにおける権利の所在などが法的に明確にされてからでなければ、リスクが大きく現実的ではない。しかし、高価だった筋電義手をオープンソース化することによって、筋電義手を低コストで手に入れることができるという社会的な意

義は大きく、営利目的ではなく社会的な貢献を考えた活動に適しているといえる。

以上のようにパーソナルファブ리케이션には様々な形態があり、ものの発展性という視点から見ればインディビジュアルファブ리케이션よりもパブリックファブ리케이션の方が発展性は高いといえるが、共有した情報に関する権利の所在の問題などからインディビジュアルファブ리케이션の方が適している場合も多く存在し、それぞれのものづくりの形態が持つ特性を各人が見極めながら、自身の用途や目的に合わせ適した形態を選択していくことが重要である。

第4章 共創化

4-1. 本章の目的

3章ではパーソナルファブリケーションに関わる人数とデータの共有先によって細分化した。本章ではコミュニティファブリケーションやパブリックファブリケーションのようにパーソナルファブリケーションの共創化を取り巻く環境について取り上げる。

4-2. 環境事例

ものづくりを行うには、製造条件・製造環境・データ・素材・加工機器などあらゆる情報や環境が必要となるが、前章でも述べたように、それらを他者と共有し、協力することでより性能のいいものを作ることや、効率的に作業を行うことが可能になる。この共有を行うための手段や環境は多様に存在するが、本稿ではデータを公開する際の著作権保護、設計データや製作方法、ノウハウといったものづくりにまつわるあらゆる情報をインターネットを通じて共有可能な「Webサイト」、新規事業の立ち上げやその後の販売面を支援する「スタートアップ支援事業」、自社以外のあらゆるキャリアや世代の人を交えアイデアを共有する「オープンイノベーション」、ものをつくるための場を共有する「ものづくりスペース」の5つに大別し、それぞれに注目した。

4-3-1. 著作権保護

2017年現在は著作権の保護に関わる意思表示のツールとして多く使われるものに「クリエイティブ・コモンズ・ライセンス」がある。クリエイティブ・コモンズ・ライセンスでは著作権に表示・非営利・改変禁止・継承の4つの要素があり、これらの組み合わせをアイコンで示すことによって一目で法律に詳しくないインターネットユーザーでもその著作権について知ることができるようにしており、クリエイティブ・コモンズ関係の法律の専門家によって法的に記述された「利用許諾」文によって法的実行力がもたらされている。クリエイティブ・コモンズ・ライセンスを使用することで、作者は著作権を保持したまま作品を流通させることができ、受け手はライセンス条件の範囲内で再配布やリミックスなどを行うことができる⁸⁾。

製作されたデータの著作権を保護するための制度は未熟であるため、その方策として「ファブカプセル」なども提案されている³⁾。ファブカプセルとはあらゆるデジタルアプリケーションを対象としたデータフォーマットであり、ファブカプセルに加工データや素材データ、レシピ情報などを盛り込んだ上でそれぞれの製作物を個体認証できるようにするという情報システムである。これにより、それぞれのデータに関しての著作者、素材、改変などそのものに関するすべての履歴を追跡できるようになる。先行の例として画像や文書データなどについても著作権の保護的側面からのアプローチが弱かったことや著作者およびインターネットユーザーの認識の欠如により、2017年現在も盗用や剽窃などが絶えない。今後、ものづくりをする側と享受する側の双方の認識を高めることが重要である。

4-3-2. 情報共有 Web サイト

設計データや製作方法、ノウハウといったものづくりにまつわるあらゆる情報がインターネットを通じて共有可能な情報共有 Web サイトとして利用者の多い fable、Thingivers、Instructables、Github、rinkak を例にとる。それぞれの機能や特徴は以下の通りである。

(1) fable

『「ものづくり」と「ものがたり」の総合プラットフォーム』として製作物を再現するための最小限のレシピを共有するだけでなく製作メモや試行錯誤の過程ものづくりに関する作り手や使い手の物語までを共有できる、「Fab」プロジェクトのためのドキュメンテーションサービスである。レシピを公開するにあたってそのプロジェクトが開始された段階から公開することを推奨しているのが fable の特徴であり、レシピはそのプロジェクトが完了するまで完成はされないが、逆に未完了のプロジェクトに興味を持った人が追体験しながら自らの知識や経験を生かして派生したものづくりを行えるようになっている。その際、他人のプロジェクトから Fork (分岐) してレシピ製作が行える機能も備えている。著作権のルールは投稿者がクリエイティブ・コモンズの中から選択することができる。

