

strategy&

Part of the PwC network

3Dプリンティングの 未来

価値創出と
ビジネスモデル変革の
可能性

著者紹介

第1章

Roger Quaedvlieg

PwCオランダ法人のシニアマネージャー (Innovation & Incentives)。

Wolter Kersbergen

PwCオランダ法人のマネージャー。

第2章

Eric Dustman

PwC Strategy&のプリンシパルで、シカゴオフィスを拠点とする。自動車、産業財、テクノロジー企業などのクライアント向けにオペレーション戦略のコンサルティングを行う。

Kareem Elwakil

PwC米国法人のディレクターで、ニューヨークオフィスを拠点とする。主にヘルスケア産業を対象に、オペレーション、品質戦略とシステム、コンプライアンス、規制対応などのバリューチェーンの変革を専門とする。

Miguel Smart

PwC Strategy&のプリンシパルで、ワシントンオフィスを拠点とする。航空宇宙および防衛産業のクライアントに助言を提供している。企業戦略、企業変革、オペレーション戦略による効率改善、革新的技術導入、ビジネスモデル変革を専門としている。

第3章

Dr. Reinhard Geissbauer

PwC Strategy&のパートナーで、ミュンヘンを拠点にする。20年以上にわたるコンサルティングと産業界での経験を有する。現在EMEA(欧州・中東・アフリカ)地域のインダストリー4.0/デジタルオペレーションチームを率いる。

Jens Wunderlin

PwC Strategy&のマネージャーで、ミュンヘンを拠点にする。10年にわたるコンサルティングと産業界での経験を有する。産業全般のデジタルサプライチェーンやデジタル製造戦略の開発のリーダーで、機械設計と3Dプリンティングについての豊富な経験を持つ。

Dr. Jorge Lehr

PwC Strategy&のシニアアソシエイトで、トロントを拠点とする。事業会社、研究開発、およびコンサルティングで10年の経験を有し、素材・化学業界におけるサプライチェーン管理を主なテーマとしている。PwCのインダストリー4.0/デジタルオペレーションチームの中で、AM技術(Additive Manufacturing技術: 材料を接合して3次元物体を形成する3Dプリンティングの基本的技術。本編参照)を担当している。

問い合わせ先

PwCコンサルティング合同会社 ストラテジーコンサルティング(Strategy&)

〒100-6921

東京都千代田区丸の内2-6-1 丸の内パークビルディング 21階

電話: 03-6250-1209 Fax: 03-6250-1201

info.japan@strategyand.jp.pwc.com

<http://www.strategyand.pwc.com/jp>

著者・監訳者

はじめに、第2章

北川 友彦 tomohiko.t.kitagawa@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のディレクター。自動車などの機械製造業や部品・素材などの産業財分野を中心に、事業戦略、営業・マーケティング戦略、組織・オペレーション改革などのテーマについて、多様なコンサルティング経験を有する。

第1章

肥塚 修子 naoko.koezuka@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のマネージャー。ヘルスケア・製薬企業を中心に、R&D改革・デジタルトランスフォーメーション・新規事業計画策定等の支援を多く行っている。

第3章

室井 浩気 koki.muroi@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のマネージャー。自動車、産業材など製造業分野を中心に、成長戦略、新事業開発、アライアンス、組織・オペレーション改革などのテーマで、数多くのプロジェクト実績を持つ。

終章

赤路 陽太 yota.akaji@pwc.com

PwCコンサルティング、Strategy&のディレクター。自動車産業および情報サービス産業を中心に、事業戦略、事業変革、イノベーション、デジタルトランスフォーメーション、マーケティングなどのテーマについて豊富なコンサルティング実績を有する。次世代の製造業に関するコンサルティングを多く手掛けている。

目次

3Dプリンティングの未来

価値創出とビジネスモデル変革の可能性

はじめに 4

北川 友彦

第1章 3Dプリンティングのビジネス価値 5

Roger Quaedvlieg, Wolter Kersbergen

[監訳：肥塚 修子]

第2章 金属3Dプリンティング 9

コスト差の縮小と価値創出

Eric Dustman, Kareem Elwakil, Miguel Smart

[監訳：北川 友彦]

第3章 3Dプリンティングが創る補修部品の未来 18

～その課題と機会～

Dr. Reinhard Geissbauer, Jens Wunderlin, Dr. Jorge Lehr

[監訳：室井 浩気]

終章 日本における3Dプリンティングの活用に向けて 37

赤路 陽太

はじめに

デジタル技術の飛躍的な発展により第四次産業革命が進む中で、データをデジタルに処理した後の「出口」となる3Dプリンティングにも注目が集まっている。デジタルの世界では、あらゆるものに関してデータが創出・蓄積され、どこにでも高速・低コストで伝送され、AIや高速演算処理により最適な解が導かれるようになるが、3Dプリンティングはこれら革命の成果をリアルな世界に出力する役割を果たすからである。

従来の3Dプリンティングは、大量生産で必要となる金型を必要とせず、小回りを利かせてアイテムを作製するためのツールという程度の位置付けであり、適用範囲は開発フェーズでの試作品や高額が許容されるカスタム製品にとどまる傾向にあった。しかし近年は、製造装置、原材料、ソフトウェア等の3Dプリンティングの各種構成要素がそれぞれ進化し、比較的容易であったプラスチックだけでなく、より難易度が高い金属に関しても適用可能性が広がっている。

デジタル時代における3Dプリンティングは、従来の製造方法の単なる代替ではなく、製品システム全体の価値を向上させたり、企業のビジネスモデルそのものを革新させるための「イネーブラー」として捉えるべきである。すなわち、従来方法では困難であった最適な形状や寸法の部品を創出することで、部品単体のコストや納期の改善ではなく、最終製品全体の機能・性能(例:燃費)を高める。あるいは、開発・製造の場所、在庫の持ち方、顧客への売り方(例:IPライセンス)を含めたビジネスのやり方そのものを変えるのである。また、3Dプリンティングはその性質・構造上、原材料の効率的利用や製品の輸送コストの削減にもつながるため、普及すれば社会全体の生産性向上や環境負荷の低減に貢献することにも言及しておきたい。

本レポートは、PwCおよびStrategy&が長年グ

ローバルで研究・実践してきた知見をとりまとめたものである。第1章の「3Dプリンティングのビジネス価値」では、3Dプリンティングの原理・原則や潜在的なメリット、新しいビジネスモデルの可能性を概説した上で、航空宇宙・医療・自動車産業における市場性を俯瞰し、今後の普及に向けた課題を考察する。

第2章の「金属3Dプリンティング」では、まだマイナーである金属3Dプリンティングに関して、その市場性・市場構造・主要技術方式等を解説するとともに、五つの価値提供パターンを定義する。それらには、システム全体の価値や性能の向上、個別部品の価値や性能の向上、製品のカスタマイゼーション、サプライチェーンの効率化、サービスおよびアフターマーケットの課題解決が含まれる。

第3章の「3Dプリンティングによる補修部品の将来」では、3Dプリンティングの具体的な用途として、補修部品こそ有望領域であることを業界調査をもとに説く。そのポイントは、製造コスト単体ではなく、在庫・物流を含むTCO(総所有コスト)を見ることであり、その先には、部品ではなく「3Dデータ」を販売するという新しい製造業の形を見据える。大量生産によって金型投資等を回収し採算化する—産業革命以降長らく常識だったこの製造業の考え方に一石を投じる。

終章の「日本における3Dプリンティングの活用に向けて」(日本独自記事)では、日本において3Dプリンティングが欧米中ほど普及していない理由を踏まえた上で、今後の検討・導入に向けた視点を4つのステップで解説する。ここでは、3Dプリンティングの採用を目的化することなく、3Dプリンティングの価値を正しく理解し、軽量化などの「競争力強化」および在庫コスト削減などの「事業課題解決」に適切に採用することの重要性を説く。

第1章

3Dプリンティングのビジネス価値

3Dプリンティングは、3次元のデジタル表現に基づき、物体を層に分けて印刷する製造方法である。この印刷プロセスにはさまざまな材料やインクが使われる。最も多いのはプラスチックポリマーや金属で、最近ではガラスやセラミックもある。3Dプリンティングは、縦横のバリューチェーンのデジタル化と統合、製品やサービスデジタル化、デジタルビジネスモデルや顧客アクセスなどにおいてその価値を最大限に活用できると見られている。

また3Dプリンティングは、マス・カスタマイゼーション、生産コストの最小化（市場が極めて予測不可能な場合）、総所有コスト（TCO）の削減という点では、実現技術としてさまざまな機会をもたらしている。さらに、現地生産への動きが輸入税の減少につながる可能性もある。では、ビジネスモデルの変化、活動の地理的拡大、製品の流れの変化が、税務ポジションにどのような影響を及ぼすのだろうか。

無敵の潜在能力

初めて3Dプリンティングが注目を浴び始めたころ、それは主にプロトタイプ（試作）に用いられていた。だが今では、最終製品に使われることが増えてきている。通常の生産技術の補完技術とみなされる場合もあれば、それが複雑な製品を組み立てられる唯一の方法という場合もある。加えて、3Dプリンティングは、新たな業界や地域でのサービス提供や新製品の試作のために生産能力の拡大の必要がある場合に、低リスクで費用対効果の高いソリューションと見ることもできる。まとめると、3Dプリンティングの重要な利点としては、一般に次の5つが挙げられる。

1. 設計上の制限がない：3Dプリンティングは、複雑性が増すとコストがよりかかるといった、従来のような製造上の制限を心配する必要がなく、ただ機能に基づいて製品を設計することが可能である
2. 3Dプリンティング技術によって、複雑な形状の製

造が技術的に可能になり、費用対効果も高い。

3. バッチサイズは最低1個から：製造されるどの部品もコストは同じなので、大きなバッチサイズでなければ製造できないという縛りが無い。
4. 使用場所、またはその近くで生産できるようになるため、生産の柔軟性が高くなる。
5. 循環経済を推進：生産工程では、材料を取り除いていくのではなく足していくので、廃棄物を最小限に抑えられる。

現在のビジネス価値とビジネスモデル

では、現在、ビジネス価値はどこで生み出されているのだろうか。プロセスという観点では、新しい部品や製品を商品化するまでの時間を大幅に短縮でき、製品イノベーションのスピードを著しく向上させることができることは明らかである。スペア部品や特殊な機械設備は必要に応じていつでも入手できるため、現場の資産や機械類のメンテナンスも簡単である。さらに、製品や部品を一度にプリントでき、部分組立品の必要もないため、組み立て時間が短縮され、機械設備コストも減少する。

かつては複数の部分組立品が必要だったが、今や3Dプリンティングのおかげで、製品を一度でプリントし、最適な設計ができるようになった。それが、ビジネスにとってのコストの削減、複雑さの軽減につながっている。平均的な3Dプリンティング製品は、製品寿命期間におけるエラー率が低いだけでなく、製品寿命も長い。また、最低1単位から生産できるため、マス・カスタマイゼーションが可能になる。迅速な試作とテストが可能になることにより、効率的で最適な設計ができ、顧客の意見を新製品開発に、円滑かつ組織的に取り入れることが可能になる。

結局のところ、3Dプリンティングでビジネスを立ち上げようとするなら、総所有コストがその企業のキャッシュフロー全体、すなわち研究開発から販売後にまで及ぼす影響を考えることが不可欠である。



3Dプリンティングの舞台を、研究所から役員会へと移す時がきた

新しいビジネスモデル

すでに3Dプリンティングによって可能になった新しいビジネスモデルはいくつかあるが、受注生産品を費用対効果の高い方法で大量生産できるというのはそのひとつである。またサプライヤーと顧客の共創というビジネスモデルもある。これには、サプライヤーが3Dプリントされた製品のユーザーから関連データを入手できるという追加のメリットもある。顧客サービスの向上や、製造工程段階の短縮、冷房費の削減、メンテナンス手順の簡素化といったサプライチェーンの向上が期待できるため、3Dプリンティングを応用した製品のライフサイクル管理は非常に注目を集めるようになってきている。また、3Dプリンティングを利用したソリューションを提供するサービスプロバイダーになろうとする企業も増加している。

今後、3Dプリンティングの全体的な発展をけん引するのは、基礎技術の進歩だけでなく、既存のビジネスモデルに3Dプリンティングをどれだけ統合できるかという点である。PwCでは独自の市場モデ

ルを作成し、とりわけ部分ごとに詳しいコスト分析を行い、3Dプリンティングが企業活動にとって商業的に意味があるのかどうかを示す初めての試みを行った。

成長率

こうした3Dプリンティングによるビジネスは、具体的な数字でみるとどうなっていくのか。PwC Strategy&による最新の調査によると、現在3Dプリンティングの大きな成長期に突入しつつあることが分かる。3Dプリンティングの製品や技術の工業市場は2030年までに226億ユーロにまで成長すると予測されている（図表1参照）。年間の潜在成長率が最も大きいのは航空宇宙（23%）、医療技術（23%）、次いで自動車（15%）である。現在3Dプリンティングを利用している製造企業は全体の18%だが、今後5年間で、全体の3分の1にまで増加すると見られている。したがって、利益が出るように自社のビジネスモデルに3Dプリンティング技術を統合し、製品ポートフォリオを戦略的に拡大するための

図表1
3Dプリンティングの成長：2030年までに226億ユーロに

年間の潜在成長率が最も大きいのは**航空宇宙**（23%）、**医療技術**（23%）、次いで**自動車**（15%）である。現在3Dプリンティングを利用している製造企業は全体の18%だが、今後5年間で、それは全体の3分の1にまで増加すると見られている。



宇宙航空産業

2015年： **4億3,000万ユーロ**
2030年： **95億9,000万ユーロ**



医療技術部門

2015年： **2億6,000万ユーロ**
2030年： **55億9,000万ユーロ**



自動車部門

2015年： **3億4,100万ユーロ**
2030年： **26億1,000万ユーロ**

出所：PwC



ドイツは付加製造技術についてオランダよりはるかに真剣に取り組んでいる。ドイツ市場は行動しているが、オランダは半分あるいは完全に眠っているような状態だ

Wilem-Jan van Loon (Beamlar)、オランダの3Dプリンティング企業

最適な方法を、もう考え始めなくてはならない。

航空宇宙産業における3Dプリンティングの世界市場は、2030年には95億9,000万ユーロに達する見込みである。2015年にはこの産業部門の中で、3Dプリンティングを使って製造された製品はわずか0.49%にすぎなかったが、2030年までに5.2%に増えると予想されている。最初に成長を牽引するのは3Dプリンティング技術の認証であり、その後は新しいプリント設計開発が中心となる。

