



AM技術 および射出成形

比較、対比、および機会の検討



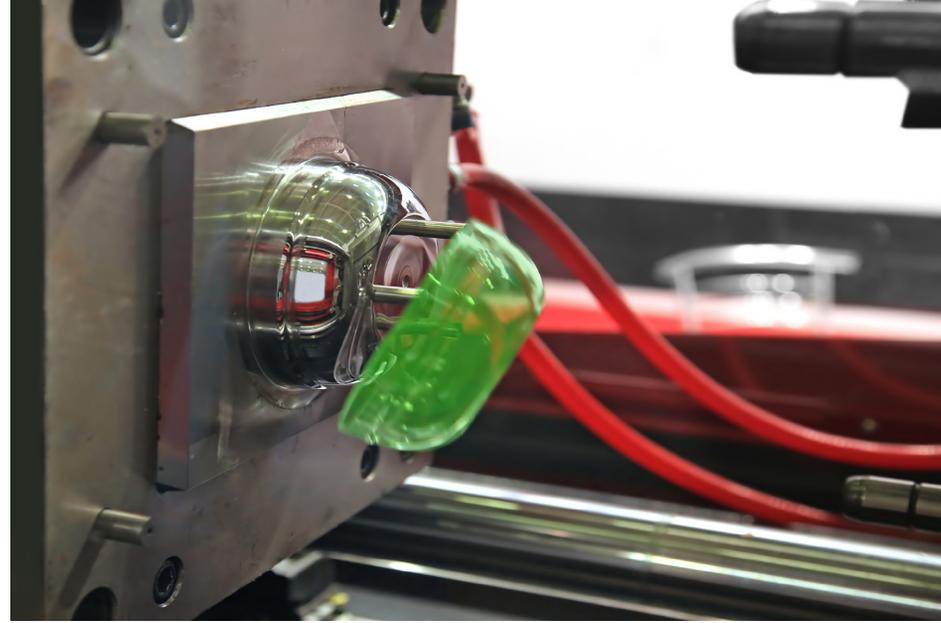
AM技術とも呼ばれる3Dプリンタは、プラスチック部品の生産において、より定評のある射出成形プロセスに競合する、または少なくとも競合を試みている製造プロセスだと考えられることがよくあります。実際、用途によってはAM技術が優位となる場合もあるため、この考え方にも一理あります。これは、工業用3Dプリンタの技術と材料が、より効率的かつコスト効率よく大量の部品を生産できる生産プロセスに進化し、その進化を続けているためです。こうした競合はある程度までは良いことです。しかし、すべての部分を競合対象とみなす必要はなく、実際、これら2つの製造プロセスは相互に補完できる部分があるのです。また、現実的に考えた場合、何十万という大量のプラスチック部品を扱うとなると、AMはまだ射出成形には及びません。

3Dプリンタは、製品開発の開発段階において不可欠なツールとして長い間受け入れられてきました。設計の迅速な反復とエンジニアリング上の的確な意思決定が可能になるためです。しかし、この技術を開発段階のプロトタイピングツールとしてのみ利用する製造チームがほとんどです。

そのため、効果的な使い道が見落とされてしまっています。3Dプリンタ技術は、機能と容量の両面で進展を遂げており、少量/中量生産用途や多品種・小ロット生産(HMLV)用途の場合、射出成形と直接競合することや、金型を製造することで射出成形をより効果的に行えることもあります。

本書の目的は、両方のプロセスの範囲、生産における両プロセスのメリット(およびデメリット)、そして両プロセスが相互に補完し合える実際の状況を検討することです。

全体的な状況



まず、世界の製造業という大きな枠組みの中で、これらの各製造プロセスの状況を見てください。製造業全体については、ある情報筋によると、2022年の世界の製造業の生産額は44兆5,000億米ドルであり、2023年には44兆3,000億米ドルに減少すると予測されています（パンデミック後の問題やロシアのウクライナ侵攻の影響という裏付けのある事実に基づく）。これらの数字は絶対的な値として受け取らないほうが良いですが、説明の目的や推測においては、射出成形とAM技術の特定のサブセクターのベースラインとして十分に役立ちます。