(2) Thingivers

3Dデータを対象とした閲覧、共有、ダウンロードのためのコミュニティサイトで、初めて3Dでものづくりを行う人からプロのデザイナーまで幅広い層に利用されている。作品を公開する作者が定めることができる著作権のルール（クリエイティブ・コモンズ・ライセンス）の詳細な設定が可能になっており、この設定によっては改変も認められ、コメントを通して改変したものや実際に出力したものの情報の共有などが行える。

(3) Instructables

DIYで創作したものを閲覧、文書化、共有することを目的としたサービスで、日本での「DIY＝日曜大工」というイメージとは異なり、ワークショップや料理、遊びなどそのジャンルは多岐にわたっている。DIY関連企業が協賛するコンテストが開催され、ユーザーのモチベーションを高める要因となっている。単なるレシピにとどまらずオンライン講座も開講され、2017年現在、開講されている講座のすべてが無料で受けられるようになっている。

(4) Github

Gitと呼ばれるプログラムのソースコードなどの変更履歴をローカル環境で記録、追跡するバージョン管理システムの集まりであり、Gitの仕組みを利用し世界中の人々が自分の製作したプログラムコードやデザインデータなどを公開、保存できるようにしたWebサービスのことである。1つのプロジェクトが複数に枝分かれする「フォーク」、自分が行った変更をオリジナルのものに反映させるようにオーナーへ通知を送る「プルリクエスト」、他人がつくったコードを自分のコードに取り入れる「マージ」の3つの機能を持っているのがGithubの特徴である。またGitとは異なり、グラフィカルに操作できる上にメモ機能やタスク管理ツール、コラボレーションのための機能も充実している。

(5) rinkak

製作した3Dデータをアップロードし、素材を選択するだけで実際に出力さ

れた製品としての販売や、個人の試作製作、アルバム機能を利用したデータの保持ができるサービスである。データ自体は販売することができないが、データを公開する際に「モデルデータのダウンロード」から著作権に関するデータの交換・共有範囲を設定することができる。データ及び製品を販売する際には、素材を選択すると製作者の利益や手数料などから自動で最低価格を計算し、その価格以上で販売したい場合は自分で値段を設定することができる。

情報共有Webサイトではインターネットを利用することで一度に莫大な数の人と世界規模で情報の共有ができるため、自分の製作物を多くの人に知ってもらえると同時に意見やアドバイスをもらうことが期待できるとともに改変などが可能な場合、元のレシピやデータを利用して多くの新しいものづくりが行われることが期待できる。また作り手や使い手が直接立ち会うことなく場所や時間を隔てていても最低限の情報を共有することができることは作り方のドキュメンテーション化の利点であり、特にfabbleでの最低限の情報に加えてものづくりに付随するものがたりも共有できる点は、レシピが詳細になるだけでなくレシピに込められた思いも閲覧者に伝えることができる。完成したものだけでなく、製作過程から他人が改変できるという点でも、ものづくりの幅を広げるために有効な環境である。

一方、インターネットを通ずる環境には多くの課題が残されており、情報共有Webサイトの例では不正なコピーや盗用を防ぎ作者の知的財産権を保護しつつもデータの共有による新たなものづくりを促すことが重要である。そのためクリエイティブ・コモンズ・ライセンスのように詳細な権利の明示は不可欠であるが、現状では作者の見えないところでルールが破られてしまい、それを発端にその他多くの人に間違った理解でデータが渡ってしまうことを防ぐことは難しい。よって権利についての情報をデータに付随させるなどのシステム化は今後不可欠である。また、ドキュメンテーションの難点として言語の壁が挙げられる。現状では多くの情報共有Webサイトで英語が使用されており、一時、Instructablesでは英語以外に日本語、中国語をはじめとする複数の言語を任意で選択できたが、2017年現在、この機能は使用できなく