医療技術部門の市場は、2015年には2億6,000万ユーロだったが、2030年には55億9,000万ユーロに増大するだろう。

自動車部門の市場は、2015年には3億4,100万ユーロだったが、2030年には26億1,000万ユーロに拡大すると想定されている。この産業では、今まではプロトタイプの開発に重点が置かれてきたが、これからは、少量だけ必要な部品をメーカーが自社でプリントし、既存のサプライチェーンを使うよりも時間とコストを節約できるようになると考えられる。

課題に立ち向かう

こうした予測を実現させるには、多くの企業が、3Dプリンティングの応用や小規模の実験・実行を追い求めるだけでなく、そこからさらに踏み出す必要がある。過去のレポートでもPwCが指摘した下記5つの大きな課題は、今日においてもなお当てはまる。

1. ビジネスケース

第1の課題は、この技術を導入するのに適切なビジネスを立ち上げるのに最もよい方法を知ることである。つまり、そのビジネスで得られそうな投資利益(ROI)を実際に予想するのである。これまでの経験からみると、範囲が狭すぎると、ビジネス立ち

上げ活動はたいてい失敗に終わる。製品寿命だけでなく、バリューチェーンとサプライヤーの存続期間も含まれているかどうか成功の決め手となる。また、顧客側で3Dプリンティングを応用したビジネスを立ち上げることは特に難しいことがある。

2. 協力

第2の課題は、3Dプリンティングの業務を単独で開始するか、それとも他者との共同チームに参加するかどうかを決めることである。後者の方法を採用すると、知的財産(IP)に関するさまざまな問題が発生してくる。

3. 知的財産

この第3の課題に対する答えはおそらく、法的枠組みの新規構築あるいは改定を求めることだろう。企業が3Dプリンティングビジネスに乗り出そうとするとき、知的財産(IP)法の近代化が、企業に法的安定性を与えるのは確かである。PwCの最新の調査によると、サプライヤーは3Dプリンティングの品質、成熟度、技術的な実行可能性、および自社の技術的な専門知識のレベルについてまだ疑問を持っているが、顧客の容認度や著作権の問題については、驚いたことに、それほど懸念していない。企業は今なお伝統的な考えにとらわれ過ぎているようである。今後は、実際の部品ではなくIP(データ)を販売することになる。IPの管理方法は、メーカー、サプライヤーのどちらもまだそれほど懸念していないが、この点こそが最大の問題とみななければならない。

4. リスク要因

第4の課題は、製造責任とデータ保護に関するリスクを明らかにすることである。部品の完全性とメンテナンスエラーの責任者は誰か。3Dプリントで作成した部品は、どの安全性基準を満たすべきか。データやプロセスを悪意ある介入からどう保護す

るべきか。ここでも、立法者や認証組織は、その基準をもう一度検討し、法的枠組みや指針、あるいは最優良事例を示して、3Dプリンティングイノベーション戦略において企業をサポートする必要があるのは言うまでもない。

5. 内部組織

最後の課題は、社内の人々に、3Dプリンティングがもたらす新たなビジネス機会をしっかりと認識させることである。社員には、このテーマについて学習

し、現在の応用法の先を見るよう促す必要がある。設計、ビジネスモデル、提案についての今の考え方を放棄すれば、カスタマイゼーションや共創について、かつてないほど大きな可能性が、手を伸ばせばすぐ届くところにあることに、社員は気付いているだろうか。

データ保護

企業にとって、サイバー攻撃の脅威は今なお大きな問題である。PwCの「グローバル情報セキュリティ調査2018 (GSISS)」によると、多くの企業は、自動システムやロボットシステム (3Dプリンティングシステムも含む) への巧妙なサイバー攻撃によって重大な影響が生じる可能性を認識している。よくあるのは業務の混乱や機密データの漏洩だが、3Dプリンティング技術

を攻撃に利用されることもある。具体的には、サイバー攻撃によって、3Dプリンティングで作られた製品の品質に影響を与えたり、3Dプリンティング技術を利用して生産施設などの物理的資産に損害を与えたりといった脅威である。さらに例を挙げると、3Dプリンティングシステム内への侵入によって、攻撃者が製造方法の製品仕様を変更し、製品の品質を変えてしまうこと

もできる。3Dプリンティング技術そのものが攻撃されると、機械の設定やセンサー信号が変えられ、モーターが制御不能になったり、プリンター部品がオーバーヒートしたりすることもある。3Dプリンティング技術の実施には、脅威分析と強力なサイバーセキュリティ対策が必要である。

“Business value of 3D printing” from the report “Beyond prototyping: accelerating the business case for 3D printing”, November 2018, PwC

第2章

金属3Dプリンティング

コスト差の縮小と価値創出

エグゼクティブ・サマリー

3Dプリンティングは、いたるところで想像力をかき立て、今やプラスチック部品製造の主流になりつつあるが、金属部品の大量生産にはまだ至っていない。しかし、この状況は急速に変わっていくと考えられる。金属の3Dプリンティングは、既存の数多くの製造工程から、デジタル時代における金属製品製造方法の根底をなすだろうと私たちは見ている。

付加製造 (Additive Manufacturing) とも呼ばれる3Dプリンティングは、製造業全体に対して、途方もなく大きな潜在能力を秘めている。製品を必要に応じて使用場所で作ることができ、しかも材料をきわめて効率的に使うことができる。3D市場で金属の占めるシェアはまだごくわずかだが、年平均成長率は20%と予想されている。これは、成熟したプラスチック市場の2倍のスピードであり、従来の製造業よりも速い。

今のところ3Dプリンティングの主要な用途は、高速試作品、金型、補修用部品の製造だが、先進企業の間では、その技術についての考え方が変わりつつある。従来の製造技術に代わるものというだけでなく、それによってサプライチェーンを再設計し、大きな価値を引き出そうとしている。また、増産する場合も3Dプリンティングは費用効果が高く、大量のニーズに応えることができると考えられている。

現在、主要な金属3Dプリンティング技術としては、パウダーベッド方式、デポジション方式、バインダージェット方式の3種類があるが、いずれも成熟度や能力の程度は異なる。私たちは、今後、独自の粉末合金を開発する材料サプライヤー、機械メーカー、ソフトウェア・サプライヤー、3Dプリンティングから価値を得る方法を企業に提供するサービス事業、そして3Dプリンティング機械のオペレーターなど、これまでとは全く違った金属3Dプリンティングのサプライチェーンが登場すると考えている。

サプライチェーンに対する3Dプリンティングのメリットの中でも、最適な機能設計を行い、材料特性を活かす3Dプリンティングの潜在能力が注目される。例えば、3Dプリンティングは部品を大幅に軽量化し、部品点数を減らすことができるため、3Dプリンティング製造部品を採用するシステム全体の性能を向上させることができる。

従来、こういった金属の価値提供は、複雑な少量の部品を対象としていたが、PwCの分析によると、設計コストが比較的安く、大量生産する簡単な金属部品についても、同じ経済性があてはまることが分かった。3Dプリンティング技術を単独の生産工程以上のものとして考えると、経済的にこれまでよりはるかに好ましいものに見えてくる。

金属3Dプリンティングが経済価値をもたらす分野として、5つが想定される。それらには、システム全体の価値や性能の向上、個別部品の価値や性能の向上、製品のカスタマイゼーション、サプライチェーンの効率化、サービス及びアフターマーケットの課題解決が含まれる。

金属3Dプリンティングはまだ相対コストが高いため、本稿では、2種類の航空機部品について、従来製法のコストと3Dプリンティングのコストを比較分析し、経営者が3Dプリンティングをサプライチェーンに組み込む上で考慮すべき戦略課題を幾つか提示する。

金属3Dプリンティングの明るい未来

3Dプリンティングにはこれまで10年以上にわたって、メディアや製造業者から熱い視線が向けられてきた。付加製造、いわゆる3Dプリンティングは、使用するその場所で必要に応じて製造することができ、しかも、材料の効率的な使用や製品やシステムの設計を最適化を実現するなど、従来の「減法的な」製造ではできないようなさまざまな方法で、多くの可能性を示していた。

3Dプリンティングの市場規模

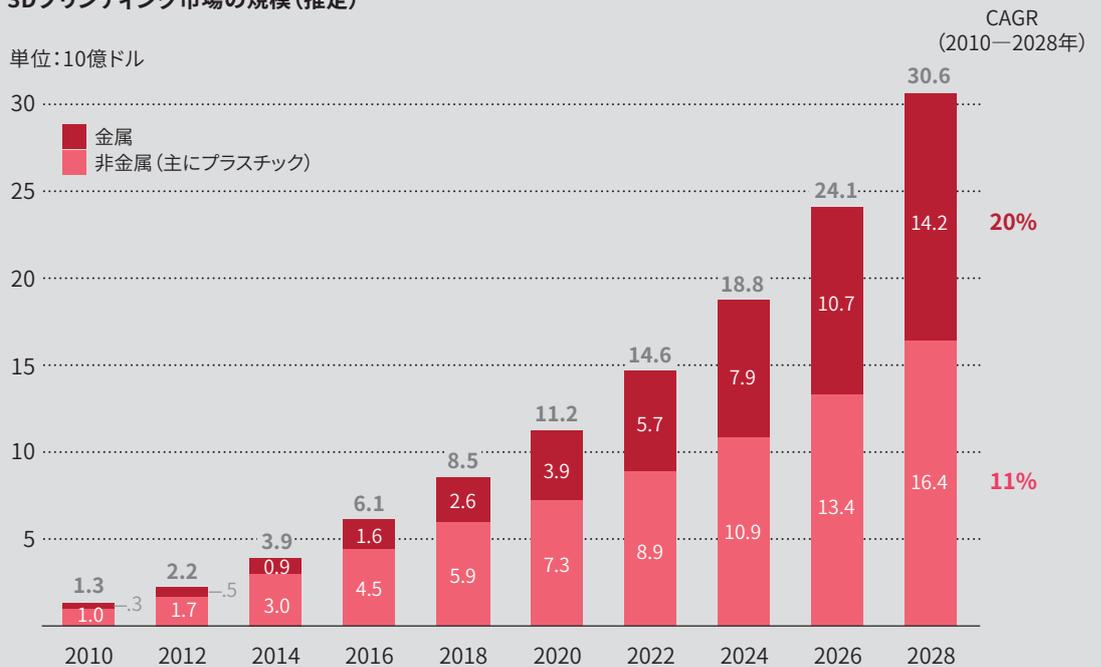
プラスチックと金属（機械、粉末、サービスも含む）における全ての3Dプリンティング活動の2018年の市場は、85億ドルだった（図表1参照）。そのうちの金属の割合は約26億ドルで、今後20%の年間成長率で伸びていくことが予想される。これはプラスチック市場の2倍のスピードであり、従来の製造業より速い。金属3Dプリンティング市場はまだ揺籃期であり、幅広い導入はまだ始まったばかりである。

だが、その付加価値は途方もなく大きい。航空宇宙や防衛、医療／歯科治療、工業製品、自動車などの産業で、現在使用可能なツールと技術を使って付加的に製造された場合の部品の価値の総額は5000億ドル近くにのぼり、現在上記の産業で生産されているあらゆるものの価値の総額の約4分の1にあたる。

図表1
金属3Dプリンティング市場の成長速度は、プラスチック3Dプリンティング市場の2倍

3Dプリンティング市場の規模（推定）

単位：10億ドル



注：「金属」には、金属添加機械、金属粉末材料、金属部品や製品のための設計および製造サービスが含まれる。

出所：Wohlers Report 2017、PwC Strategy&分析

この考え方は、鍛造、鋳造、射出成型、機械加工など、従来の生産技術に代わるものとして広く受け入れられている。3Dプリンティングの部品は少量で非常に高精度で作られるものが多く、航空機用のエンジンや医療・歯科治療用のインプラントといった実例を挙げる事ができる。

しかし、これまで3Dプリンティングの実用的な用途としては、高速試作品、金型、補修部品の製造がほとんどだった。しかもその材料はプラスチックやポリマーが多い。金属、ガラス、セラミック、バイオ材料、複合素材を使うことは技術的、経済的に難しく、そのためこうした材料を使う3Dプリンティングの技術は遅々として進んでいなかった。

だが実は、大半の製造業にとって、この技術は、今後そのサプライチェーンを土台から変えてしまう潜在能力を持っている。特に金属部品の大量生産においては顕著である。

現在、先進企業の間では3Dプリンティングに対する見方が変わりつつある。従来の製造技術に代わるものというだけでなく、それによってサプライチェーンを再設計し、大きな価値を引き出そうとしている。また、増産するのにも3Dプリンティングは費用効果が高く、大量の市場ニーズに応えることができると考えられている。

本稿では、経営者が3Dプリンティングの価値について今より広い視野を持てば、あらゆる製造分野において、進歩を加速することができるし、またそうなるだろうと述べている。以下に示す製造業のシナリオで、3Dプリンティングがバリューチェーンをどう変えられるかを具体的に説明する。

3種類の主要な3Dプリンティング技術

現在の市場では3種類の金属3Dプリンティング技術がそれぞれ異なる成熟段階にある。

最も広く使われているのがパウダーベッド技術である。金属粉末の層が溶けて最終部品になるため、質の高い表面仕上げができる。より大きな部品をプリントできるマルチレーザー機械などの高速機器の導入により、パウダーベッドの能力は高まっている。

デポジション方式は現在、急速に進歩しており、大きな注目と多額の投資を集めている。この技術には非常に大きな潜在的メリットがある。すなわ

ち、どんなサイズの部品でも生産でき、高速でレイダウンを行い、入手が容易な針金などの低コストの材料を使用でき、既存の部品に機能を加えることができる。自動車の車両フレームや航空機の大型の内部構造にはこの方式が適している。

最近開発されているのがバインダージェット技術である。これはインクジェット印刷やプラスチックの3Dプリンティングと類似した方式で、金属粉末を結合剤に投入する。バインダージェットは、現在パウダーベッド方式で製造されているものより大きく複雑なさまざまな部品の生産を（従来の製造方法や上記の2つの3Dプリンティング技術に比べて）10倍スピードアップする力がある。

金属3Dプリンティングのバリューチェーンの各セグメントも急速に進化している（図表2参照）。例えば、原料サプライヤーは、独自の粉末合金や、より高度な粉末製造プロセスを開発し、原材料の種類やコストの幅を拡大している。機械メーカーは、機械の規模、速度、効率性、精度を向上させるために、イノベーションに取り組んでいる。ソフトウェアのサプライヤーは、より高度な自動変換ソフトを開発中である。

一方、3Dプリンティングの需要を後押しするため、エンジニアリングサービスや製造サービスなどの事業が登場しており、市場最大のセグメントのひとつになる可能性もある。金属3Dプリンティングはまだ黎明期なので、現在の3Dプリンティング機械オペレーターは、従来からの製造元や商社ほとんどである。だが、特殊3Dプリンティング企業は、どうすれば3Dプリンティングビジネスを構築できるかの検討を始めており、研究や潜在投資が3Dプリンティング受託生産の成長を促進している。

