

ほらいずん

デジタルファブリケーションの将来シナリオ — 2030年の3Dプリンティングの経済的及び 社会的影響に関する予測研究 —

科学技術予測センター 特別研究員 蒲生 秀典

【概要】

3D デジタルデータを用いて 3D プリンティング（アディティブマニュファクチャリング）により立体物を造形するデジタルファブリケーションは、デザインと製造を融合する新しいものづくりとして注目されている。2017年4月、ドイツ・アーヘン工科大学とベルリン工科大学の研究グループは、デジタルファブリケーションの経済的及び社会的影響に関する 2030年の将来シナリオを公表した。専門家により 18 トピックを設定し、実現性やインパクトに関しデルファイ調査を実施、その結果を用いてシナリオを作成した。2030年の実現可能性の高いシナリオでは、デジタルファブリケーションが製品の企画から流通に至るサプライチェーン全体に影響を与えることが示された。さらに、ビジネスモデルと消費者の行動の変化を 2 軸とした 4 つのシナリオでは、それぞれマーケットエクスプローラ、コンテンツプロバイダ、サービスプロバイダ、マスカスタマイザと製造業の姿が変革する将来が描かれた。

1. はじめに

3D デジタルデータを用いて 3D プリンティング（アディティブマニュファクチャリング（AM）^{注1}）により立体物を造形するデジタルファブリケーションは、デザインと製造を融合する新しいものづくりとして注目されている^{1,2}。製造がデジタルデータ・ベースとなることで、従来の企画・デザイン・開発・製造・販売さらにはアフターケア・サービスまでのサプライチェーンを大きく変革する可能性がある。このデジタルファブリケーションのグローバル展開に向けて、将来社会を見据えた産業界、学界そして政策面での対応が求められている。しかしながら、製造技術のみではなく、経済的及び社会的影響も含めたサプライチェーンに関する研究はほとんどなされていない。

2017年4月、ドイツ・アーヘン工科大学とベルリン工科大学の研究グループは、デジタルファブリケー

ションの経済的及び社会的影響に関する 2030年の将来シナリオを公表した³。論文ではこれまでの予測研究のレビューと今回の予測手法や専門家パネルによる検討についても詳細に述べられているが、ここではデルファイ法^{注2}による予測調査結果とそれを基に作成された将来シナリオについて紹介する。

2. デルファイ調査と 2030年の将来シナリオ

デルファイ調査では、文献レビュー、専門家インタビューと専門家 90 名によるワークショップ開催等の検討により 18 トピックを作成した（当初の 92 トピック案から 18 に集約）（図表 1）。インターネットベースの Real-Time Delphi ツール⁴ を利用し、事前に選定した専門家パネル 65 名（産業界 41 名、学界 24 名）から回答を得た。それぞれのトピックに対し、2030年における実現可能性と、企業及び社会インパ

注 1 米国材料試験協会国際標準化会議において定義された名称。ここでは原著論文³に則して AM の略称で記載。

注 2 多数の人に同一内容の質問を複数回繰り返し、回答者の意見を収れんさせるアンケート手法。

図表 1 デルファイトピック一覧

【生産、サプライチェーン、ローカリゼーション】

1. 2030年には、産業全体のAM生産能力の50%超で、自社生産が(AMサービス拠点やAM特殊技能者を有していない生産者でも)可能となる。
2. 2030年には、多くの中小企業が高い装置利用率、学習効果、品質評価などを達成するために、産業別のAM生産資源を共有することになる。
3. 2030年には、すべての産業においてAMIによって実現される顧客の近くでの現地生産が大幅に増加し、世界的に広がった生産チェーンは減少し、サプライチェーンの脱グローバル化がもたらされる。
4. 2030年には、最終製品の流通においては、物理的な製品を販売するのではなく、直接製造のためのデジタルファイルの販売(音楽配信でのMP3フォーマットと同様の効果)に大きく変化している(全量の25%超)。
5. 2030年には、スペアパーツの製造は2つのシステムに分かれ、重要でない部品はAMIによって現地生産されるが、重要部品は従来の製造技術によって、特定の品質/品質管理スキルを持つ専門の拠点で製造される。
6. 2030年には、製造と輸送分野における二酸化炭素排出量は、AMIによって大幅に削減される。

【ビジネスモデルと競争】

7. 2030年までに、AMIは競争の優位性が、生産・供給システムの能力から、顧客とデザイナーネットワークへのアクセス性に移行する。
8. 2030年には、AMIは新たな知識とスキルを必要とする1つの生産技術であるため、企業のビジネスモデルが大きな影響を受けることはない。
9. 2030年には、デジタル製品は継続的な試用段階にあり、頻繁な設計の反復と一定の変更を受けるため、「市場投入までの時間」、「製品ライフサイクル」、および「ランプアップ」という従来の措置は減少する。
- 10*ドイツは2030年に、既存の装置製造業者、研究機関、多数のエンドユーザーによる産業のAM技術と装置の開発において世界トップ5に入る。
(*資金を提供する組織のための特殊な目的で設定(分析には使用していない))