なっている。情報共有Webサイトの言語問題は、日本で共創化がなかなか進まない原因の一つであると考えられる。

4-3-3. スタートアップ支援事業

Appleのように自社工場を持たず、生産はすべてEMSに委託するようなファブレス企業が増加しているが、これまで自身の設計データを製造企業へ送っても金型から作らなくてはならず個人が試作や少量生産を行うにはコスト面から現実的でなかった。しかし、高性能3Dプリンターが登場し企業が短時間かつ低コストで試作を出力できるようになったことで、個人向けの3Dプリントサービスが始まった。これがパーソナルファブリケーションにおけるスタートアップ支援事業拡大のきっかけである。代表的なものとしてSeedやHAX、また国内では株式会社DMM.comが行っているハードウェアのスタートアップ支援事業などがあげられる。例えば、中国に拠点を置くSeedは、プリント基板の製造受託から始まったが現在では製品の設計や製造、そして販売にいたるまでサポートしており、ハードウェア系のスタートアップ事業への投資をメインとするHAXも、投資以外に事業を成功させ軌道に乗せるためのアドバイスを試作からサプライチェーンなど幅広く行い、家庭用調理器具メーカーのNomikuなどの企業を輩出している。さらにDMM.comをみても、製品企画と試作開発による支援を行う「DMM.make 3Dプリント」・「DMM.make AKIBA」、製品の販売や物流・在庫管理面での支援を行う「DMM.make STORE」、さらに企画製造したスタートアップを流通させるために事業面からの支援を行う「DMM.make SELECTION」が2015年より新たに展開され、現在では製品の誕生から実際に一般販売を行うまでの一連の流れがサポートされている。これまで個人がアイデアを形にして起業するには、製造企業に売り込みを行って生産ラインにのせてもらい、完成した商品を市場に流通させてもらうか、自身で製造環境を導入して生産を行うしかなかったが、製造企業の生産ラインにのせてもらうには大量生産を前提とした製品デザインで、なおかつ大きな需要が見込めるものでなければならず、自身で製造環境を整えるにも膨大な資金が必要など負担とリスクが非常に高いものだった。そのため、アイデアを有しながらも個人が実際に起業に至らずに

終わってしまうことが多くあったが、近年このようなハードウェアスタートアップ支援が登場したことにより格段に個人がアイデアを製品化しやすくなったといえる。既存のファブレス企業とEMSにおける製造の委託という関係だけではなく、製造・流通のプロフェッショナルとしてのアドバイスが企画から販売に渡ってプロダクトに対して行われることも大きく影響している。また、2017年現在ではAmazon.comでも同様のスタートアップ事業支援サービス「Launchpad」が行われており、デジタルファブリケーションの普及に伴って今後もこのような事業が増加していくことが予想される。また、支援事業としてだけでなく個人と一般製造企業でもこのようなものづくりが増えていく可能性があるだろう。

近年では「Ready for?」や「きびだんご」をはじめとしたクラウドファンディングも活発になっており、インターネットなどを通じてアイデアを公開することで技術や知識面でのサポートのみならず、プロジェクトの協賛者から資金的援助を得るための構造が生まれている。これにより、自身のアイデアを先に述べたDMM.makeのようなスタートアップ支援事業を活用して形にしようとしているながらも資金面の事情から実行に移せていなかったプロダクトがより製品化されやすい環境ができたといえる。さらに、クラウドファンディングサイトの多くは資金が目標値に達しなかった際に集まっていた資金を支援者に返金する仕組みがとられており、支援者が援助する際のリスクが軽減されるとともに、需要が少ない際はそれが数値として現れるため、プロジェクトの計画者にとってもよい判断材料とすることができる。ただし、クラウドファンディングを利用するということはアイデアを公開することであり、自身より開発速度の速い個人、団体によってそのアイデアを先に実現されるリスクが生じてしまう。

4-3-4. オープンイノベーション

オープンイノベーションとは社内だけでなく社外の技術力や教育施設、地方自治体などと連携して今までにない製品開発や研究結果を生み出すイノベーションの方法論である。オープンイノベーションが行われている例としてexiiiの電動義手やクルスカのサンダルが挙げられる。exiiiは電動義手のデー