しかし3Dプリンティングがコスト競争力と大量生産を両立できるようになるのはまだ先のことである。バリューチェーンのどのセグメントのプレイヤーも、その事業プロセスを最適化するため、一層の努力を払わねばならない。

3Dプリンティングの提供価値： 5つの注目ケース

3Dプリンティングがサプライチェーンにもたらすメリットは多く挙げられる。例えば、新製品の市場

投入までの時間の短縮、サプライチェーンの効率化、オンデマンド生産、在庫の削減、材料浪費の削減、高速試作と再設計の自由度などである。だが、機能設計を最適化し、材料特性を活かすという、この技術の重要な潜在可能性については、それほど知られていない。例えば、3Dプリンティングは部品の重量を軽くし(場合によっては70%も軽量化できる)部品の数を減らすことができるので、3Dプリンティング製造部品を組み立こんだシステム全体の性能が向上するのである。

今まで、こうしたタイプの金属の提供価値は、複雑な少量の部品を対象としていたが、私たちの分析によると、設計コストが比較的安く、大量に生産する簡単な金属部品についても、同じ経済性があてはまることが分かった。例えば、航空機産業や医療機器産業では、「安価な」部品でさえ、大量生産の自動車

産業で用いる同様の部品より高いことが多い。

新技術はどれもそうだが、幅広く導入しようとすると、初期投資コスト、技術的な成熟度、組織の抵抗、データセキュリティのリスクなど、いくつかの障害がある。多くの場合、金属3Dプリンティングのコストは、まだ従来の製造技術の代わりになれるほどではない。非常に複雑な少量の部品の場合でも、それはしかりである。

私たちは、3Dプリンティングは非常に大きな市場価値を引き出すことができるし、またそうなるだろうと考えている。3Dプリンティングの経済性は、この技術を単独の生産工程以上のものとして考えると、これまでよりはるかに魅力的に見えてくる。以下に、影響の高いものから低いものまで、革新的な提供価値を示している。

図表2
3Dプリンティングが大量生産でもコスト競争力を持つためには、バリューチェーンのすべてのプレイヤーが事業プロセスを最適化しなければならない



出所:PwC Strategy&

- システム全体の価値と性能の向上:**システム全体（例えばGE製先進型ターボプロップエンジン）を再設計し、部品点数や軽量化やシステム性能を、限りなく複合的に向上させる。しかし、製品ライフサイクルのタイミング、産業規制、巨額の先行投資を考えると、システムの全面的な再設計は導入が非常に難しい。
- 製品のカスタマイゼーション:**カスタマイズした個別の患者用の医療インプラントなど、少量で処理時間の短い特定用途に合わせた新しい利用。3Dプリンティングは受注組立や受注仕様生産だけでなく、部品レベルのカスタマイゼーションも実現する。
- サプライチェーンとオペレーションの効率化:**サプライチェーンを再構築し、使用現場（生産ラインなど）での需要に対応し、物流全体を軽減し、発注から納品までの時間を短縮し、不測の需要に応え、即時の変更対応ができるようになる。3Dプリンティングは即時対応を可能にする。
- 個別部品の価値と性能の向上:**医療用インプラントや航空機用ブラケットなど、個々の部品や個別化した部品を対象とする。3Dプリンティングは、一部の特定用途については、より最適な部品設計（軽量化、性能向上など）、迅速な導入、デリバリーコストの削減が可能である。

図表3
産業によって異なる3Dプリンティングの価値

産業	革新的な提供価値の例	革新的な提供価値				
		システムの価値	部品の価値	カスタマイゼーション	サプライチェーン	アフターマーケット
自動車	パワートレインを再設計して効率性を向上させる システムを再設計して性能を向上させる 車両部品を再設計して軽量化をはかる 特殊な改造用部品を製造する	●	●		●	●
医療	新しい革新的な製品のために最適な設計をする 組織内で独自の部品を迅速に製造する オペレーション拠点を統合する		●	●	●	
産業財	独自の改造用部品を現場でプリントすることで、使用可能時間を増やし、オペレーション拠点を減らす 独自の部品やカスタム部品を社内で製造する 複雑なシステムに最適な設計を行う	●		●	●	●
航空宇宙・防衛	システム設計全体を最適化し、性能を高める（重量、飛行時間など）一方で、部品点数を減らし、組み立て時間を短縮し、複雑さを軽減する 予備部品や簡単な部品を社内、現場、オンデマンドで製造し、サプライチェーンを効率化する	●	●		●	●

● 主要な提供価値 ● 二次的な提供価値

出所: PwC Strategy&分析

- サービスとアフターマーケットの課題解決:** 需要の現場の近くで補修部品をプリントできるため、在庫陳腐化の懸念や供給基盤の消失に対応できる。3Dプリンティングは販売後も長く続くサポートのニーズを効率的に管理する実用的なソリューションとなる。すべての提供価値が、すべての産業や製品に同

じ価値を持つわけではない。例えば、製品のカスタマイゼーションは、医療・生命科学やニッチ産業の特定用途に特に適しているが、システム全体の価値は、航空宇宙・防衛産業や、自動車産業の中の一部の高級セグメントによく見られるような、価値の高い少量の製品に適用されることが多い(図表3参照)。



3Dプリンティングの経済性は、この技術を単独の生産工程以上のものとして考えると、これまでよりはるかに魅力的に見えてくる

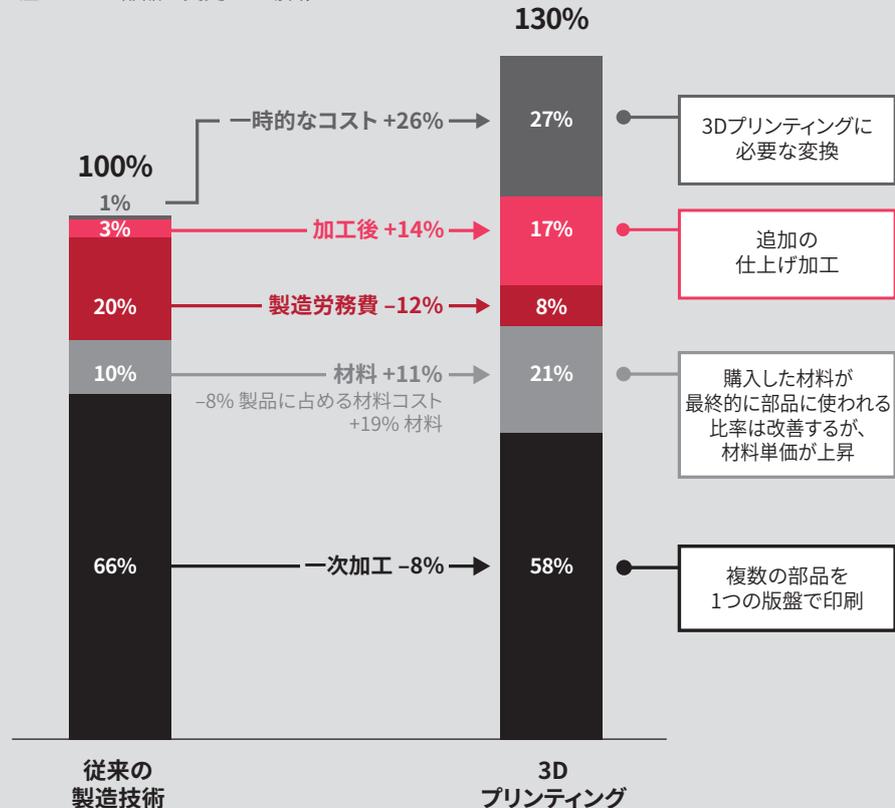
現在と未来の経済価値

現在、従来の製造方法に比べて金属3Dプリン

ティングはコストが高い。特に、3Dプリンティングのために再設計したり部品を変更したりするコストを計算に入れると高づく。だが3Dプリンティングの

図表4
設計が最適でない3Dプリンティングのコストはあまり安くならない

航空機向けチタンを機械加工したブラケットのコスト
(1,000個生産するため部品を変更した場合)



出所: PwC Strategy&分析

導入が増えると、材料費は減り、印刷技術は向上するため、多くの部品にとっては、従来の製造方法との差が縮小する。私たちは、2種類の航空機の部品について3Dプリンティングのコストと従来の製造方法のコストを比較した(図表4および図表5参照)。

図表4では、中程度に複雑な機械加工によるブラケット1,000個の生産コストを比較している。これは簡単な部品の変更である。その部品を3Dプリンティングに変更するために一時的なコストがかかるが、3Dプリンティングの能力に最適な設計になっていない(即ち、軽量化のために材料の量を最小限に抑えるなど)。この例では、3Dプリンティングと従来の機械加工のコストは似ている。だが、量が少なければ、一時的な設計変更コストのせいで、3Dプリンティングは約30%高くなる。

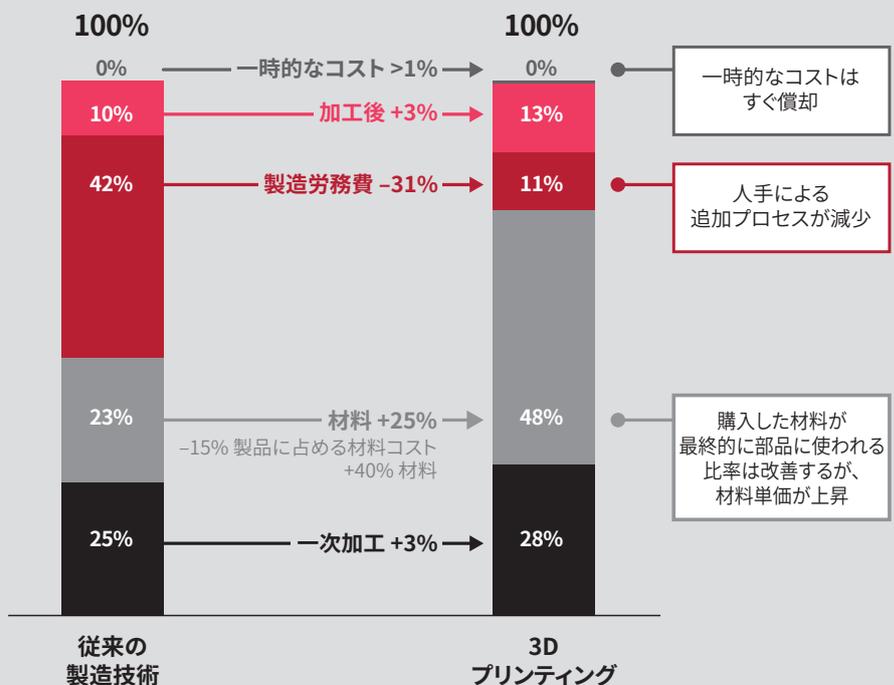
図表5は、3Dプリンティング用に完全に再設計された簡単な航空機用アルミシート金属ブラケットを

示している。航空機にはこうしたブラケットが何千も使用されている。コストはたいてい1個当たり50ドル超で、合計すると年間生産額は大きい。再設計にかかるコストは、何千個もの生産で償却されるため、こうした簡単な部品では3Dプリンティングと従来の製造方法のコストはほぼ同じになる。製品に占める材料のコストが低く、人手による労働が減る(高度な自動プロセス、段取り時間がきわめて短く、オペレーター操作が限定的)などのメリットがある。こうしたメリットは、材料コストが高額なためある程度は相殺されるが、材料コストは急速に低下しつつある。

一般に、簡単な部品ほど再設計しやすく、今でも3Dプリンティングの費用効果を高めるとともに、製造業者が3Dプリンティングの最適な使用法を学ぶ機会にもなる。だが、ほとんどの製造業者はまだこのように3Dプリンティングのメリットを探求しては

図表5
部品を全面的に再設計すると3Dプリンティングのコスト差は縮まる

航空機用アルミシートの金属ブラケットのコスト
(200万個を生産するため部品を再設計した場合)



出所: PwC Strategy&分析

図表6
3Dプリンティングに合うように航空機用ブラケットを再設計した場合



出所：PwC Strategy&分析

いない。技術が成熟すればコストは低下し、より複雑で生産量の低い部品についても、3Dプリンティングの競争力が増してくることになる。

たしかに、高額で複雑な生産量の低い部品でも、すでに3Dプリンティングを使って成功している例が数多く見られる。こうした成功例については、製品ライフサイクル全体の経済性を考慮しなければならない。つまり、その部品が組み込まれるシステムの性能向上に対して3Dプリンティングはどれほど貢献しているか、ということである。アルミシート金属ブラケットの場合、部品の再設計と最適化により、重量は40~50%軽くなるため、大量生産されたナローボディ航空機1機につき、5年間で7億ドルの燃料が削減できる(図表6参照)。さらにこの考え方を進めていくと、3Dプリンティングで製造した以前より少数の部品を、スリム化した工程で組み立てた場合、大型航空機1機種を生産から終了までの間に、合計100億~200億ドルを削減することができる。

金属加工の新しい経済モデル

3Dプリンティングについてはまだ実験段階というメーカーがほとんどである。既存の生産設備に3Dプリンティングを組み込むべきなのか、できるのか、まだはっきり分かっていない。移行は簡単ではない。戦略的な全社的判断が求められ、組織全体の調整が必要になる。それは、企業がどの投資先を選択するか、どの程度革新的な考え方を持っているか(あるいはそうした考え方を迅速に持つようにな

れるか)、リスクを予測する能力があるか、といった面にも影響する。

製造業のリーダーが考えなければならない喫緊の課題には次のようなものがある。

- どのような種類の部品を3Dプリンティングで製造できるか。その経済的メリットは?
- 事業戦略やオペレーティングモデルに対する3Dプリンティングの影響は?
- 3Dプリンティング戦略を一元管理するか、各事業部門に分散するか?
- 部品やシステムを誰が実際に生産するか(OEM、部品サプライヤー、サービス事業者)?
- サプライチェーン構造に対する3Dプリンティングの影響は?
- 考慮すべき法的要件や克服すべき障害は?
- 最善のスタートを切るには?