【消費者および市場の動向】

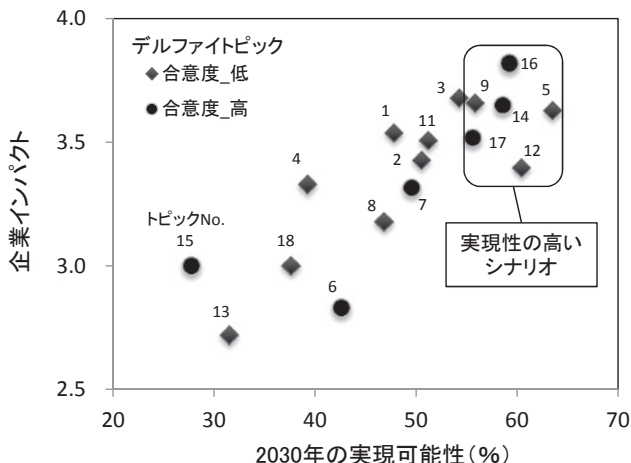
11. 2030年には、AM製品・コンポーネントと従来法で生産された製品の市場占有率は、すべての業界で有意(10%超)となる。
12. 2030年には、かなりの数の消費者がオンラインデータベース(リポジトリ)を利用して製品デザインを購入したり、AMプリント目的でオープンソースデザインに自由にアクセスしている。
13. 2030年には、先進工業国の民間消費者の大多数が、家庭内に3Dプリンタを持っている。
14. 2030年には、多くのAM製品は、マルチマテリアルや電子部品内臓品となり、幅広いアプリケーションが可能になる。
15. 2030年には、AMプリントされた人間の臓器が利用可能となり、大部分が臓器提供者の代わりに利用される。

【知的財産と政策】

16. 2030年には、デジタル製品を従来の知的財産で守ることは困難となり、クリエイティブ・コモンズやオープン・ソースのような新たな知的財産の利用が大幅に増加する。
17. 2030年には、AM用の共有プラットフォームに関する規制が重要な規制措置となる。
18. 2030年には、知的財産権が不明確であり、知的財産権の侵害を監視し訴えることが困難であるため、技術的には可能なAMの利用の低下を招く。

AM：アディティブマニュファクチャリングの略(一般的には3Dプリンティングと呼ばれる)
参考文献³⁾を基に科学技術予測センターにて作成

図表 2 デルファイ調査結果



参考文献³⁾を基に科学技術予測センターにて作成

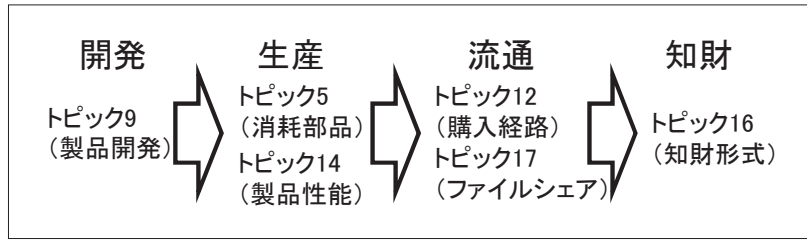
クト(最小1~最大5)の評価及び自由コメントを求めた。

デルファイ調査で実現性が高いと評価されたトピック群を用いて(図表2)、2030年の将来シナリオを作成している。シナリオでは、開発、生産、流通、知財に関する一連の製品プロセスを、AMが劇的に変える道筋を示す2030年の新しい姿が描かれている。

AMがバリューチェーンの全ての要素に影響を与える(図表3)。デジタル化により製品開発は従来のステージゲートモデルから変革し、市場からのフィードバックにより頻繁にアップグレードがなされる(トピック9)。マルチマテリアル及び電子部品内臓製品のAM製造が可能となり製品範囲が大幅に広がる(トピック14)。サプライチェーンが全体的に変わり、例えばスペアパーツはAMによって使用現場で製造される(トピック5)。さらに個人消費者は、ファイル共有プラットフォーム(トピック17)とオンライン購買(トピック12)を利用し、データファイルを入手した後、個人や地域でシェアされたAM装置を用いて独自に作製する。従来の方法では知的財産の保護が困難なため(トピック16)、知的財産、ファイル共有、製品流通に関する新しいビジネスモデルが開発される。また、脱グローバル化(トピック3)も社会に大きな影響を及ぼす。AMは消費者に近い地域での製造を可能にする。これは世界的に拡大した生産拠点が消費地近郊に戻ることを意味する。個別デザインへの対応では、既にFabLabや3DHubsの動きがある。