タをGithubで公開し、会社に所属する人以外も電動義手をコクリエーションできる状態にしている。コクリエーションをした場合にはその内容をHACKberryコミュニティ内で報告することとし、電動義手のイノベーションに努めている。クルスカは、ファブラボ鎌倉で開発を行ったサンダルをファブラボのオープンソースという考えに則りデータ公開を行った。国境を越えて様々な国のファブラボでオリジナリティのあるサンダルがつくられオバマ元大統領の祖母の手にまで渡るに至った。

しかしながら、exiiiでも行われていたプロダクトの向上を目的とした不特定多数に対してのデータ公開では、データをダウンロードし改変した個人がコミュニティで報告するなどの企業への還元を行わない可能性がある。3章でも述べたが、現時点ではこのような事態が起こらないように管理する体制は十分に整っておらず、情報公開することによるアイデアやノウハウの流用などといったリスクの大きさに見合っていないのが現状である。

また、近年ではこのオープンイノベーションの手法のひとつとしてハッカソンやアイデアソンといったイベントが行われている。これらのイベントはそれぞれ多様な職業や年齢層の人が参加し、特定のテーマのもとそれぞれの技術力やアイデアを出し合い「もの」や「サービス」を作り上げるものである。これまで企業が大学に対して研究を依頼するケースや、技術供与を行うケースはその関係性が一方的になることが多かったが、ハッカソンなどでは企業や参加者同士が立場を超えて双方向に意見を取り交わすことができる構造ができており、その効果に期待が高まっている。

4-3-5. ものづくりスペース

3Dプリンターやレーザーカッターなどのデジタル工作機器を配置し、誰でも気軽に利用が可能なものづくりスペースが全国的に増加している。このようなものづくりスペースの1つとして「ファブラボ」があげられるが、ここはメイカームーブメントの潮流を受け2002年にマサチューセッツ工科大学のニール・ガーシェンフェルドによってはじめられたデジタルからアナログまでの多様な工作機械を備えた実験的な市民工房であり、2017年現在は世界で1000ヶ所以上、日本でも18ヶ所のファブラボが活動をしている³⁾。ここでは

人々が互いに顔を合わせながらものづくりを行うことができる上に、ネットワークを介して遠隔地のファブラボとも連携が可能であり、先にあげたクルスカのレザーサンダルに見られるようにソーシャルファブ리케이션を積極的に育てている。このようなものづくりスペースは機材を導入することが難しいパーソナルファブリケーターにとって貴重な環境であるとともに、パーソナルファブリケーター同士が集まりつながる場としても非常に重要な役割を果たしており、実際にファブラボを通じて個々人が得意分野を活かし、協力しながらものづくりを行っている姿や、ファブラボ平塚でみられた競技サーフィンを行なっている学生の利用者と、同じくサーフィンを行なっている社会人の利用者によるサーフボードの共同製作の事例のように、偶然出会った利用者同士で意気投合しプロジェクトに発展しているケースが数多く見られる。

4-3-6. ワークショップ

実際に顔を合わせ、技術やノウハウ、経験を共有する場としてワークショップも存在し、近年増加しているものづくりスペースでも頻繁に開催されている。参加者の募集、開催方法はインターネットを用いたものに限定されないため、パソコンなどの操作が苦手な人やインターネットの環境が整っていない人からそうでない人まで幅広い層の参加が期待できる。また仲間との参加も可能なため初心者には参加しやすい。更にものづくりを行う上で必要となる道具や素材などは揃えられている場合が多く、試験的にものづくりをした人や一時的にものづくりをしたい人への負担になりにくい。実際に講師の指導を受けながら手を動かすため、ドキュメンテーション化された情報だけでは得られなかった技術や経験を身に付けたり、疑問を持つことができるのはワークショップの特徴ともいえる。

ただしワークショップが行われるにあたって、開催地域や参加人数が限定されてしまい情報共有の範囲はインターネットを用いたものには劣ることから、両者を適宜活用することでより良い環境が見込まれる。

