

## 10-7. 3Dアディティブ・マニュファクチャリング (3D-AM)

### □ 市場トレンド

3Dアディティブ・マニュファクチャリング (3D-AM) は、いわゆる3Dプリンターのみならず、使用する材料、ソフトウェアや関連サービスも含む付加製造による新たなモノづくりシステム全体を示す。個人の価値観は多様化し、世界的な経済構造の急激な変化、各国における年齢構成の変化や高齢化による労働者人口の減少が起きている。これに対応するには、工業製品や医療製品の高機能化と同時にこれまでの大量生産、大量消費から、ユーザーの感性価値の可視化を取り入れた個々のカスタマイゼーションを推進する技術革新が不可欠となる。3D-AMはこれを具現化する技術として期待され、多種多様な価値観の下で商品を高機能化、高付加価値化することで、消費者の生活様式や生活概念そのものをも変革するツールとしての役割まで果たす可能性を秘めている。

世界のハイエンド3Dプリンター装置市場に着目すると、特に輸送機器分野、金型製造分野、医療/福祉分野、造形サービス事業者を中心に購買意欲が盛んである。同時に造形物の創製に不可欠な原材料、3Dデータ構築から解析に至るまでのソフトウェアの進化、3Dスキャナーなどの周辺機器の充実、メンテナンスや造形品の品質保証の関連サービスを含め、3D-AMの市場とみなすことができる。この経済規模は急成長を維持しており、2025～2027年まで、25～33%の成長が続くと試算がある。新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) は、2030年の金属造形品市場が2兆円、別の海外レポートで

は399億ドル規模にまで達するとしている。また、3D-AM材料のみに限っても、その市場規模は2026年には1兆円規模に達するとの予測がある。

現在の3Dプリンターの市場としては、米3D Systems社と米Stratasys社の2社で70%以上の市場シェアを誇っているが、金属3Dプリンターではドイツ企業が圧倒的である。これに中国を加えた3地域がAM市場を牽引している。相次ぐ関連企業買収、新工場設立が報道され熾烈な主導権争いが行われている。一方で日本は、商用化に出遅れたためシェアが低迷したが、近年、複数の大手メーカーにおいて国産金属3Dプリンターの開発を異なる独自様式で進める動きがあり、急速な追従が期待される。

### □ 商品トレンド

3D-AMは、多種多様な価値観の創出をはじめとする市場トレンドの数多くの要求を、樹脂、金属、セラミックス、バイオにわたる幅広い材料種の選択・融合とカスタム化、複雑形状、組織制御、リードタイムの短縮といった、商品レベルでの期待機能を満足させることで実現する様々な技術的要素を併せ持つ。現状では3D形状や着色といったデザイン性への要求が高い樹脂を中心とした3D-AMが主に市場を牽引している。また、3Dフードプリンターは、見た目を美しくするだけでなく、空洞化することでダイエット効果を図るといった利点から、2025年までに1000億円規模の市場に成長すると試算されている。さらに、再生医療から派生し、ステーキ用の培養肉を製造するといった試みもなされている。

高機能化、高付加価値化、省力化といった3D-AMの特徴は、エンターテインメントや家電製品といったユーザーの趣味/嗜好に合わせたデザイン志向から、航空宇宙、自動車分野に代表されるエネルギー/輸送機器産業や医療/福祉製品との相性が良いことから、その市場拡大が進んでいる。特に、「Society 5.0」に代表される情報科学に牽引される新産業革命は、3D-AMとIoT (Internet of Things) やビッグデータ利用、人工知能 (AI) やロボット活用との融合により、マスカスタムに対応可能なスマート工場を実現しつつある (図1)。

3D-AMによる製品化の利点として、複雑形状の造形に加えて、工業製品の機能と深く関わる材質制御、特に原子レベルまでのマルチスケールにわたる等方性、異方性特性制御を通じた高機能化を同時に可能とすることは注目すべき点である。マクロ形状制御に材質制御を同時に実現し得るという3D-AMの利点を最大限に生かす方法として、筆者は「異方性の材料科学」に基づき、材料×マクロ構造×マイクロ構造 (原子配列の等方性/異方性) の同時制御という「異方性/等方性階層化マテリアル」を定義し、日本発の金属3D-AMならではの付加価値化を提案している。この試みが、これまでにない機能を有する新製品開発による急速な市場拡大、低迷する日本のシェア拡大の起爆剤となることが期待されている。