企業は3Dプリンティングへ移行する前に、最大の経済的メリットを期待できるのはどこかを、まず理解しなくてはならない。いわゆる3Dプリンティング経済性診断モデルが必要になる。これは簡易的な診断ツールで、企業の経営陣はどの種類の部品に3Dプリンティングを使うのが一番よいか、すぐにリストアップすることができる。同時に、メーカーは最適な3Dプリンティングのオペレーティングモデルの設計方法について、一歩下って戦略的に考える必要がある。その一環として、新しい技術を従来のビジネスモデルに取り入れるのに必要な、企業のケイパ

ビリティを特定することが求められる。

金属3Dプリンティングは今後も進展を続け、製造業はこの技術をバリューチェーンの根源的かつ不可欠な部分として受け入れることになるだろう。その日は刻一刻と近づいている。そうなれば今でも見られるように、さらに多くの価値を引き出すことができ、やがては製造方法を根本から変えてしまうだろう。

Metals 3D printing: Closing the cost gap and getting to value, by Eric Dustman, Kareem Elwakil, Miguel Smart, June 6, 2019

第3章

3Dプリンティングが創る補修部品の未来～その課題と機会～

エグゼクティブサマリー

補修部品の製造・保管・出荷ビジネスは、これまで長い間、サプライヤーだけでなく、その顧客にとっても、時間とお金がかかる多くの問題をはらんだ頭痛のタネであり続けてきた。まれにしか注文のない部品の在庫を維持することは非常に高くつくので、単純に部品供給をやめてしまうサプライヤーも少なくない。そのため、顧客は部品在庫を自分で大量にかかえるか、別の第三者メーカーに頼らざるを得なくなる。

だが、3Dプリンティングの到来により、状況は一変しようとしている。これまで長い間新製品のプロトタイピングに使われていたこのAM技術（Additive Manufacturing 技術）のおかげで、サプライヤーはオンデマンドベースで部品の製造・出荷を行うことができる。しかも、それを現地で、つまり部品を必要としている場所の近くで行えるのだ。あるいは、顧客企業がサプライヤーを介さずに、自社の部品の在庫を自分で3Dプリントするという選択もできる。

Strategy&が2015年後半に、ドイツの事業会社38社を対象に行った調査によると、回答者は、「補修部品事業で3Dプリンティングが大きな役割を果たすようになる」という質問に「そう思う」と回答していた。だが、回答者全員が3Dプリンティングから得られるすべての利点に気付いているわけではなかった。本レポートでは、調査から明らかになった9項目の重要な結果を分析する。

3Dプリンティングの成長

3Dプリンティングという名称の方が広く認知されているAM技術は、30年以上前に始まった。以来、進歩を遂げ、2015年には市場規模が51億ドルに達する技術に成長した。2016年のWohlersレポートでは、過去4年間の平均年間成長率が30%と見られている。

ガートナーの調査によると、3Dプリンターの年間出荷台数は2016年には50万台だったが、2019年までにその数は約570万台に増加するという。この飛躍的な成長のひとつの理由は、3Dプリンティングが、従来の製造技術では生産できない複雑なデザインの製造を容易にすることである。この技術は過去5年で非常に成熟し、コストも大幅に低下したが、少量の複雑な部品を3Dプリンティングで生産することが経済的合理性を持つのは、それによりサプライチェーンの複雑さとコストが軽減される場合だけである。

従来の除去製造法は、原材料を除去しながら最終製品を生産していく。それとは逆に、3Dプリンティングは、製品を層ごとに積み上げていく方法である。このため「AM (Additive Manufacturing) 法」という名がついている。現在、商業で利用可能な3Dプリンティング技術は次の5種類である（図表1参照）。

- 選択的レーザー焼結法 (SLS: Selective laser sintering)
- 熱溶解積層法 (FFF: Fused filament fabrication)
- 光造形法 (SLA: Stereolithography)
- 選択的レーザー溶融法 (SLM: Selective laser melting)
- 電子ビーム溶融法 (EBM: Electron beam melting)

こうした技術はそれぞれ、材料や特定用途に合わせて設計されている。最もよく使われるのはSLS、FFF、およびSLAである。

3Dプリンターの大手メーカーは、3Dプリンティングサービスだけでなく、プリンター、エンジニアリングソリューション、原材料の供給もすべて水平統合されている。こうした部品やサービスをすべて統合することで、彼らは初期投資費用を低く抑え、顧客に安価なエントリープライスや、パッケージ化された製品・サービスを提供することができる。こうして、大手メーカーは3Dプリンティング事業を取り巻

現在、補修部品の
サプライヤーは顧客のニーズに
応えられていない。実際に、
顧客の50%は
自社部品の3Dプリンティングを
検討したことがある。

5年以内に
補修部品サプライヤーの
85%以上が、事業に
3Dプリンティングを
取り入れるようになる。

10年後には、
ドイツの補修部品サプライヤーは、
3Dプリンティングを
使うことで、年間の支出を
30億ユーロ削減できる。

企業は、今なお
従来の考え方にとらわれ過ぎている。
今後は、実際の部品ではなく
著作権を売ようになる。

企業はまだ、
3Dプリンティングの
補修部品によって得られる
すべての可能性に
気付いていない。

補修部品の
3Dプリンティングで成功を
収める鍵は、他社と提携関係を
組むことである。

現在、補修部品の
3Dプリンティング領域に
投資している企業は、
将来の持続的な競争優位を
獲得することができる。

3Dプリンティング普及に向けては、
その専門知識の欠如や、
技術の熟成(練磨)不足が、
主要な課題と考えられている。

半数以上のメーカーが、
第三者の補修部品サプライヤーに、
市場シェアを奪われるのではないかと
心配している。



図表1
3Dプリンティング技術

	レーザー焼結法 (SLS) と レーザー溶融法 (SLM)	熱溶解積層法 (FFF)	光造形法 (SLA)	電子ビーム溶融法 (EBM)
原則	レーザーを用いて、バルクの粉末原料を溶融または焼結させる (2Dのレーザープリンターと同様)	溶融高分子またはセラミックが正確に積層される (2Dのインクジェットプリンターと同様)	UVレーザーを用いて、液体状物質 (光硬化物質) の光重合反応を起こさせる	電子ビームを用いて粉末原料を溶融し積み重ねていく
原料	合金、ポリマー	ポリマー、セラミック	ポリマー (樹脂)	純金属と合金
解像度	20~50ミクロン			

出所: PwC Strategy&分析

くエコシステムを作り上げ、新しい競争者が市場に参入しにくいようにしている。

こうした統合サービスが、3Dプリンティングの需要急増の大きな一因だったのは間違いない。しかし、多くのメーカーや補修部品サプライヤーにとっては、より基本的な疑問が残っている。彼らは、どの領域で、どのように3Dプリンティング事業を始めればよいのか。そして、今後立ち上がる実際のビジネスケースはいかなるものになるか。

補修部品事業へのインパクト

Strategy&は2015年後半に、ドイツの補修部品の大手サプライヤーやバイヤー38社を対象に詳しい調査を行った。この中にはOEM部品サプライヤーと、第三者サプライヤーの両方が含まれている。さらに、調査対象企業の多くで、役員への面接調査も行った。その結果、補修部品産業における3Dプリンティングについて、次の9つの重要な調査結果が明らかになった。

1. 現在、補修部品のサプライヤーは顧客のニーズ

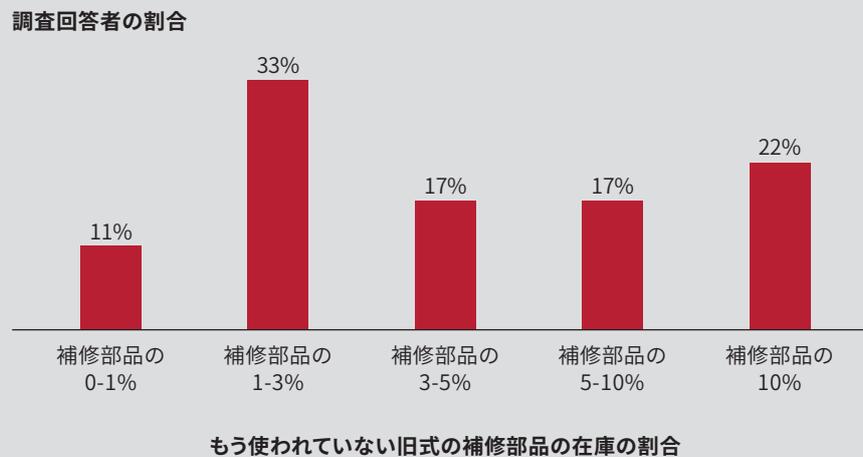
に答えられていない。顧客の50%は自社部品の3Dプリンティングを検討したことがある。

工業メーカーが製造する製品は、複雑で多数の異なる部品から構成されている。そうした部品の多くは、製品ライフサイクルのどこかのタイミングで交換されなければならない。また、そうした製品が使用される場所は世界中に散らばっている。顧客がある特定の補修部品を必要とする場合に、サプライヤーが安価なコストと高いサービスを両立させることは決して簡単ではない。顧客のあらゆるニーズに応えようとするれば、補修部品サプライヤーは、調達、生産、販売、顧客サービスからなる複雑なネットワークを適切に管理しなければならない。しかも、これらの要素すべてについて、次のような重要な戦略的判断を下す必要がある。

- 部品を製造するか、買うか
- 受注生産するか、見込み生産するか
- 部品をどこで製造するか
- どの程度のサービスを提供するか
- 部品の生産を続行するか、中止するか

図表2

貴社には、もう使われていない旧式の補修部品、または利益に貢献していない補修部品の在庫がありますか。



出所：PwC Strategy&分析

通常の生産方式なら、補修部品のサプライヤーは、サービスレベルとコストを天秤にかけなければならない。事実、調査回答者の22%は、在庫の補修部品の10%以上はもう使われていない旧式のものか、または利益に貢献しないと答えており、回答者の半数以上は、補修部品の在庫の3%以上が赤字を招いていると考えている(図表2参照)。

その結果、企業が生産を中止にする補修部品は年々増加している。見込み生産方式から受注生産に転換したものもある。こうすれば在庫費用は軽減されるが、受注から納品までのリードタイムが長くなり、サービスのレベルが低下する。調査に回答したサプライヤーの74%が、「サービスのレベルが低下すると、機会費用だけでなく、実質費用も生じる」という設題に「そう思う」と回答している(図表3参照)。

補修部品の顧客は、このような様々な問題や費用負担をかかえているため、補修部品購入企業の47%が、自社部品を3Dプリンティングで作ることを検討したことがあると回答しているのは驚くに当たらない(図表4参照)。だがそんなことをしていると、自社の中核となるケイパビリティから協道にそれることになるかもしれない。回答者の5%は、実行可能性を調べたが、実行しなかった。また、自社で3D

プリンティングをすることをまったく検討しなかったという回答者も47%いた。しかし多くの回答者は、サプライヤーが補修部品の生産を中止せず、サービスのレベルを上げてくれる以外に、ほとんど選択肢がないと感じている。

これは何も、サプライヤーが顧客のニーズを無視しているというわけではない。調査したサプライヤーの45%が、3Dプリンティングのプロトタイプ段階を開始していた(図表5参照)。だが、多くのサプライヤーは、今なおこの技術の事業価値を過小評価している。調査回答者の約半数が、3Dプリンティングによって補修部品の総所有コストを減らせる可能性は低いと評価しており、同じく半数程度は、3Dプリンティングはまだアジェンダ(検討の俎上)になっていないと答えている。しかし、3Dプリンティングは間違いなくアジェンダとするべき対象である。

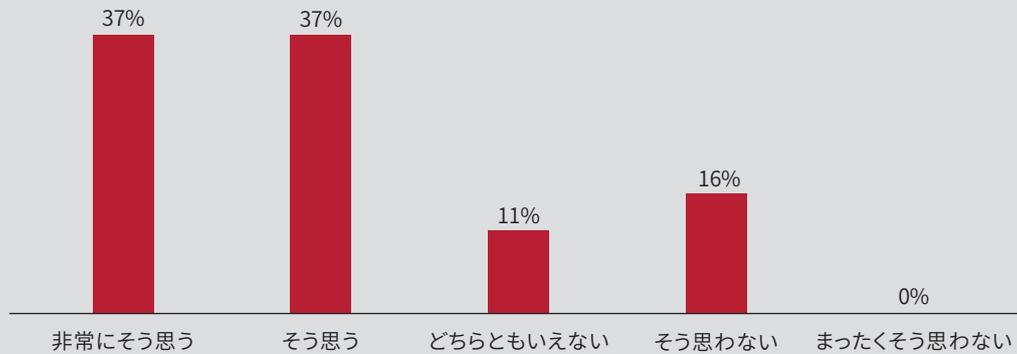
2. 5年以内に補修部品サプライヤーの85%以上が、事業に3Dプリンティングを取り入れるようになる。

「3Dプリンティングは補修部品市場を根本から変えてしまおう。現在では想像もつかないような方法で、複雑な部品を生産することができるようにな

図表3

リードタイム(受注から納品までの時間)が長いと、実質費用も機会費用も増大すると思いますか。

調査回答者の割合



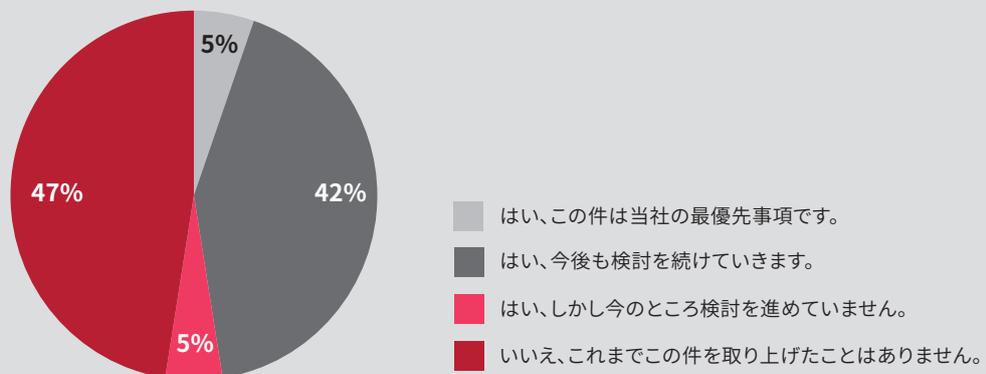
注:端数処理のため、パーセンテージの合計は100にならない場合がある。

出所:PwC Strategy&分析

図表4

顧客に対する質問:自社部品の3Dプリンティングの実行可能性を検討していますか。

調査回答者の割合



注:端数処理のため、パーセンテージの合計は100にならない場合がある。

出所:PwC Strategy&分析

る」(Constantin Jauck, Merck KGaA, Strategy&の調査)