4-4. 考察

前節であげたように現在日本では形態を問わず様々な環境下でソーシャルファブ리케이션が行われている。まず情報共有サイトであるが、設計データの共有に特化したThingiverseや製作方法の共有に特化したfabbleなど、それぞれ特色をもった様々なサイトが存在している。4-3-2での(1)から(4)についてはデータを公開した人に金銭的な報酬はないが、データを公開した時の満足感やデータがダウンロード・お気に入りされたときの喜びなど精神面での報酬はある。(5)のrinkakでは実物の製品として販売できるという点が特徴であり、データを製品として公開した人は先に述べたような精神面での報酬と、それが購入された場合には金銭的な報酬も得ることができる。

このような情報共有Webサイトが活用されることはデジタルファブ리케이션の影響を助長する要因の1つとなりうるにも関わらず、使用言語が英語である情報共有Webサイトが多く、日本では諸外国に比べて情報共有Webサイトの活発な利用がされていない。この理由として前節で述べた言語の壁が大きいといえる。またfabbleのように日本語に対応した、デジタルファブ리케이션に限定しないものづくりの情報共有Webサイトが登場しても人々が活発な利用に至らないのは、根源にはやはりものづくりが身近になっていないという原因があると考えられる。

一方で、デジタル工作機器が低価格化したことに加え、DMM.makeのようなスタートアップ支援事業やきびだんごのようなクラウドファンディングサイトが増加したことで個人による事業化が以前に比べ容易となった。この作り手の増加と専門家による販売・流通支援により、幅広い製品の創造や受注生産も見込まれ、報告書でも予測されていたマス・プロダクションでは実現できなかったニッチ層の取り込みが近い将来実現可能になったといえる。

オープンイノベーションでは、ものづくり情報共有Webサイトやexiiiのようなデータを公開する形式のオープンイノベーションなどインターネットを通じての情報の共有も次第に行われるようになってきているが、情報を公開する上で大きな課題が存在する。それは、現時点では3Dデータやその改変にまつわる知的財産権の所在が明確に制定されておらず、公開にはリスクが伴う点である。これにより、特に営利目的のプロジェクトにおいて情報を公開

する際には、他者からアイデアや製造のノウハウなどが流用される可能性や、公開したことで商材としての価値を失う可能性を想定しなければならず、情報の公開範囲やその方法を留意する必要がある。しかし、営利目的よりもプロダクトそのものの発展を主目的としている場合はこれに限らず、Thingiverseなどを利用し広く発信しより多くのファブリケーターに自由利用してもらえよう共有することが効果的だといえる。このように、ソーシャルファブリケーションは営利目的か非営利目的かでその扱いが大きく変化するため、目的に合わせて随時公開の仕方を検討する必要がある。

そして、ものづくりスペースは全国的にその数を増やし、パーソナルファブリケーター同士のコミュニティ形成の場として強い効果を発揮し、ソーシャルファブリケーションが行われる起点となっている。しかし、ファブラボは2017年現在日本で増加傾向にあるものの、企業や地域が積極的なスポンサーとなったり学校施設の一部として設置されたりしない限り、独立した施設として運営するには金銭面で困難な場合が多いのが現状である。日本より早くファブラボという取り組みを始めたヨーロッパ圏では、マンチェスターのファブラボが郊外のオルトリンシャンという町へ移転しており、当初クリエイターやスタートアップ事業の支援向けにつくられたものの、行政からの支援が受けられず資金難に陥ったという。郊外に拠点を置くことで経費削減や地方創生が見込まれるが、日本の場合、地方の人口が極端に少ないため依然として運営資金の問題は解決されない。

以上のように様々なかたちでデータの交換・共有ができる場所が与えられても、依然として大多数の市民の活発な動きが見られなかったり、手探り状態になっていたりする。デジタルファブリケーションの普及がまだ十分でないことに加え、技術面で取り掛かりにくいイメージがついていることが原因である。

第5章 結論

5-1. 本章の目的

本章ではこれまで述べてきたデジタルファブリケーションやファブラボの状況を踏まえ、経営学部の教育におけるファブラボの可能性について述べ、本稿の結論とする。

5-2. 大学教育におけるファブラボの可能性

大学内にファブラボを設置することのメリットとして、デジタルファブリケーション教育のメリットと共創の場としてのメリットが挙げられるが、デメリットとしては費用面での負担増が挙げられる。