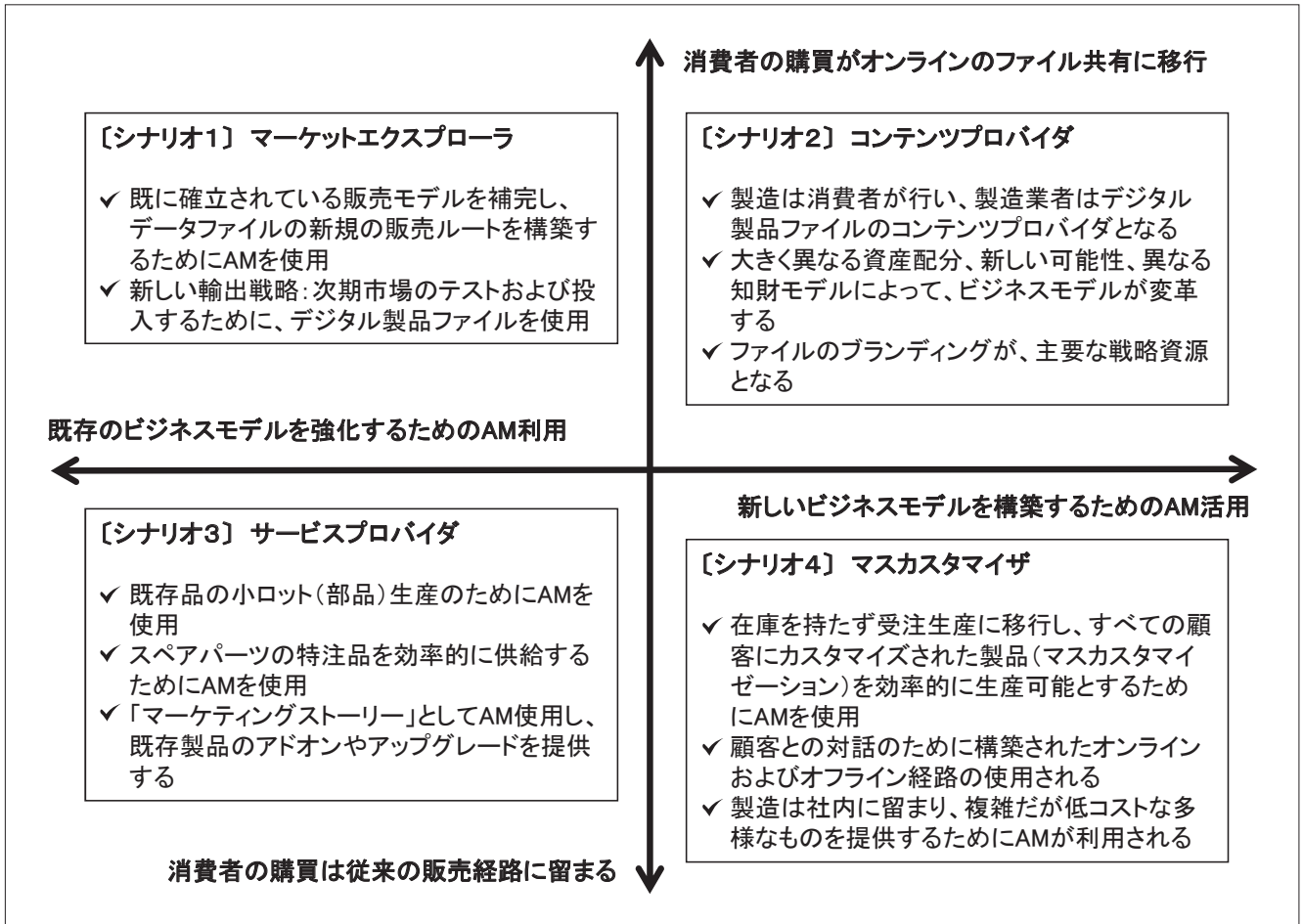
一方でデルファイ調査の結果は、専門家の意見は広範であり、実現性に関し高い不確実性も示している。

図表3 実現性の高い2030年のシナリオ



参考文献³⁾を基に科学技術予測センターにて作成

図表4 ビジネスモデルと消費スタイルを検討軸とした4シナリオ



参考文献³⁾を基に科学技術予測センターにて作成

この点を明示するために、専門家間の合意度が最も低いトピックから2つの軸を作り、4つのシナリオを提示している(図表4)。横軸はAMによるビジネスモデルの変革(トピック8)、縦軸は消費者の行動の変化(トピック12)を示している。以下に各シナリオの概要を示す。