これら2つの製造業のサブセクターは、評価が大きく異なります。GM Insights社は、「射出成形プラスチック市場の売上高は、2022年に3,000億米ドル以上であり、2023年から2032年にかけて、この業界は3.5%の年平均成長率（CAGR）で成長することが予想される」としており、「世界の射出成形プラスチックの市場規模は2,870億米ドルを誇ると評価され、（2030年までの）予測期間中に4.2%のCAGRで拡大することが予想される」とするGrand View Research社の分析と一致しています。Research &

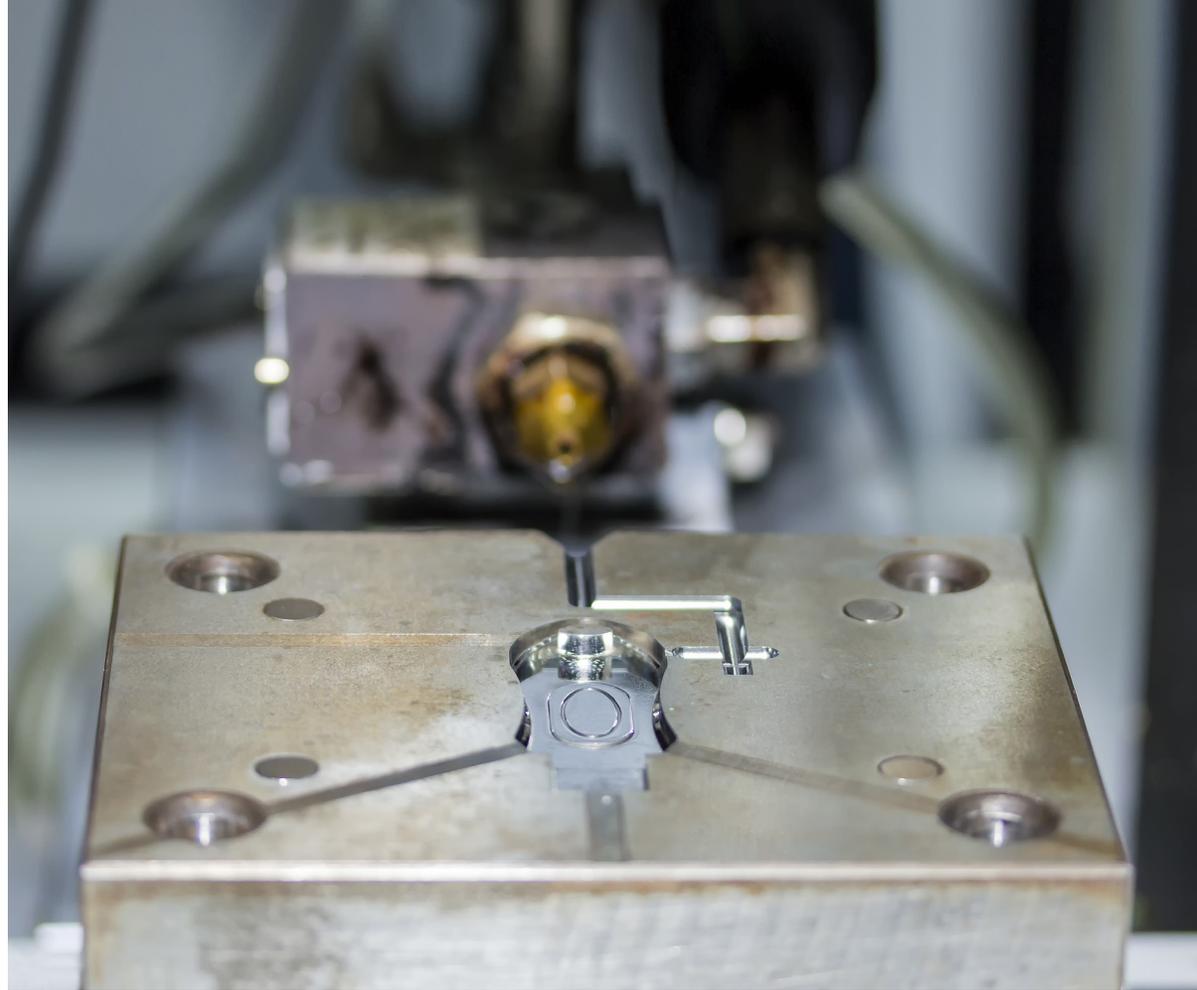
Markets社の最近のレポートでは、より控えめな分析結果が提示されており、「世界の射出成形市場は1,877億ドルと評価されると推定される」とあります。ただし、Research & Markets社はこの数値が単なる見積もりであるとの断りを入れています。