5-2-1. 経営学部におけるデジタルファブリケーション教育のメリット

2章で述べたようにデジタルファブリケーションは開発、製造、在庫管理、物流など様々なビジネスプロセスにおいて大きな変革を及ぼす可能性がある。現時点ではまだ多くの企業が試行錯誤している状況であるが、日本企業も2017年になって急激にデジタルファブリケーションの実用化を進めている。例えば、大林組は他の建設会社が3Dプリンターの活用法を模索し、主な材料である樹脂の強度とリードタイムの問題を解決できなかったのに対して、セメントや樹脂を扱う会社と共同で開発した短時間で固まる独自のセメント系材料を使用することによって強度とリードタイムの問題を解決し、500×250×500mmのブロックであれば約15分で製造できる3Dプリンターを開発した¹⁰⁾。この技術は、現在の建築工程にもみられるような事前に工場で製造されたコンクリート製品を建築現場に設置するプレキャストコンクリート工法の生産性を上げ、型枠を使用せずにコンクリート部材を製造できるため、扱える部材の大きさが大きくなれば汎用性が高くなり、工事現場でセメントを流し込んで部材を作る作業が不要になるであろう。また、リコーは2009年7月に発売したGR Digital IIIというデジタルカメラのキャッピングを3Dプリンターで製造することによって、コストの削減を行っている¹¹⁾。製造終了品のために新たな金型を起こす費用や金型維持のための管理費用は多くの企業にとって、できれば支払いたくないコストである。強度など品質問題さえ

クリアできれば、2章で述べたようなコストと個数の関係を明らかにし、3Dプリンターを導入するか金型を維持するか意思決定は明白であり、リコーのキャッピングの場合であれば、製造個数が1000個以内であれば3Dプリンターを使用するコストメリットがあると判断された。さらに、3Dプリンターを消費地の近くに配置し、注文があってから製造すれば物流コストや在庫管理コストも削減できると考えられる。リコーの事例は製造を終了した製品のサービスパーツ・保守部品などのアフターマーケットにおける良い先例となるであろう。

世界の状況に目を向けてみると、INGの国際貿易分析責任者のRaoul Leeringは3Dプリンティングへの投資の伸びが現在のペースで続けば、2060年までに現在の世の中に存在している半分の製品が3Dプリンターで作ることが可能であると予測している¹²⁾。Leeringの予測は不確実性が高いものの、産業機器、航空、自動車、消費者製品、医療・歯科機器などの産業では特に3Dプリンティングへの投資額が高く、産業界も大きな技術革新として期待して、積極的に投資を行っており、経営者にとっても今後の技術戦略を考えるうえでデジタルファブリケーションは重要なファクターの一つであるといえる。

以上のことから、経営学部における教育でデジタルファブリケーションを扱うことは製造業の今後の技術戦略を理解する上で重要であると考えられる。また、デジタルファブリケーションの普及は簡単な製品であれば誰でも設計、製造できるようになることを意味しており、これまでデザイナーや設計者が担っていた仕事の垣根は低くなるであろう。そうすると、現在の学問分野の再定義が必要になり、学生のキャリアデザインも現在のものと異なってくるものが予想される。

5-2-2. 共創による学生の活躍の場としてのメリット

2章で述べたようにデジタルファブリケーションがコミュニケーションツールとして活用されることや、4章で述べたDMM.makeのように整った環境が事業として外部にも提供されることでコンミュナルファブリケーションやパブリックファブリケーションの事例で見られたようなデジタルファブリケーションやインターネットを活用した新たなものの作られ方が活発になる