3Dプリンティングは5年以内に、特定分野で広く使われるようになり、補助的な製造方法として、重要な位置づけを完全に確立するだろう。調査した企

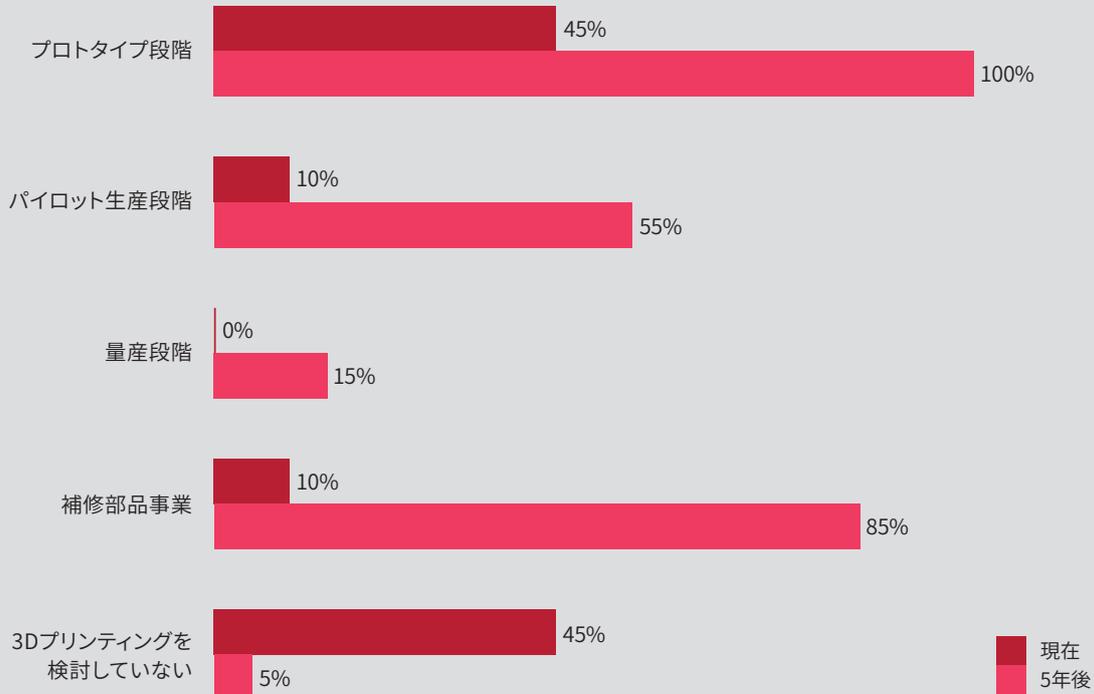
業はどこも、3Dプリンティングがプロトタイプを作るときの標準的な製造法になると回答した。また、補修部品サプライヤーの85%が、3Dプリンティングは、今後補修部品事業の中で主要な役割を果たすようになると断言している。

図表6の色分け図は、3Dプリンティングが主要な

図表5

3Dプリンティングは現在の貴社製品のライフサイクルのどこに適用できると思われますか。5年後にはどこに適用できると思いますか。

調査回答者の割合



出所:PwC Strategy&分析

製造技術になりつつある場所を示すものである。このデータははっきりとひとつの傾向を示している。すなわち、3Dプリンティングは、少量生産の部品、複雑な形状の大量生産部品、高性能の部品（オペレーションの効果や効率を高める部品）の製造方法を根本的に変えてしまいうだろう、ということである。さらには、3Dプリンティングには、特別なツーリング・設備が不要なので、企業は自社製品のライフサイクルのどの段階からでも、部品のプリントを開始することができる。

設計の変更によって、部品のカテゴリーが変わることもありうる。したがって、3Dプリンティングの可能性をフルに発揮するため、開発エンジニアは従来のような部品設計方法を変える必要がある（p.27「ケーススタディ：GEによる世界初の3Dプリンティングで製造した組立用のジェットエンジン用噴射ノ

ズル」参照）。

調査に回答した補修部品のサプライヤーは、現在3Dプリンティングで製造している補修部品は1%もないと回答している。ひと握りの先駆的企業だけが、補修部品事業で3Dプリンティングを実施し、成功させているにすぎない。まだテスト段階にある企業がほとんどである。

だが、補修部品のサプライヤーも顧客も、3Dプリンティングで製造される部品の数は、今後劇的に増加すると見ている。調査結果によると、5年後には補修部品の全サプライヤーのうち、85%がその事業に3Dプリンティングを取り入れるだろうと予測されている。中には、5年以内に、自社の補修部品の10～25%が3Dプリンティングで生産されるようになると予想する企業もあった（図表7参照）。

さまざまな企業の役員は、製品開発や補修部品

図表6

将来の3Dプリンティングの適用領域

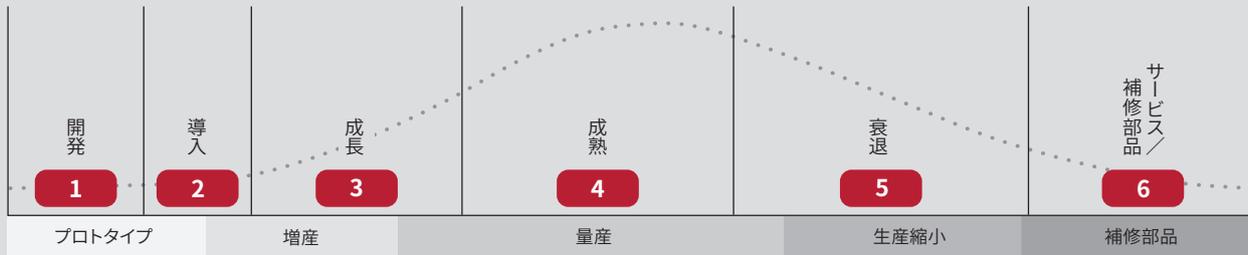
製品 ライフサイクル の段階	セグメント							
	大量				少量			
	簡単な 部品	組立	精密 部品	高性能 部品	簡単な 部品	複雑な 部品	高性能 部品 (精密さ)	高性能 部品 (重量/強度)
プロトタイプ・ ツーリング作成	■	■	■	■	■	■	■	■
量産 立ち上げ	■	■	■	■	■	■	■	■
量産	■	■	■	■	■	■	■	■
生産縮小	■	■	■	■	■	■	■	■
補修部品	■	■	■	■	■	■	■	■

精密部品: 精密なオペレーションを実現するため、厳しい公差要件をクリアし、正確に形状要件に適合する必要がある

性能部品: 稼働コストを下げ、製品寿命を延ばすために、高い強度と軽量化を実現する必要がある

- 大きな影響がある
- かなりの影響がある
- 影響が小さい
- 影響がない

製品ライフサイクル



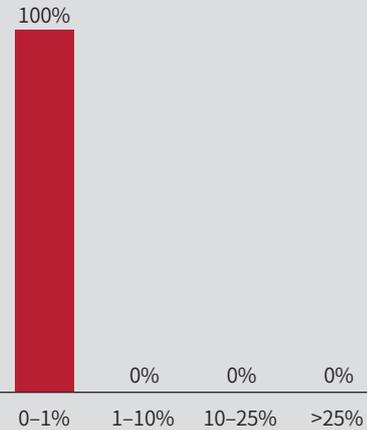
出所:PwC Strategy&分析

図表7

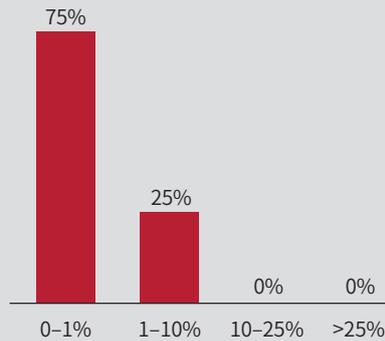
現在3Dプリンティングで生産している補修部品の割合はどのくらいでしょうか。
また、2年後および5年後予想される割合はどのくらいでしょうか。

調査回答者の割合

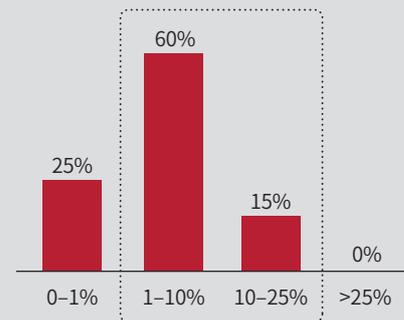
現在



2年後



5年後



出所:PwC Strategy&分析

のオペレーションに3Dプリンティングを取り入れたいと強く希望している。だが、3Dプリンティングがもたらすインパクトは、この技術を製品ライフサイクルのどの段階で用いるか、またどのような性質の部品に用いるかによって大きく変わってくる。

3. 10年後には、ドイツの補修部品サプライヤーは、3Dプリンティングを使うことで、年間の支出を30億ユーロ削減できる。

「補修部品の3Dプリンティングは補修部品事業に革命を起こすだろう。材料の使い方を変え、物流の無駄を省く一方、スピードと柔軟性が高まるだろう」(Michael Casper, Casper GmbH, Strategy&調査)

補修部品のプリンティングがオペレーションにもたらす利点は明らかである。第一に、3Dプリンティングによって、企業は、見込み生産から受注生産へ切り替えることができるため、企業が在庫として保有していなければならない補修部品の数を大幅に減

らすことができる。しかも、発注から納品までのリードタイムは現状維持、あるいは短縮することさえできる。機械設備の変更による生産の中断はほぼゼロに減る。また追加の機械加工が必要になっても、全体的な準備時間は大幅に短縮される。

第二に、部品を必要とされる場所で製造することができる。そのため、顧客が必要なときに部品を確実に手に入れることができ、しかもリードタイムは短縮され、物流計画の負担も軽減される。

実行可能性や生産コストといった製造についての懸念があるにせよ、それは一面的な見方でしかない。企業のサプライチェーン全体、さらにはTCO(総所有コスト)や、製品設計の劇的な変化の潜在的利益に、3Dプリンティングがどのような効果をもたらすかを計算に入れて初めて、3Dプリンティングのすべての可能性が明らかになる。(p.33「ケーススタディ:ヨーロッパの鉄道会社3Dプリンティングによる補修部品の在庫削減」)

たとえば、サプライヤーが、ある補修部品が必要になり、メーカーのウェブページで注文できるとする。その顧客の近くの3Dプリンティングサービスが数

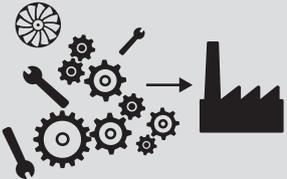
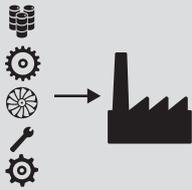
時間以内にその補修部品を受注し、補修部品をプリントし、顧客に届ける。あるいは、メーカーが顧客にダウンロード可能な3Dファイルを送り、それを使って自社の装置で補修部品をプリントする。こうなれば、配送コストとも、納期遅れの心配とも無縁である。

こうしたシナリオでは、どの企業も補修部品の在庫をかかえる必要がない。生産設備の段取り替えに手間を取ることはほとんど、あるいは全くなくなる。なぜなら、メーカーは実際に部品を販売するの

ではなく、部品を作る3Dデータ提供するからである(図表8参照)。

だが、3Dプリンティングはすべての産業に同じ影響を与えるわけではない。3Dプリンティングが産業に普及する速度や深さは、補修部品を必要とする装置の製品寿命、印刷する補修部品の量、補修部品のカスタマイゼーションの程度などが決定要因となる。おそらく、機械装置、鉄道車両・商用車両、医療機器、航空宇宙・防衛などの産業が最大の影響を受けることになるだろう。

図表8
3Dプリンティングによってサプライチェーンはどう短縮されるか

	現状	VS	3Dプリンティングによる未来	3Dプリンティングの利点
原材料	 <p>さまざまな場所から50以上の部品が出荷されてくる</p>	VS	 <p>5種類の部品/材料が出荷されてくる</p>	(例) サプライチェーンの簡素化、 サプライヤーの数が減少 受注生産
製造	 <p>低コストの外国で生産</p>	VS	 <p>顧客の近くで生産</p>	労働単位コストの低下 安価な労働力を求めて 生産拠点を動かす必要がない 機械設備費が不要 応答が早くなる
出荷	 <p>複数の輸送機関で配送 大規模な部品在庫倉庫から補修部品を出荷</p>	VS	 <p>各地域での小型トラックで配送 オンデマンドでプリントされた補修部品を同日配送</p>	現地生産 応答時間が早い 倉庫保管料が不要 在庫費を削減 低コストの配送 迅速な配送

出所:PwC Strategy&分析

私たちは、これまでの調査と経験をもとに、最終的には、3Dプリンティングにより、サプライヤーは総所有コストの平均20%を削減できるようになると見ている。3Dプリンティングで製造された補修部品の数が増えると、ドイツの補修部品サプライヤーは今後10年間で、年間30億ユーロ（32億USドル）の支出を削減できるようになると予想される。打ち切られたかもしれない補修部品を販売し、サービスを提供できるので、収益も増加する。

4. 企業はまだ、3Dプリンティングの補修部品によって得られるすべての可能性に気付いていない。

調査した補修部品メーカーの約半数が、3Dプリンティングによって補修部品の生産コストを減らせる可能性は低いと考えている。全体で見ると、調査した企業のうち49%が、自社の補修部品事業においては、3Dプリンティングでコスト削減ができる可能性はないと考えている。たしかに現在は、3Dプリ

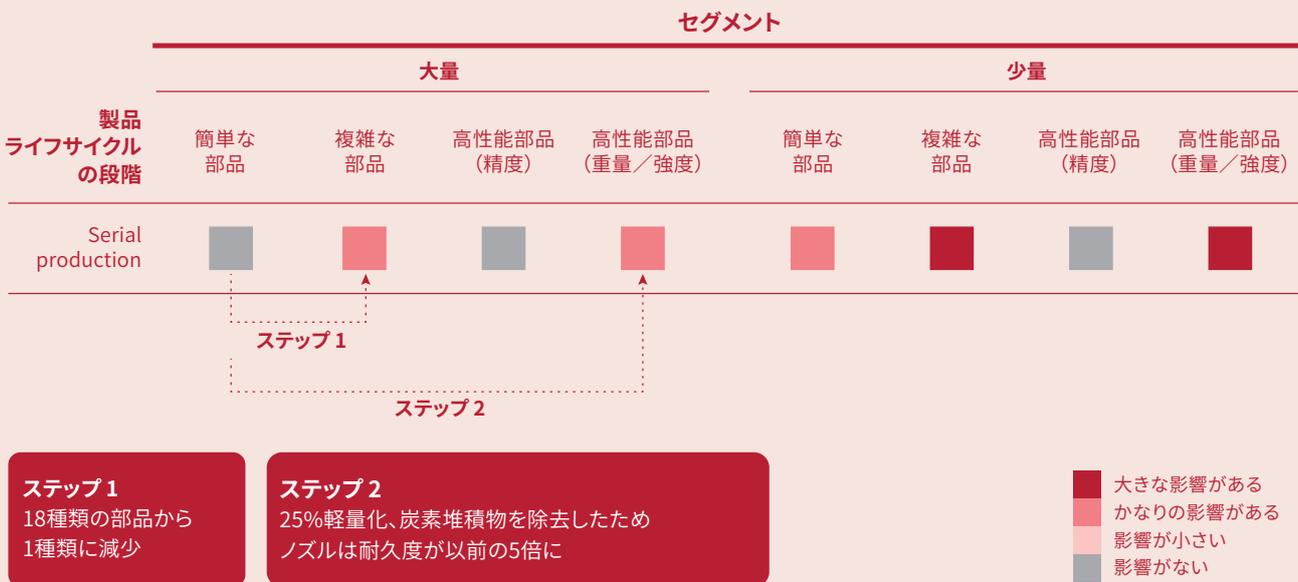
ケーススタディ：GEによる世界初の3Dプリンティングで製造した組立用のジェットエンジン用噴射ノズル