AM技術分野の価値にも、見方によって同様のばらつきがあります。こちらの分野については、Research & Markets社はそれほど控えめではなく、次のように述べています。「AM技術とその材料の世界市場は404億米ドルと推定され、2030年までに1,966億米ドルの規模に達し、分析期間にわたり21.9%のCAGRで成長すると予測されます。プラスチックは、22.3%のCAGRを記録し、分析期間の終わりまでに1,182億米ドルに達すると予測されます。」MarketWatch社のより最近のレポートでは、「AM技術とその材料の世界市場は160億7,000万米ドルと評価され、予測期間中に25.7%のCAGRを記録することが予想される」としています。一方で、SmarTech Analysis社が最近発表したレポートでは、AM技術業界は23%の成長率で135億米ドルになったと控えめな数値を示しつつも、2025年までには250億米ドルに成長することが予測されています。

また、最新のWohlers Reportでは「AM技術業界の成長率は19.5%である」という力強い数値が示され、現在のこの分野を180億米ドルと評価しており、大きな成長を見込んでいます。

中央値（射出成形が2,430億米ドル、AM技術が269億5,000万米ドル）で考えた場合、現時点で射出成形分野がAM技術分野のほぼ10倍の規模であることが直ちに明らかになります。しかし、各サブセクターの成長率に関する（驚くほど一貫した）予測が正確であれば、AM技術は今後10年ほどでその差を大幅に縮めることになります。また、射出成形分野の数字はプラスチックのみに焦点を当てているのに対し、AM技術の数字にはすべての種類の材料が含まれているため、本書の範囲において、その差は一見するよりも大きいことも指摘しておくべきでしょう。

一目でわかる 射出成形と AM技術の比較



射出成形は、プラスチックの製品や部品を製造するための主要なプロセスです。これは、厳しい公差（通常50～100ミクロン）と滑らかな表面仕上げが求められる同型部品の大量生産に広く使用されています。大量生産の場合、費用対効果が高く正確で再現性のあるプロセスであり、幅広い材料での大規模連続生産において高品質の部品が得られます。

プラスチック製品メーカーでは、工業用3Dプリンタ技術が生産の代替手段となる機会がますます増えており、中には非常に優れた表面仕上げと公差（通常は50～300ミクロン）を実現できる事例もあります。3Dプリンタは、形状の複雑化と部品統合の両方の観点から、前例のない柔軟性を設計工程で提供しつつ工具などの器材からの完全な脱却を実現するため、射出成形による工程に比べ

て数多くの重要なアドバンテージを提供します。そしてこの柔軟性を活かして、生産工程前または生産工程の段階において、あるいは次の世代の製品に向けて、低コストで設計の反復作業を行うことができます。

考慮事項

製造チームなら誰でも知っているように、新製品開発プロジェクトには、問いかけ、答えを出さなければならぬ根本的な質問があります。開発段階はひとまず置いて、以下の質問は生産とプロセスの選択に関するものです。熟練の製造チームは、使用する方法について独自の考えを持っている可能性が高く、既存のプロセスを好む傾向さえある場合があります。それでも、現状の打破を視野に入れて、以下の質問に取り組むこともできるのではないのでしょうか。