シナリオ1 (マーケットエクスプローラ) では、企業は新しい海外市場で試行するために製品を輸出する代わりにファイルをオンライン販売することで効率化し、地域におけるニッチな需要に応えるために利用する。しかし、市場が構築されれば、従来の事業により製品は販売される。シナリオ2 (コンテンツプロ

バイダ) では、企業のビジネスモデルが根本的に変革する。これまでのメーカーはデザインのみを行い、デジタルプリントファイルを提供することになる。企業の主業務はファイルの「3Dプリント適性」を保証することであり、収益を得るためには価値を確保する新しい形の知的財産保護を利用する必要がある。シナリオ3 (サービスプロバイダ) では、AMは主に既存のビジネスをサポートするために利用される。前述のスペアパーツの例はこれにあたり、従来の方法で経済的に実現できないニッチな製品の製造にAMが使用される。シナリオ4 (マスカスタマイザ) では、全てのユーザーに個別の製品を大量生産の効率を備えつ

つ提供する、すなわちマスカスタマイゼーションが確立される。企業のビジネスモデルは劇的に変化する。製品需要を予測して生産できるため、在庫を持つ必要はなくなり、各個人のそれぞれの要求に的確に応えることが主業務となる。

また研究グループは、AMのための規制と政策の枠組みはまだ初期段階にあるとし、特に社会インパクトが高いと評価された以下のトピック群に対する政策検討の必要性を指摘している。医療に革新をもたらす臓器のバイオプリント（トピック 15）の倫理問題や、オンライン購買（トピック 12）と知的財産管理（トピック 16）に関わる知的財産保護、そしてサプライチェーンが再びローカルになる生産の脱グローバル化（トピック 3）に対応するインフラ検討への対応が求められるとしている。

一方で論文では、現行手法による予測の限界にも言及しており、例えばブレイクスルーが必要な不連続性の高いトピックや社会的な意外な事象の分析・予測は難しいとしている。

3. 第 10 回科学技術予測調査結果との比較

科学技術・学術政策研究所が 2013 年から 2015 年に実施した第 10 回科学技術予測調査において、デ

ジタルファブ리케이션関連の 12 トピックを設定し、実現年に関する予測⁵⁾ 及び 2030 年のシナリオプランニング⁶⁾ を実施した。マスカスタマイゼーション、オンサイト・オンデマンド生産、パーソナル生産などのデザイン・製造・サービス融合に関連した全てのトピックは 2030 年までに、バイオプリンティングは 2035 年に社会実装される。また、ICT・ものづくり・サービスが融合した 2030 年のシナリオの中で、ユーザーニーズのデジタルデータ化を背景に、マスカスタマイゼーションやデザイン・サービスとの一体化によるオンサイト・オンデマンドサービスを展開し、多様化した個人や社会のニーズに対応することで QOL（生活の質）の向上や社会課題解決に大きく貢献している姿が描かれた²⁾。これはビジネスモデルに大きな変革をもたらすシナリオ 2 と 4（図表 4）に相当する。

科学技術全般を俯瞰した当研究所の調査では、個人や社会課題に対応しデータ駆動型となる将来社会において、デジタルファブ리케이션が中核となる位置づけを示したのに対し、論文ではより具体的にサプライチェーンの変化や政策的留意点を示しており、デジタルファブ리케이션の今後の方向性の指針として参考になると思われる。

参考文献

- 1) 蒲生秀典、「デジタルファブ리케이션の最近の動向—3D プリントを利用した新しいものづくりの可能性—」、科学技術動向、No.137、P.19-26、2013 年 8 月：
<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/2416/1/NISTEP-STT137-19.pdf>
- 2) 蒲生秀典、「デジタルファブ리케이션医療応用の Horizon ～ 3D デジタルデータの活用とバイオフィブ리케이션の進展～」、STI-Horizon、Vol.2、No.1、P.19-26、2016 年春号：<http://dx.doi.org/10.15108/stih.00016>
- 3) Ruth Jiang, Robin Kleer, Frank T. Piller; “Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030”, Technol. Forecast. Soc. Chang., 117, 84 (2017):
<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.01.006>
- 4) Gnatzy, T., Warth, J., von der Gracht, H.A., Darkow, I.-L.; “Validating an innovative real-time Delphi approach - a methodological comparison between real-time and conventional Delphi studies”, Technol. Forecast. Soc. Chang., 78, 1681 (2011).
- 5) 科学技術・学術政策研究所、「第 10 回科学技術予測調査 分野別科学技術予測」、調査資料－ 240（2015 年 9 月）：
<http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/3080>
- 6) 科学技術・学術政策研究所、「第 10 回科学技術予測調査 国際的視点からのシナリオプランニング」、NISTEP REPORT No.164（2015 年 9 月）：<http://data.nistep.go.jp/dspace/handle/11035/3079>