世界最大のジェットエンジンメーカー、GEアビエーションは、かつては燃料噴射ノズルを作るのに必要な18種類の部品を、様々な業者から調達して組み立てねばならなかった。だが、2015年から、そのノズルの製造に3Dプリンティングを使うようになった。そのおかげで、GEは18種類

の部品を1種類に減らすことができた。3Dプリンティングによって、サプライチェーンが著しく簡素化しただけではない。新しい設計によって部品の重量が25%軽量化し、以前の設計では、内部支持構造物や硬度冷却経路に蓄積していた炭素堆積物をなくすことができた。その結

果、ノズルの耐久性は5倍高まり、コストの削減につながった。この技術によって、ノズルは、航空機に「大きな影響を与える」カテゴリーの中のひとつのセグメントに昇格した（図表A参照）。

図表A
GEアビエーションの事例



2015年にGEアビエーションは、ジェットエンジンの燃料ノズルを製造するため、パウダーベッドフュージョンという3Dプリンティング工程を開始した。

出所：PwC Strategy&分析

ントで製造した補修部品は、通常の部品より高くつくことが多い。そのため、総コストもやはり高いだろうと認識してしまう。その理由は、3Dプリンティングがサプライチェーン全体に与える影響を計算に入れていないからだと私たちは考えている。

3Dプリンティングによってコスト削減ができる可能性は高い、または非常に高いと答えた回答者は16%だったが、私たちはこの結論を強く支持する。こうしたコストは、原材料のコストだけではなく、部品そのものによっても大きな差が出る。企業の予想は楽観的とは程遠いものだった。回答者の84%は、補修部品の倉庫保管料は減ると答え、増えると答えた回答者はいなかったが、3Dプリンティングによって物流コストが減る可能性を信じていたのは

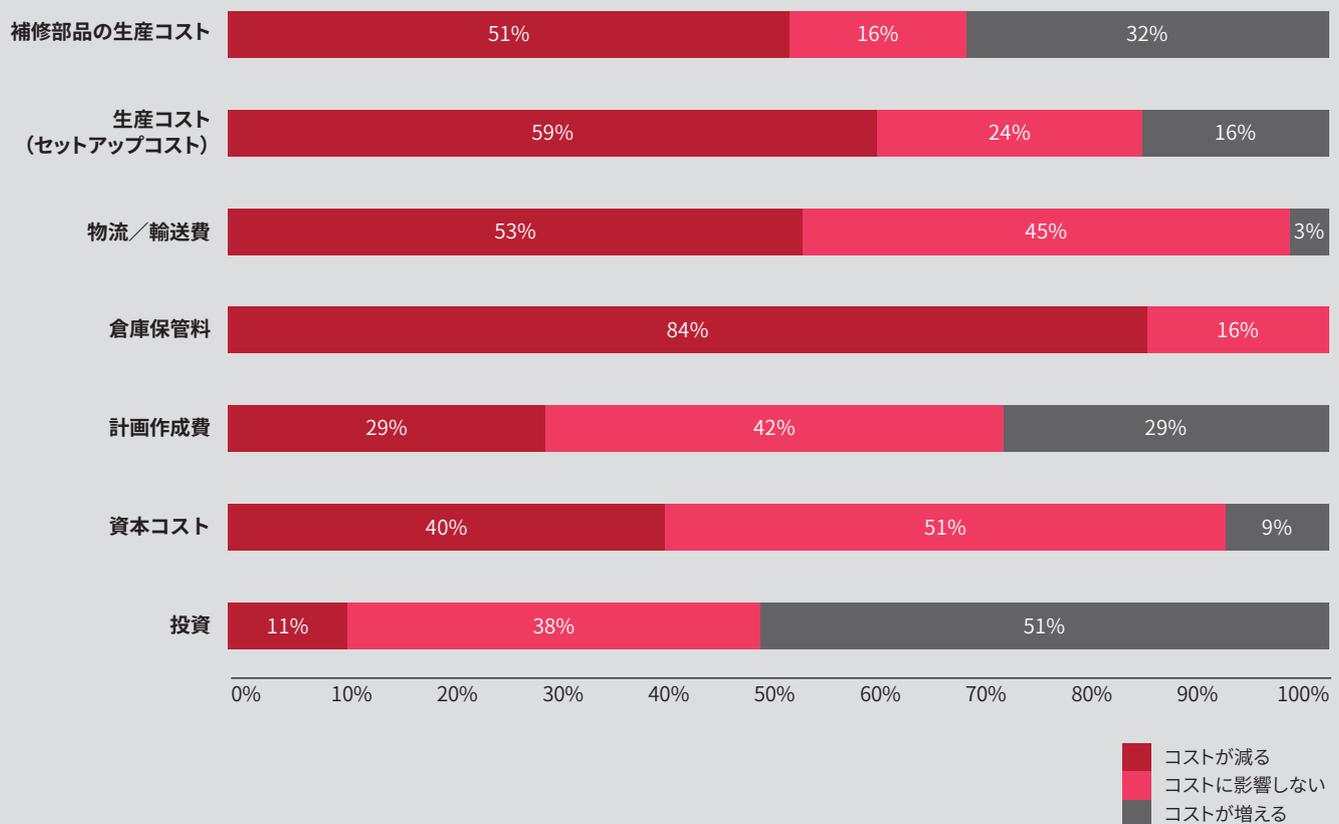
わずか53%だった。だが、大多数の企業は、個々の部品の製造関連コストは低下すると考えている(図表9参照)。

3Dプリンティングを前提にした新しい設計方法は、さまざまな方法でTCOを減らす効果がある。たとえば、3Dプリンティングで製造した部品は軽いいため、装置の移動が必要な場合も、エネルギーや燃料の使用量が少なくてすむ。3Dプリンティングによってサプライチェーンが簡素化され、コストも低下するので、物流コストも削減できる。

3Dプリンティングによって機械のセットアップ時間が減らせると回答した企業は59%しかなかった。鋳型の準備などの機械の設置が不要なので、私たちはもっと多数の企業が賛同すると思っていたが、

図表9
補修部品の3Dプリンティングは貴社のコストにどう影響しますか。

調査回答者の割合



注: 端数処理のため、パーセンテージの合計は100にならない場合がある。
出所: PwC Strategy&分析

予想はずれだった。

また、計画作成コストが、今と同じかそれ以上にかかるという回答が60%を上回っていた。この結果も、私たちの経験とは相反している。私たちが観察してきたところによると、サプライチェーンを簡素化し、扱う部品数を減らすと、計画作成作業が大幅に減少するのである。

5. 現在、補修部品のプリンティングに投資している企業は、今後持続的な競争優位を保つことができる。

「3Dプリンティングの付加価値を理解し、それに投資する者だけが、将来成功を収めることができる」(Reinhard Ortner, Krones AG, Strategy&の調査)

回答者のうち、「現在補修部品の3Dプリンティングに投資する企業が、将来、競争優位を手にする」という文章に、「そう思わない」と答えた者はゼロだった。「そう思う」と答えた者が74%だったが、「非常にそう思う」と「そう思う」の間には差があった(図表10参照)。

3Dプリンティングが直ちに補修部品事業を変え

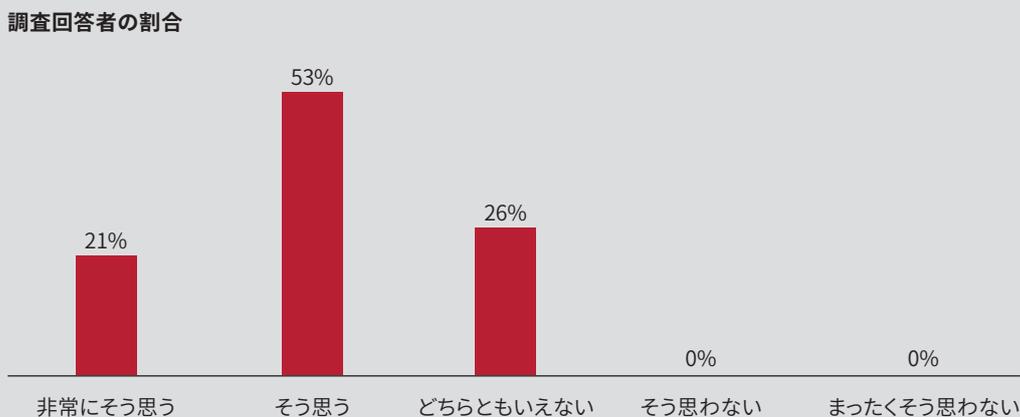
てしまうわけではない。だが、サプライチェーン内も含めて、必要なケイパビリティや技術に投資を始めた企業は、将来、競合する先行企業に追いつくのが難しくなるだろう(p.34「補修部品のプリンティングの事例」参照)。

6. 半分以上の企業が、第三者の補修部品サプライヤーに、市場シェアを奪われるのではないかと心配している。

補修部品の顧客は、部品のコストより、その部品が入手できるかどうか、入手するまでにどれほど時間がかかるかということに関心がある。顧客にとって重要なのは、機会費用の発生を防止し、補修部品の遅延・入手不可な場合に必要となる追加の計画作成作業を回避することだからである。補修部品のプロバイダーはこの事実を十分承知している。私たちの調査では、サプライヤーの半数が、「第三者の補修部品サプライヤーに市場シェアを奪われる恐れがある」という設問に「そう思う」と回答している。「そう思わない」と回答した者は、3D技術でも作るのが難しい補修部品のサプライヤー、あるいは自社の補修部品に独自の付加価値のあるサービスを提供しているサプライヤーが多かった。

図表10

現在3Dプリンティングに投資している企業は、将来大きな競争優位を手にし、それによって市場シェアを得ると思いますか。



出所:PwC Strategy&分析

7. 3Dプリンティングの専門知識や、成熟した3Dプリンティング技術の欠如が、大きな問題と考えられている。

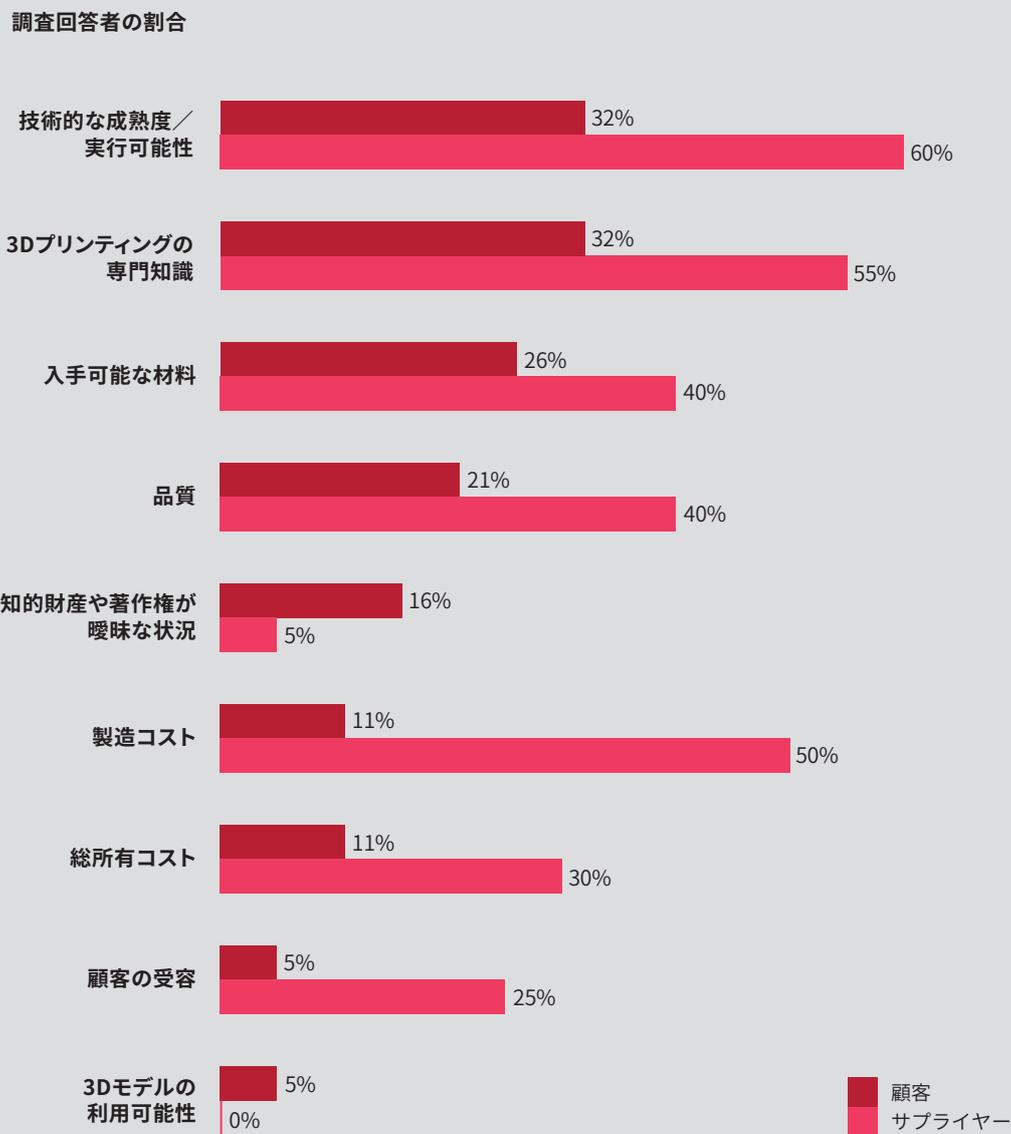
サプライヤーと顧客はどちらも、3Dプリンティングについてさまざまな懸念を表明し続けている。特にサプライヤーは、3Dプリンティングは成熟した技術で、技術的に実行可能なのか、自社の技術的な専門知識は十分なのか、適切な材料を入手でき

るのか、といった疑問を今なお感じている。3Dによる生産コスト、材料、品質を改善する必要があることは認めている。驚くことに、顧客の受容性や著作権といった問題についてはそれほど懸念していない(図表11参照)。