これまでと同様に、製品や部品に最も適した製造プロセスを特定するための出発点となるのが、その用途です。

1. 部品はどの程度単純または複雑ですか？

この質問に対する答えが、製造プロセスの選択に直接影響を与える場合があります。しかし、おそらくすでにお気づきのように、どのプロセスを選べばよいかは必ずしも明白ではありません。

- 単純な部品には射出成形を使用する
- 複雑な部品には3Dプリンタを使用する

実際はこれほど簡単ではありません。

射出成形が単純な設計や肉厚が一定の部品に特に適しているのは事実です。そうは言っても、射出成形は複雑さを排除するものではなく、アンダーカットのある部品や形状が複雑な部品に対応できます。ただし、部品の複雑さが増すのに伴い、部品の射出成形に必要な金型の複雑さも増すため、コストがかかります。これにより、生産に多額

の初期費用が発生します。一方、金型の準備さえ整えば、製造場所ですぐに生産を開始できます。

ただし、射出成形では複雑さが高まる明確な傾向があるという点を考慮する必要があります。複雑さが高すぎると、コストが法外になる可能性があります。コストがさらに高まって限界に達すると、製造が不可能になります。

3Dプリンタでは、射出成形では高価すぎる、または不可能な部品を製造できることは周知の事実であり、これはAM技術について十分に立証されている数多くあるメリットの1つです。また、3Dプリンタを「競争力のある」製造技術にするうえで、主要な論点にもなっています。この論点にはメリットもあり、工業用3Dプリンタシステムで格子構造、内部導管、張出し、厚肉/補強構造、空洞部分など、射出成形では難しい複雑な形状を造形できる事例を挙げるのは難しいことではありません。

この機能により、設計者は軽量化、人間工学に基づいた機能の組み込み、ロゴや部品IDの追加など、さまざまな利点を得ることができます。

部品のサイズも、その製造方法を決定する上での基本的な問題です。興味深いことに、射出成形と3Dプリンタはどちらも、小規模から中規模の部品で最適な効果を発揮します。3Dプリンタの場合、造形ボリュームが制約となります。ただし、大型部品であっても、小さな部分に分けて造形し、造形後に組み立てる方法を取ることで対応できます。射出成形の場合も、機械のサイズによって部品のサイズが制限されることがありますが、金型を複数

のピースで作成して、後で組み立てることができる部品を製造できます。どちらのプロセスも大型製品に対応できますが、後工程で必要となる追加の組み立て作業と多大な時間やコストというデメリットとのトレードオフが伴います。

2. 全部でいくつの部品が必要ですか？

ここからが興味深い部分になります。

射出成形は、長年にわたり、大量の製品、そして非常に大量の製品に対して非常に費用対効果が高いことが実証されています。

このレベルでは、3Dプリンタが太刀打ちできないことも事実です。

しかし、「このレベル」とは正確には何を指しているのでしょうか？

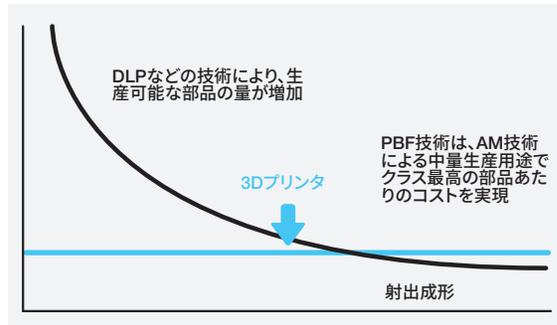
経験上、製品の少量生産、中量生産、大量生産を具体的に数値化するのとは簡単なことではありません。状況の定義の仕方や調査の情報源(業種、分野内での用途、製造プロセスなど)によって、大きな差が生じるためです(多数のさまざまな製造プロセスを提供するサービスプロバイダー間でも異なります)。