ことも考えられる。このことからビジネスに関わる部分においてはデジタルファブリケーションが国内外含めて着実に影響を及ぼしているといえるであろう。一方、ファブラボを運営しているとビジネスとは関係なく自己実現のための創作活動も多く見受けられた。これらの活動は利益より社会的意義や達成感などが優先される場合が多く、学生もそれらの活動に参加しやすいようであった。学生が社会的意義のあるモノの製作に携わることは近年教育の場で積極的に取り入れられているPBL（Project Based Learning）のコンテンツとしての活用が期待できる。デジタルファブリケーションがまだ社会に浸透していないからこそ、学生がデジタルファブリケーションのスキルや知識を身につけることでPBLを通じた社会との共創において、学生の役割が単なる“若者の意見”や“無料の労働力”でなく、学生の“知識”“スキル”がプロジェクトで活かされる。これは社会科学系の学部においては重要なことである。学外と関わって実行するPBLは既にお膳立てがされており、学生は体験したり、部分的に手伝ったり、意見を述べたりするだけの場合も多い。それによって社会との繋がりを持ち、達成感を感じる学生もいれば、物足りず“うまく利用されている”と感じたりする学生も存在する。様々なレベルのPBLを準備することは学生の満足度の向上にも繋がると考えられる。実際に2017年度にはクラウドファンディングにより資金を調達し、現代の消費に対する問題提起をする映画作成を行った学生や視覚障がい者用の囲碁盤キットを作成した学生は与えられた問題解決ではなく、ファブラボ内で学外者との交流の中から問題を見つけて課題を設定し、自らがリーダーシップを取り、学外者とプロジェクトに望んでいた。全ての学生がこのようなリーダーシップを発揮できるわけではないが、このような形のPBLを実施する機会がある施設が学内にあることは実行力、調整力、対応力を養うという点では大変望ましいことであると考えられる。

5-2-3. デメリット

ファブラボを運営するには機材のメンテナンス費用、人件費などの費用も必要となる。これらの費用をどのように捻出するか、それらの費用に見合う教育的効果を得られるかについては検討が必要である。

5-3. 結論

本稿では、デジタルファブリケーションやファブラボの現状をふまえつつ、大学教育、特に経営学部でのファブラボの設置メリットについて述べた。デジタルファブリケーションが普及することで社会にメリットがあることは国内外においても期待が寄せられており、外国ではすでに研究や教育、人材育成などの方面から進展に向けた施策が進められている。日本でのこのような動きは諸外国と比較するとまだ活発ではなく、デジタルファブリケーションを用いたものづくり自体も諸外国と比較すると盛んではない。ものづくり立国として高度経済成長を遂げてきた日本が、Industrie5.0など変化しつつある新たな形の製造業に対応していくためには、衰退しつつあるものづくりマインドを再醸成し、経営学部などの社会科学系の学部でも積極的に“生産の新たなカタチ”に理解を示し、教育に取り入れて行くべきであろう。

参考文献・参考資料・URL一覧

- 1) クリス・アンダーソン：MAKERS, NHK出版, 2012.
- 2) Neil Gershenfeld：FAB- The Coming Revolution on Your Desktop-- from Personal Computers to Personal Fabrication-, Basic Books, 2007.
- 3) 総務省：「ファブ社会の基盤設計に関する検討会」報告書, 2015年.
- 4) 門田和雄：門田先生の3Dプリンター入門 何を作るのか、どう役立つのか, 講談社, 2015年.
- 5) RICOH：3Dプリンターとは, <http://www.ricoh.co.jp/3Dp/what/>, 最終アクセス日：2017年1月8日.
- 6) i-MAKER.news：ボルボトラックスはストラタシスの3Dプリンターで生産コストを94%カット, <http://i-maker.jp/volvo-3D-print-7259.html>, 最終アクセス日：2017年1月8日.
- 7) 木村公一郎：中国・深圳のスタートアップとそのエコシステム（増訂版），日本貿易振興機構（ジェトロ）アジア経済研究所, 3-4, 5-6, 2016年.
- 8) 平本知樹、神田沙織：3D Printing Handbook, オライリージャパン, 2014.
- 9) 佐野義幸、柳生浄勲、結石友宏、河島巖：トコトンやさしい3Dプリンター

の本, 日刊工業新聞社, 2014年.

- 10) 日本経済新聞電子版: 大林組 建設部材を3Dプリンターで製造, 2017年10月11日.
- 11) 日本経済新聞電子版: リコー 製造終了デジカメの部品、3Dプリンターで造形, 2017年10月16日.
- 12) Raoul Leering : 3D printing: a threat to global trade, ING, 2017年9月.