顧客は、材料の入手可能性と最終部品の品質についても心配しているが、製造コストとTCOはあまり問題視していない。

3Dプリンティングで製造した部品の品質は、通常

図表11
補修部品の3Dプリンティングを取り入れる場合、最も大きな問題は何ですか。

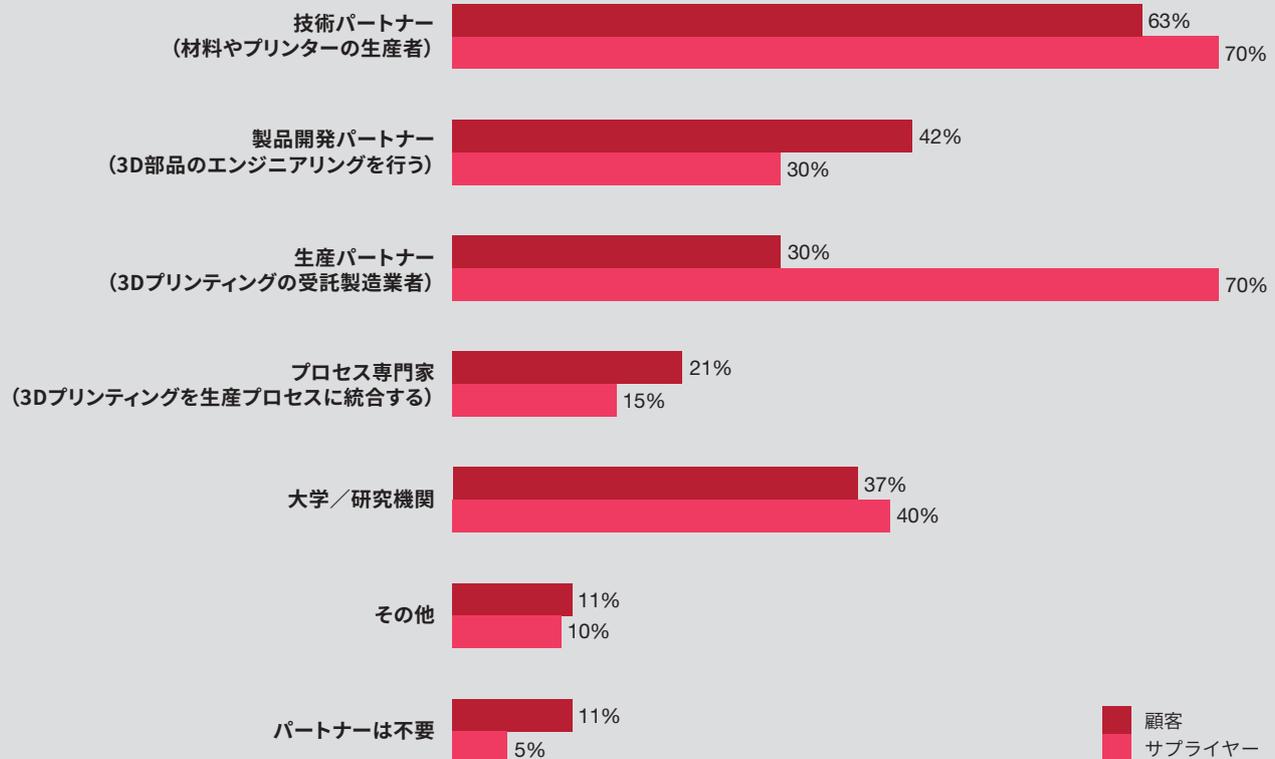


出所:PwC Strategy&分析

図表12

今後、3Dプリンティングの問題に対応するのに、どんなパートナーが必要になりますか。

調査回答者の割合



出所:PwC Strategy&分析

の方法で製造した部品と同じ程度で、むしろそれより高い場合もあることが、すでに示されている。3Dプリンティングに用いる材料は迅速に入手できるようになってきた。よく使われる材料は、今日ではたいへい幅広く入手できる。価格は今後さらに安くなるだろう。

だが私たちは技術的な視点から、今後3Dの応用分野を増やすためには、技術の改善が必要な領域が主に3つあると考えている。

- 3Dプリンターの空間分解能を改善する必要がある。3Dプリンティングで製造した部品は、使用前に機械加工や穿孔加工のような追加の処置を行わなくてはならない。
- 3Dプリンターの速度を上げ、関連ソフトを増やす必要がある。

- 3Dプリンティングの材料を標準化し、規格を統一しなければならない。材料に関する一般規範がまだないので、企業は自社の補修部品についての品質基準を設定する必要がある。そして、その品質基準を遵守する必要がある。さらに重要なことは、材料やプリンティングプロセスについても同様にしなければならない。サプライヤーは、この目標を達成するため、技術パートナーやメーカーとの提携関係に注目している。

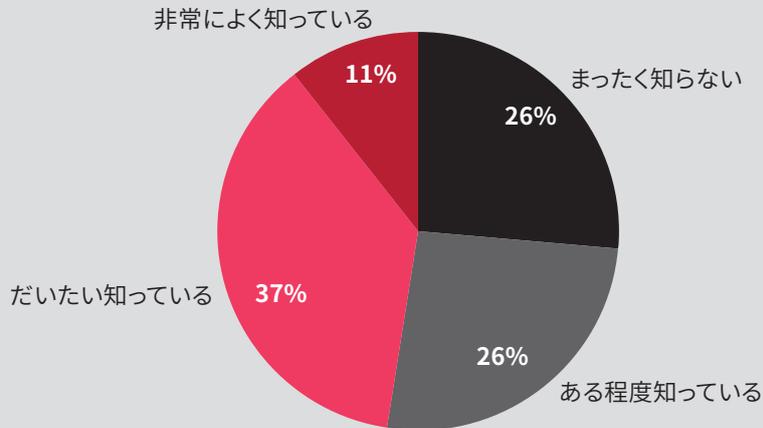
8. 補修部品のプリンティングで成功を収める鍵は、他と提携関係を組むことである。

補修部品の顧客とサプライヤーに、提携関係を組むとしたらどの企業が尋ねたところ、どちらも技術パートナー（プリンターや材料の生産者）である

図表13

顧客に対する質問:補修部品に関する著作権法を詳しく知っていますか。

調査回答者の割合



出所:PwC Strategy&分析

と答えた。プロバイダーは、3Dプリンティングする部品の設計ができる、製品開発パートナーと協力する必要も表明している。顧客は、外部支援はそれほど求めようと思わないという回答が多かった。調査結果によると、多くの顧客は補修部品のプリンティングを、自社の生産活動に取り入れるより、外部委託する方がいいと考えていた(図表12参照)。

9. 企業は今なお従来の考え方にとらわれ過ぎている。今後は、実際の部品ではなく著作権を売るようになる。

「今後、私たちはもはや補修部品ではなく、(その製造に必要な)データを購入するようになる」(Reiner Rohr, BASF SE, Strategy&調査)

3Dプリンティングのすべての可能性は、CADファイル、プロセスパラメータ、材料の組成など、企業が補修部品を作るのに必要なあらゆるデータの入った3Dファイルをダウンロードできて初めて明らかになる。

こうした部品と深く結びついた知的財産(IP)の管理については、サプライヤーも顧客もそれほど懸

念していない。だが、これはよく考える必要がある。

調査に回答した補修部品サプライヤーのうち、物理的な部品とは別に、補修部品のデータファイルを売るかどうかの方針を決定していると回答したところは、わずか25%だった。一方、補修部品を購入している企業のうち、購入する部品の設計が著作権で守られているかどうかを「非常によく知っている」と答えたところは、11%しかなかった。「だいたい知っている」が37%、「ある程度知っている」が26%、「まったく知らない」が26%だった(図表13参照)。サプライヤーも顧客もこのようにIPに対する認識が低い。企業が物理的な部品だけでなく、補修部品の設計データも売ろうとするなら、その前に対処しておく必要がある。次の製造段階へ移行するには、IPが安全であることを知っておく必要がある。その結果として、ちょうど音楽配信プラットフォームのように、3Dプリンティングファイルを販売する「プラットフォーム」が登場することになるだろう。音楽配信プラットフォームが音楽産業を変えてしまったように、この変化は補修部品事業を完全に変えてしまう可能性がある。

ケーススタディ：ヨーロッパの鉄道会社 3Dプリンティングによる補修部品の在庫削減

ドイツの大手鉄道会社は、老化した車両を使用し続けられるよう、長い間、複数の倉庫に補修部品を保管していたが、その在庫が増加の一途をたどり、問題になっていた。使い切ってしまうと、できるだけ早く適合部品を再調達し、在庫を保たなければならない。同社は、倉庫管理費や再調達費が総所有コストに与えるマイナス影響をよく検討した上で、在庫量を削減しながら、同時に小ロットのカスタム生

産部品が必要となる場合の予想外のコストが発生するリスクを回避する方法を見つけることを決意した。

同社は、補修部品を妥当なコストで少量生産できる製造技術をいくつか調べてみた。すると、3Dプリンティングが最も有望なオプションであることが分かった。そこで、カスタム部品の3Dプリンティングの産業専門家と提携を結び、3Dプリンティングを同社の既に確立された既存の補修

部品サービスに統合することは、技術的、経済的に可能かどうかについて評価を行った。この結果、その鉄道会社の各試験に適合した補修部品が、3Dプリンティングによって製造可能で、総所有コストも削減できること、また、この技術はまもなく、すべての鉄道車両の寿命を伸ばす上で、非常に魅力的なオプションになるということが分かった。

3Dプリンティング実行計画

ほとんどの企業は、3Dプリンティング技術の成熟性とコスト節約の可能性に確信を深め、3Dプリンティング技術を大規模に開始するまでには、まだもう少し時間がかかりそうだ。だが、すでにこの技術で先行している企業は有利である。

3Dプリンティングで製造した補修部品のサプライヤーになるには、主に次の6つのステップを踏む必要がある(図表14参照)。

- **自社の補修部品のラインナップを分析する。**この分析では、現在のラインナップを供給する際の問題を示す主要業績評価指数を調べなければならない。たとえば、在庫日数、最低発注量、リードタイム、総コストなどの指数である。この指数がビジネスケースを構築する土台となる。またその指数によって、3Dプリンティングが最大の利益をもたらす部品を明確に把握できる。
- **3Dプリンティングの実行可能性調査を行う。**自社の補修部品のラインナップの中で、どの部品が「プリントできる」かを定めるため、まず技術分析を行い、その後、それぞれに必要な3Dプリンティング技術をもとに、ラインナップをいくつかのグループに分ける。
- **既存の設計を再考する。**妥当な場合は、3Dプリン

ティングのすべての可能性を明らかにするため、部品を再設計する。たとえば、いくつかの部品を組み立ててひとつの部品にしたものを、3Dプリントで単品として製造する。

- **ビジネスケースを作成する。**総所有コストの要因である補修部品のラインナップをどれほど減らせるか、また、ひとつひとつの部品をどれだけ減らせるかを判断する。
- **自社の3Dプリンティング戦略を規定する。**自社の戦略には、サプライチェーン全体、および実際の部品ではなくデータを売る可能性も考慮に入れなければならない。
- **自社の3Dプリンティング戦略をパイロットテストし、本格的に展開する。**パイロットプロジェクトは、3Dプリンティングの成功に必要なケイパビリティと戦略をテストし、改善し、取り入れるのに不可欠である。今後の資金調達と経営陣のサポートを得るため、また会社のケイパビリティ開発のために、適切なパイロットプロジェクトを選ぶことが重要である。パイロットプロジェクトは、新しい補修部品のサプライチェーンの土台にもなる。完全な補修部品印刷プログラムを本格展開することで、補修部品の製造流通は変貌を遂げるだろう。そのため、詳細な行程表と専門の実行チームが必要になる。

図表14
3Dプリンティング実行計画



出所：PwC Strategy&分析

補修部品プリンティングの事例

3Dプリンティングの分野で有名な専門家、クラウス・エメルマン (Claus Emmelmann) は25年以上、レーザー加工の研究に携わっている。現在はハンブルク・ハールブルク工科大学のレーザー・プラントシステム研究所の所長であり、LZN Laser Zentrum Nord GmbHの最高経営責任者も務めている。2015年には、民間航空機産業で、エアバスと共同で3Dプリンティングの研究を行ったことに対し、ドイツ未来賞の受賞者候補に挙げられた。

2015年11月に、ドイツのStrategy&は、エメルマン教授にインタビューを行い、3Dプリンティングが補修部品事業を変えるという、教授の強い期待と、今なお残る問題について聞いた。

Strategy&: 3Dプリンティングは将来、補修部品事業を根本的に変えてしまうとお考えですか。そうだとすると、それはなぜですか。

エメルマン教授: はい、もちろんです。3Dプリンティングは、補修部品の一般的な生産方法になると考えています。第一の理由は、3Dプリンティングによって、補修部品は今より短期間で入手できるようにな

ります。同時に、3Dプリンティングを使えば、少量の補修部品を経済的に生産できるようになり、補修部品の価格設定方法が一新されます。最後に、補修部品事業の物流全体が促進されます。このビジネスケースは、幾何学的に複雑な部品については特に確実性が高くなります。

Strategy&: 5年後、3Dを使って製造される補修部品はどれほどの割合になっていると推測されますか。

エメルマン教授: 2015年の金属プリンティング市場は、推定約10億ユーロですが、現在では、10年以内に3Dプリンティング市場は総額1,000億ユーロに増加すると見られています。近い将来、補修部品のプリンティングがこの市場の大部分をけん引すると考えています。ですから5年以内に3Dプリンティングはスペア市場の10%を占めるようになるでしょう。

Strategy&: なぜ今、企業は、スペア市場において、3Dプリンティングを検討すべきなのか。

エメルマン教授: 先に述べた理由以外にも、3Dプリンティングをもとにした新サービスを提供すれば、

補修部品で利益を得られるからです。鉄道のような産業で、補修部品を短いリードタイムで提供し、機械や設備の利用可能性を高く(99.5%ほど)に保つことができれば、それは3Dプリンティングの強力なビジネスケースになります。だからこそOEMだけではなく、その顧客もまた3Dプリンティングを検討しているのです。

Strategy&: 第三者サプライヤーが3Dプリンティングで製造した補修部品を短いリードタイムで顧客に提供するシナリオをご存じですか。すでに実例があれば教えていただけますか。

エメルマン教授: はい、補修部品の第三者サプライヤーは、3Dプリンティングを使って市場に参入してくる可能性が高いと思います。今、私たちのクライアントが、こうしたビジネスモデルの作成に取り組んでいます。こうした活動を活発化している原因は、補修部品の価格上昇とその入手可能性です。法的な障害を克服し、保証の問題などは解決しなくてはなりません。中国のような一部の市場の企業は、すでにOEM以外のサプライヤーから補修部品を購入するのに慣れてしています。