多数の情報源と多少の共通認識を基に、おおよその合理的で一般的な境界を以下に示します。

少量生産：部品が1,000個未満

中量生産：部品が1,000～100,000個

量産：部品が100,000個超



上の図は、3Dプリンタと射出成形の一般的なコスト曲線です。x軸は部品数、y軸は部品あたりのコストです。x軸方向に見て交点以降は、射出成形の方が費用対効果が高くなります。この図で数字を示していないのは、交点の数字がこの10年間で大きく変化しており、交点が曲線の下の方に移動し続けているためです。繰り返しになりますが、3Dプリンタの処理能力と容量は、用途に常に依存するものの、向上し続けています。3Dプリンタが何万ものプラスチック製品の小規模生産工程で使用される状況も、現在では珍しくなくなりました。たとえば、歯科、医療、一般製造（筐体や固定具など）の分野で見られます。

これはコスト、物流、そしてもちろん持続可能性に大きな影響を与える可能性のある製造量の要件に関するいくつかの補足的な考慮事項につながります。

2a. 部品は一度にすべて必要ですか、それとも数か月/数年にわたって必要ですか？

複雑さが中程度の小型部品の一般的な例を見てみましょう。1回の生産で大量（100,000個超）に製造する必要のある部品である場合、3Dプリンタよりも射出成形のほうが適していることが分かっています。ただし、類似の製品を長期間にわたって中量生産するための迅速なアプローチが必要である場合には、再び3Dプリンタが、オンデマンド生産を行って在庫数を大幅に削減するための実行可能な選択肢となります。

たとえば、これらの部品を12か月間に60,000個必要である場合、射出成形を使用して1回で生産することも、3Dプリンタを使用して月に5,000個の部品を連続して（または必要に応じて）生産することもできます。

これは次の質問につながります。

2b. いつ、どこで部品が必要ですか？

繰り返しになりますが、この質問は、部品の生産場所や流通方法という観点から、生産における俊敏性に言及するものです。3Dプリンタはデジタルプロセスであるため、（射出成形の性質上必要となるように）60,000個の部品を1箇所で生産して全世界に販売するのではなく、必要な場所で必要な数だけ部品を生産できます。これは、輸送コストを大幅に削減するため、コスト面で意味があると同時に、環境面でもプラスの影響があります。最後にもう1点挙げると、このように生産を現地化し、市場や顧客の近くに移動することも、サプライチェーンのリスクを軽減することにつながります。

3. 部品あたりのコスト

これは非常に大きな問題であり、おそらく最も重要なものです。ただし、ここでも前述のポイントで示した状況に基づいて考慮する必要があります。

3Dプリンタプロセスの大きな利点の1つは、工具不要のプロセスであることです。射出成形用の金型の製造にはコストと時間がかかり、そのすべてが事前に発生します。ここに重要なポイントがあります。射出成形には、生産を行うために多額の先行投資が必要となります。前述のように、生産用の3Dプリンタは、特に委託製造業者と提携する場合に、また社内生産の場合にも、従量制ビジネスモデルを可能にします。

ここでは生産量が重要になります。大量生産の場合、射出成形の部品あたりのコストに関するROIは劇的に抑えられる可能性があるためです。金型のコストは一定であるため、金型から生産される部品数が多いほど、部品あたりのコストは低くな

ります。3Dプリンタでは、コストは1個目の部品から20,000個目以上の部品まで均一になります(生産量に関する項に示した図は、この点も示しています)。

下の図は、いくつかの特定の部品の価格比較の概要と、SAF技術を搭載した3Dプリンタが優位になる場合と方法を示しています。

部品コスト比較 - 射出成形とSAF

	部品名	寸法[mm]	外部委託の部品あたりの射出成形コスト[\$]	SAF H350の部品あたりのコスト[\$]	削減率	損益分岐点総生産量	造形あたりの最大部品数
	ケーブルクリップガイド	15x17x49	\$ 2.35 5,000個/年	\$ 2.19	7%	19,900個	1020
	ブラケット	60x55x55	\$9.40 500個/年	\$4.10	56%	6,536個	171
	電子コネクタ	80x80x52	\$ 119.48 50個/年	\$30.61	74%	820個	30

部品あたりのコストの計算式には、考慮すべき多くの要因があります。明らかなものとしては、生産活動自体(機械、エネルギー、材料費、人件費、後処理など)です。しかし、販売、出荷、現場保管、倉庫保管という付加的な考慮事項もあります。

4. 反復

注視する必要のある別の考慮事項が、製品の反復やそれに伴う設計変更があるかどうかです。これは継続的な生産において、3Dプリンタ技術が大

きなメリットをもたらすことができ、射出成形が限定的となり得るもう一つの領域です。3Dプリンタ技術を使用した製造により、継続的で反復的なアプローチが可能になります。コストをほとんど、時にはまったく伴うことなく、いつでも変更を加えることができます。特定の製品または部品のための金型を発注した場合、大体が石で、あるいは少なくとも鋼で作られるため、変更することほぼ不可能であり、変更できても高いコストがかかります。

5. 材料

工業生産技術では、選択した用途に適した特性を提供するポリマー材料が利用できる必要があります。最も広く使用されているポリマー材料は、PA 11、PA12といった熱可塑性プラスチック、ガラス繊維配合またはカーボン配合のナイロン、フォトポリマー、熱硬化性樹脂など、3Dプリンタプロセスでも利用できます。

ただし、3Dプリンタ向けの生産グレードの特殊材料が多数開発されていてもなお、射出成形で利用可能な何千もの選択肢と比較すると、3Dプリンタの材料の選択肢はまだ少ないのが現状です。

メーカーが製造用途における3Dプリンタの利点を発見し続けるにつれて、材料会社は、フォトポリマー熱硬化性樹脂とパウダーやフィラメント状の熱可塑性プラスチックの両方を含む、より「機能的

な」材料の開発に多額の投資を続けています。多くの高性能材料で機械的特性の向上に重点が置かれていますが、耐候性、ESD（静電放電）、FR（難燃性）、FST（可燃性、排煙度、有毒性）、低誘電損失、食品との接触、医療グレードなど、新たな機能が加えられ始めています。これら次世代のAM技術用材料は明らかに、特定の用途に特定の機能を必要とする最終用途部品に対応することを目的としています。

このようなAM技術用の熱可塑性プラスチックおよびフォトポリマー材料の進化過程は、かつて同様の状況にあった射出成形用の熱可塑性プラスチックの進化と似ています。射出成形用の熱可塑性プラスチックは、基本的な材料パレットから始まり、一つひとつの用途に特化することで成長を遂げ、今日では広範な選択肢を提供しています。



この自動車HVACシステムのエアダクト部品はSAF™技術で造形されています。従来、このような部品は2つの部分を成形してから組み立てられてきました。SAF技術により、1つの部品として造形できるため、後工程の組み立て作業と破損の発生を減らすことができます。