Strategy&: 補修部品を3Dプリンティングで製造する最大の問題点を3つ挙げてください。

エメルマン教授: 品質管理、機械加工の生産性、そしてビジネスケースそのものです。まだ基準が確立されていないため、企業は、個々の各部品とプリンティングプロセス自体によって、必要な物理的特徴を提供できることを示さなくてはなりません。また、プリンティングプロセスをもっと高速化すれば、多くの部品のビジネスケースを作ることができるでしょう。

Strategy&: 知的財産(IP)と著作権の問題にも対応が必要になります。この問題は、プリント可能なものの青写真を企業が提示するプラットフォームの登場や、第三者メーカーの活動にどんな影響を与えられると思いますか。

エメルマン教授: アマゾンやグーグルなどの企業は、

3Dプリンティングの設計ファイルや青写真のプラットフォームをもとに、ビジネスモデルを検討しています。著作権やIPについては、その部品がどれほど古いかによって違ってきます。たいてい知的財産権はすでに失効しています。新しい部品の場合は、IPをサプライヤーとOEMで共有するモデルがあり、そうしたモデルの間では、青写真の共有が推奨されています。IPはたしかに重要なテーマです。しかし、3Dプリンティングというコンテキストでは、市場も変化してくるでしょう。

Strategy&: 3Dプリンティングの材料費が今後どうなるかについて、どう思われますか。もっとオープンでOEMの占める割合が低い市場へ移行するでしょうか。

エメルマン教授: ええ、もちろんそうです。3Dプリンティング材料の市場はすでに変化しています。アルコアなどの大手企業は、選択的レーザー焼結法に使う金属粉末を製造するため、大規模工場に投資しています。近い将来、OEMとは無縁の3Dプリンティング材料の市場ができるでしょう。そうなれば、材料費は低下します。

最後に

Strategy&の3Dプリンティングの調査では、この技術が補修部品事業に多大な影響を与えることが示唆されている。3Dプリンティングによって、サプライヤーは補修部品が入手しやすくなり、リードタイムを短縮し、コストを下げることができる。また顧客は、3Dプリンティングは自社のコストを削減し、業務効率を高める機会と考えている。今、3Dプリンティングに投資する企業は、投資しない企業と比べて相当に大きな競争優位を手にすることができるだろう。成功の鍵は、今すぐ始めることだ。

分析方法

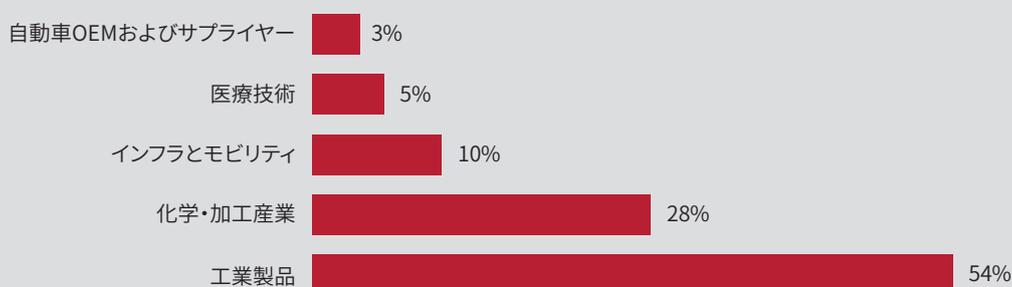
Strategy&は2015年に、「3Dプリンティングが補修部品事業を捉える方法とその理由」について調査を行った。調査ではドイツの企業38社を対象とし、役員に39件の面接調査を実施した。市場をより深く理解するため、補修部品

のサプライヤーと顧客の両方を調査し、面接調査を行った。

この調査は、主に工業製品、化学／加工、インフラ／モビリティ産業に属する大小の企業を対象とした。補修部品の顧客企業の参加者は、調達およびサ

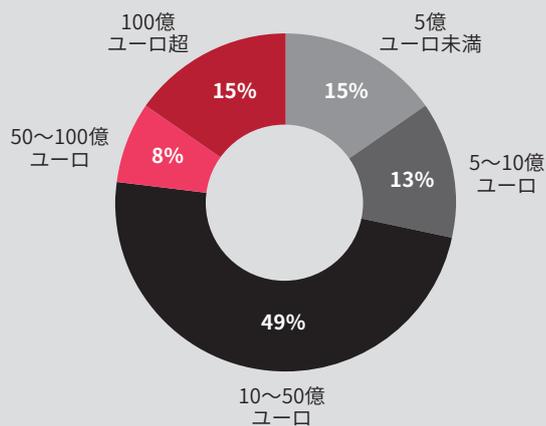
プライチェーン管理部門のスタッフがほとんど、補修部品サプライヤー側は主に顧客サービスおよび研究開発部門のスタッフだった。

調査した企業の産業別内訳



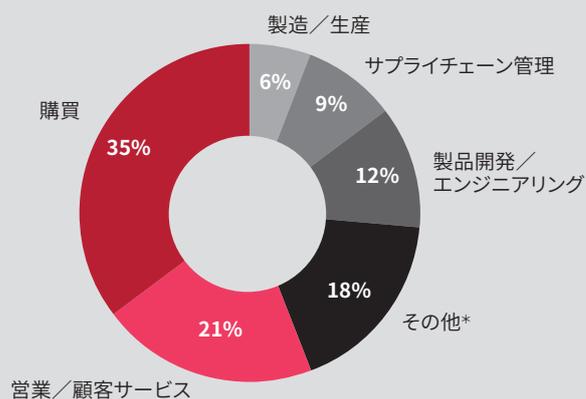
出所: PwC Strategy&分析

調査した企業の規模



出所: PwC Strategy&分析

参加者の所属部署



*CEO、プロジェクトマネジメント、イノベーションマネジメント等
出所: PwC Strategy&分析

The future of spare parts is 3D: A look at the challenges and opportunities of 3D printing, by Dr. Reinhard Geissbauer, Jens Wunderlin, Dr. Jorge Lehr, January 30, 2017

終章

日本における3Dプリンティングの活用に向けて

付加造形や積層造形を意味する「アディティブ・マニファクチャリング」という呼称とともに、世界では3Dプリンティングの普及が本格化し始めている。これは紛れもない事実である。3Dプリンティングの歴史は長く、少なくとも1980年代にさかのぼるが、これまでは技術的に発展途上の部分が多く、普及は限定的であった。特に産業界においては試作品製造における光造形などの高速造形手段として用いられるにとどまる傾向があったため、「ラピッド・プロトタイピング」のイメージを持つ方も多くと推察する。しかしながら、ここ数年のテクノロジーの進化により3Dプリンティングの状況は大きく変化し始めている。3Dプリンティングの装置はもちろんのこと、素材、ソフト、通信などの進化により実用性が高まり、航空機や自動車のみならず、医療、建設、食品などさまざまな産業での活用、そして試作品製造のみならず量産品製造での活用も進みつつある。従来の生産方法では困難であった複数部品一体化による組み付け費の削減や強度の向上、徹底的なポロジ最適化による軽量化、ネストによる複雑形状部品の個あたり造形時間短縮、マス・カスタマイゼーションなど、企業の競争力にも寄与し始めており、3Dプリンティングはデジタル・トランスフォーメーションにおける具体性のあるテーマの一つとして投資を集めている。

こうした状況があるにも関わらず、米欧中に比して日本は依然として3Dプリンティングに対し消極的な市場となっている。その原因は複数あるが、過去の経験や企業の関係者が3Dプリンティングの最新状況を把握していないことが大きな要因となっているようだ。世界では「ジェットエンジンの量産部品」に金属の3Dプリンティングが採用されていたり、2018年のロンドン・マラソンのチャンピオンの足元を支えた「シューズのアップパー」が3Dプリンティングにより生産されていたりするが、残念ながら日本ではほとんど知られていない。また、数年前に比して造形速度が数倍速くなっていることも認識されていない。むしろ過去に3Dプリンティングを活用もしくは活用検討した際の「従来の生産方法に対するアドバンテージ

を見いだせない」というネガティブな印象をひきずっていたり、古い情報をインターネットや書籍で目にするだけで最新情報に触れられていないといったケースが多く見られる。その結果、日本においては3Dプリンティングの活用検討が遅れてしまっている。

同じような状況にある企業が日本以外にも存在するかもしれないが、いずれにしても、世界で最も品質基準が厳しい製品の一つであるジェットエンジンの量産部品に採用されている生産方法を「品質が悪い」「遅い」の一言で片づけてしまうのは非常に残念なことである（もちろん過去の経験が当てはまるケースもあるが）。

こうした状況は有力3Dプリンターメーカーの欧米偏在にもつながっている。日本の3Dプリンターメーカーも最近になり改めて存在をアピールし始めているが、ユーザー企業がついてこなければどうすることもできない。この状況は、昨今のデジタル・トランスフォーメーションにおいて日本と欧米の間に差がついてしまった状況に通じるものがある。

そこで、3Dプリンティングを過去の遺物にすることなく最新のテクノロジーとして再評価し、活用するにあたっての要諦を以下に提言させて頂く。当然のことながら3Dプリンティングの活用は全ての事業に当てはまるものではなく、活用できる場合においても詳細は各社・各事業に合わせた検討が求められるが、参考にして頂ければ幸いである。

Step.1 3Dプリンティングの最新状況を理解する

まずは、これまでの印象にとらわれずに3Dプリンティングの最新状況を理解することを推奨する。造形方式の種類、造形速度、扱える素材の種類、出せる強度や精度、二次加工の要否といった基本的な情報に加え、造形データの作成をサポートするソフトに関する情報や3Dプリンティングを組み込んだバリューチェーンの在り方などに触れると良いであろう。また、産業を選ばずさまざまなユースケースに触れることも推奨する。3Dプリンティングはエマージング・

テクノロジーのため、新しい活用方法が日々登場している。例えば、部品ではなく「型」の生産に用いられているケースもあれば、型の「補修」に用いられているケースもある。これらのユースケースは産業単位ではなく先行する企業単位で生み出されているため、「自社に関係する事例」に閉じず、可能な限り幅広いユースケースに触れた方が、自社にとっての活用の気付きを得られる可能性が高くなる。

なお、日々進化しているテクノロジーのため、最新情報を定期的に入手し、把握することも肝要である。

Step.2 3Dプリンティングの価値を理解する

次に、3Dプリンティングの価値を理解することを推奨する。3Dプリンティングには大きく2種類の価値がある。一つは「生産方法としての価値」、もう一つは「実現手段としての価値」である。生産方法としての価値は、「型が不要のため型の設計・製造リードタイムが不要、型の製造・メンテナンス・保管費用が不要、ロットによって生産性が変わらない、マス・カスタマイゼーションが可能、装置さえあればどこでも生産可能」「造形自由度が高いため、従来は金型の入れ子の限界や冷却パイプの関係で実現できなかった複雑形状の生産が可能、組み付け工程不要の一体造形が可能、膨大な切削時間と工数(費用)を要していた中空形状生産の効率化が可能」といったものだ。これらは生産方法としての従来製法に対するアドバンテージである。一方、実現手段としての価値は、「軽量化による持ち運びやすさ・低燃費」「一体化による高強度」「高度な意匠」「マス・カスタマイゼーションによるパーソナライゼーション」「型が不要で装置さえあればどこでも生産可能であるがゆえのリードタイム短縮による最新トレンドの反映」といったものだ。これらは市場競争力の観点でのアドバンテージである。重要なのは、3Dプリンティングを単なる設備能力だけで評価しない、ということである。

これらの価値を享受するためには、「製品の設計コンセプトの変更」や「開発・設計・製造などのバリューチェーン全体の見直し」などを伴う場合があるが、それらを恐れてはならない。市場競争力獲得の前では、自社都合の優先は意味を持たない。

同時に、「弱み」を認識しておくことも重要である。例えばトレンドの影響を受けない単純な部品の大量

生産は、従来製法の方が圧倒的に有利と言える。

Step.3 自社の競争要因および事業課題を見極め、3Dプリンティングを組み込む

3Dプリンティングの価値を理解した次には、自社が強化すべき競争力および解決すべき事業課題の見極めが必要となる。3Dプリンティングはあくまでも手段であるため、「3Dプリンティングの活用」を目的化してはならず、自社が強化すべき競争力および解決すべき事業課題に寄与する場合のみ採用すべきである。そして、これらの競争力と事業課題を特定するには、冷静な事業分析と競争戦略の策定が不可欠である。繰り返しとなるが、テクノロジーによって世の中が急速に変化している今、真に強化すべき競争力および解決すべき事業課題は何なのかを見極め、そのソリューションとして3Dプリンティングが適切なのであれば採用する。その際は、自社の現行プロセスにとらわれることなく最適解を採用するのが肝要である。

なお、事業性の検証が必要であることも言及しておきたい。

Step.4 綿密な実行計画を策定し、実行する

3Dプリンティングの導入テーマが決定すれば、後は綿密な実行計画を立て、準備し、意志を持って実行するのみである。事業の将来像を描き、必要なプロセス・リソース・アセットを検討し、整備する。既存プロセスからの移行については、移行計画を入念に練り、チェンジマネジメントを丁寧に行うことが求められる。サプライヤーやクライアントへの対応も忘れてはならない。

最終的な実行にあたっては、パイロット期間を設け、不具合の洗い出しとつづし込みを行っただけで移行するのが良いだろう。この辺りは従来のモノづくりと変わらない。品質と安全が第一である。

3Dプリンティングは魔法のつえではない。しかしながら昔ほど悪くもない。正しく理解し、正しく用いれば、恩恵を得ることができる。それをいち早く理解し、ケイパビリティを磨き上げた企業が勝利する。今こそがその分水嶺であることに気付き、行動を起こした企業が、勝利に近づくことになるだろう。

Strategy&

Strategy&は、他にはないポジションから、クライアントにとって最適な将来を実現するための支援を行う、グローバルな戦略コンサルティングチームです。そのポジションは他社にはない差別化の上に成り立っており、支援内容はクライアントのニーズに応じたテイラーメイドなものです。PwCの一員として、私たちは日々、成長の中核である、勝つための仕組みを提供しています。圧倒的な先見力と、具体性の高いノウハウ、テクノロジー、そしてグローバルな規模を融合させ、クライアントが、これまで以上に変革力に富み、即座に実行に移せる戦略を策定できるよう支援しています。

グローバルなプロフェッショナル・サービスにおいて唯一の大規模な戦略コンサルティング部門である Strategy&は、クライアントが目指すべき方向を示し、最適な方法を選択し、実現させる方法を提示すべく、戦略策定のケイパビリティをPwCの最前線のチームに提供しています。

その結果は、可能性を最大化するために強力だけでなく、効果的に実現できるような実践的アプローチであり、信頼性の高い戦略プロセスです。今日の変革が明日の成果を再定義するような戦略です。ビジョンを現実のものへと作り上げる戦略です。“It’s strategy, made real.”戦略が現実のものになるのです。

www.strategyand.pwc.com/jp