必ずしも どちらか一方を選ぶ 必要はない

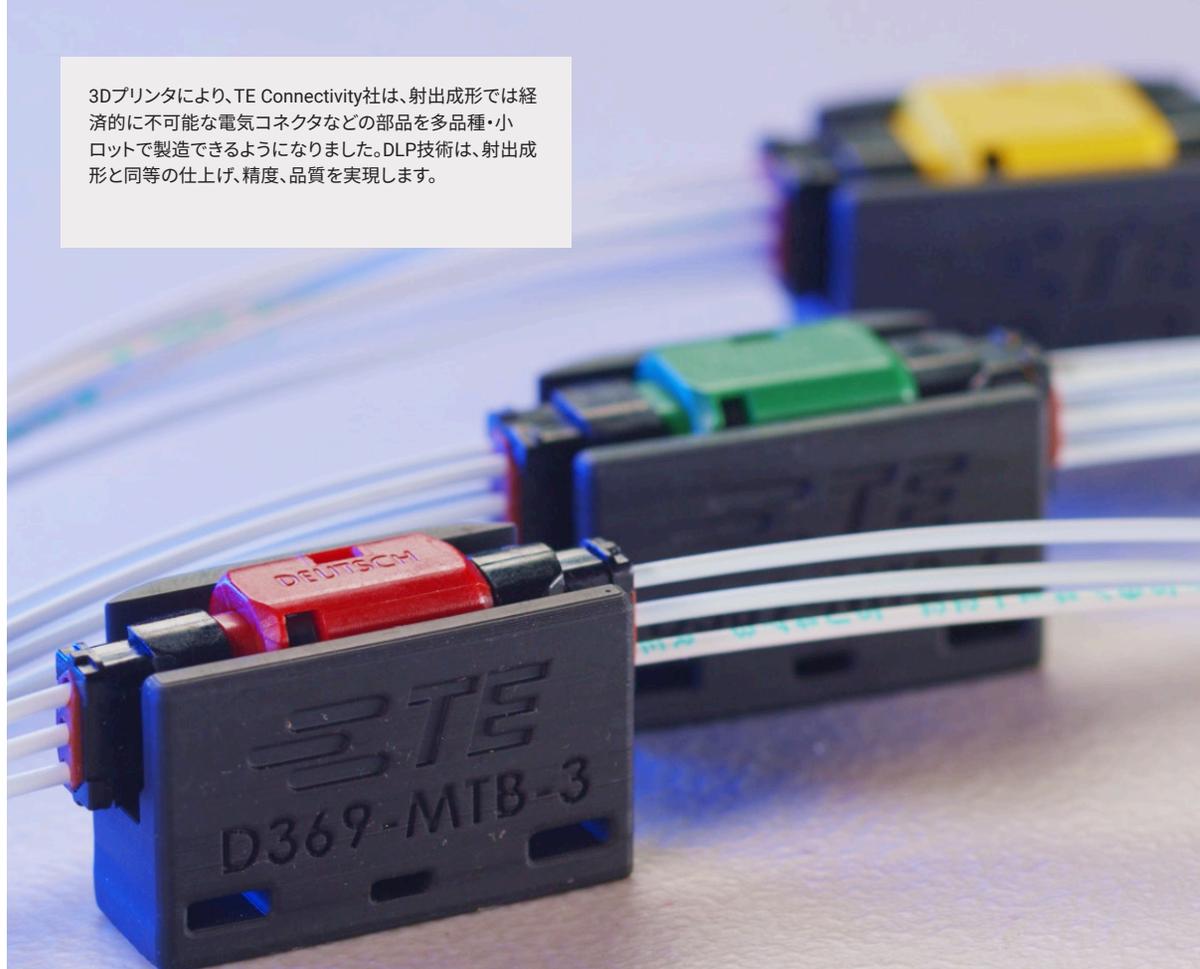
お伝えしたいのは、3Dプリンタは、用途によって射出成形に代わる実現可能かつ効率的で費用対効果の高い代替手段となる一方で、射出成形をサポートする役割を果たすこともできるということです。これら2つの技術が交わっている、時間とコストを大幅に削減できる非常に有用な方法があります。

冒頭で、依然として3Dプリンタがプロトタイプングに不可欠なツールであるとお伝えしました。ま

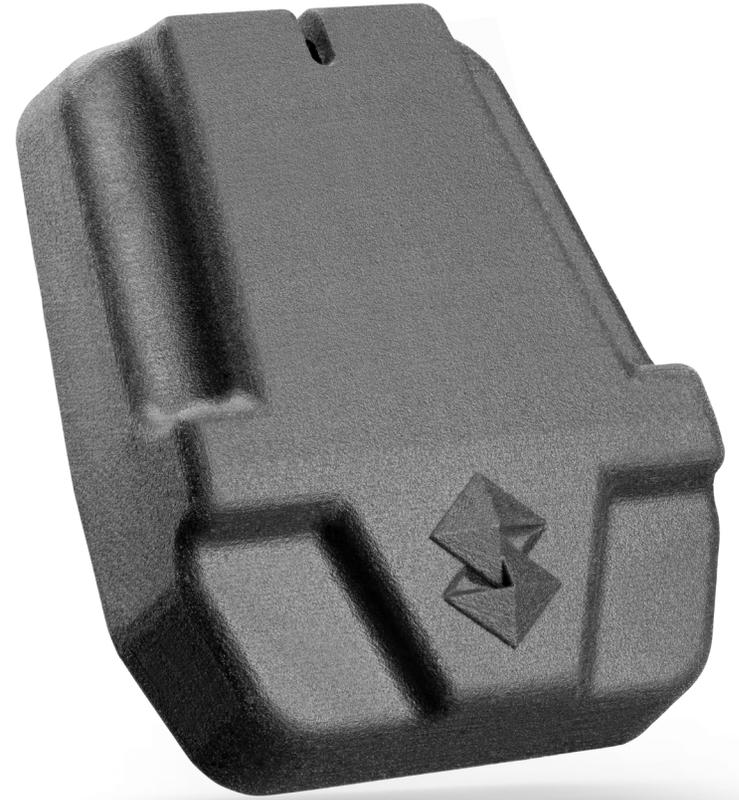
た、エンドツーエンドの射出成形プロセスにおいて、他の多くの主要な方法で重要な役割を果たすこともできます。プロトタイプは、形状、機能、および製造上の観点から部品を開発するためのものです。ただし、3Dプリンタはプロトタイプングだけでなく、射出成形のブリッジツールとしての機能を果たすことができ、(AM技術を使って迅速かつ低コストで造形できる)中間金型を使用して、最終的な(はるかに高コストの)金型製作に着手する前にプロセスの変更、最適化、テストを行うことがで

きます。さらに、金属AM技術システムの機能により、特に複雑なマルチキャビティ金型が必要な場合、3Dプリンタを使用して金型自体を造形できます。現在、多くのAM技術システムで、金型の鋼材料や一部のより高度な金属材料などの使用が認められています。

3Dプリンタにより、TE Connectivity社は、射出成形では経済的に不可能な電気コネクタなどの部品を多品種・小ロットで製造できるようになりました。DLP技術は、射出成形と同等の仕上げ、精度、品質を実現します。



この典型的な自動車用レインセンサーカバーは、H350™ 3Dプリンタで造形され、SAF™技術で作成されました。この部品は、1,000個の部品ベースで、射出成形と比較して部品あたりのコストが低くなっています。



まとめ

3Dプリンタ技術は、機能と容量の両面において、プロトタイプングプロセスから製造プロセスに移行したことが実証されています。これは、製造用途にとって重要な移行であり、この用途では3Dプリンタがより効率的で費用対効果の高いものになる可能性があります。ただし、3Dプリンタは現在も、プロトタイプングや金具製作用途において非常に有用なプロセスであることに変わりはありません。

メーカーは、プレッシャーと競争の激化に直面しているため、常にコスト管理の方法を模索しています。本書の目的は、さまざまな選択肢を検討することでこれを実現できる方法について情報を提供することです。



ストラタシス本社

7665 Commerce Way,
Eden Prairie, MN 55344
+1 800 801 6491 (米国内フリーダイヤル)
+1 952 937-3000 (米国外)
+1 952 937-0070 (Fax)

stratasys.com

ISO 9001:2015認証取得

1 Holtzman St., Science Park,
PO Box 2496
Rehovot 76124, Israel
+972 74 745 4000
+972 74 745 5000 (Fax)

© 2024 Stratasys. All rights reserved. Stratasys, Stratasys Signetのロゴ, Stratasys Direct Manufacturing, OriginおよびP3, H350, Hシリーズ, SAF, Selective Absorption Fusion, Big Wave, ならびにHAFは、Stratasys Inc. および/またはその関連会社の商標または登録商標です。H350プリンタは、Loughborough University Enterprises LimitedおよびEvonik IP GmbHから、以下のおよび/または関連する特許および特許申請ならびにこれらのファミリーメンバーに基づいて、ライセンス許諾されています。EP2739457、EP3539752、EP1648686、EP 1740367、EP1737646、EP1459871。関連企業の経営状況や現状などの詳細については、<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/>をご参照ください。その他の商標はすべて、各所有者に帰属します。ストラタシスは、これらのストラタシス製以外の製品の選択、パフォーマンス、利用については一切責任を負いません。製品仕様は、予告なく変更されることがあります。eB_P3_SAF_Injection Molding_JP_0923a