さらに、3D-AMは、サイバーフィジカルシステム (CPS) の活用を後押しする形で、少量多品種製品であっても効率的に短いリードタイムで商品化を可能にすることから、医療・福祉、種々の工業機器、エネルギー分野などにおいて、高い需要の伸びが期待される。例えば、歯科用3D-AMの世界市場規模は、2021年は19億米ドルであるが、2030年までに159億米ドルへの成長予測がある。

また、工業機器に目を向けると、その期待は一般製品にとどまらず、航空宇宙産業、自動車産業分野での基盤技術にまで及んでいる。特に、航空機エンジンのタービンブレードは、金属3D-AMを用いることで、従来困難であった複雑内部構造制御による冷却効率の向上設計と、耐クリープ性向上のための原子レベル組織制御が同時に実現可能となる。精密かつ多種多様な製品を必要とし、その各部品が安全規格の変更などで頻繁に対応を求められる両分野において、3D-AMによる製品製造の利点は極めて大きい。例えば、安価な商用宇宙旅行の実現を目指す米SpaceX社もロケットエンジンの製造に3D-AM

を採用し、エンジン効率を効果的に高めることで、燃料の大幅削減、打ち上げコスト低減を目指している。

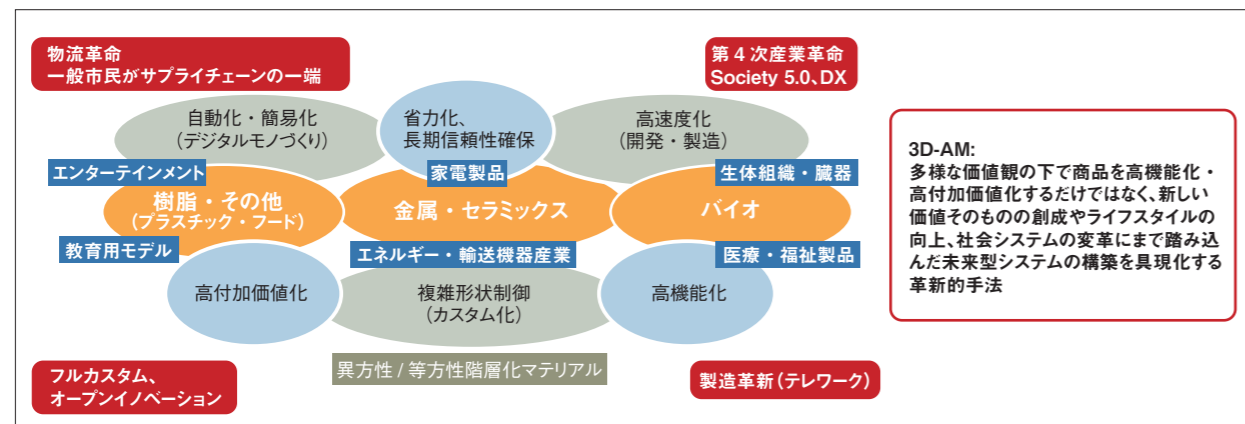
第4次産業革命が進む現代において、デジタル技術を使い、全く新しい便利なビジネス形態を実現するデジタルトランスフォーメーション (DX) が各分野で急速に進む中、3D-AMはまさにDXの申し子と言うべきものである。輸送コストの削減や現地の需要に基づき、製造個所を増やすことでリスク分散をするといった、現場近くで生産する動きは、物流革命ともいうべき形で今後加速することは間違いない。このようなデータ主導の製造プロセスの拡大、ノウハウのデジタル化は、優れたアイデアを持ち込めば、大企業でなくても設計・量産が可能な「ものづくりの民主化」を引き起こす。家庭にも当たり前のように3Dプリンターが置かれるようになれば、一般市民がサプライチェーンの一端を担う未来まで想像し得る。日用品や修理部品なども、完成品を購入するのではなく、3Dモデルデータを購入し、自宅で完成品を出力できるようになる。

### □ 技術トレンド

3D-AM技術は、近年の技術革新により、各材料分野で飛躍的な進歩を遂げている。例えば、樹脂、金属と比較し展開が遅れていたセラミックス3D-AMは、2032年までに現在の7倍の約4億米ドル規模にまで成長すると予測されている。それぞれの材料に適した3D造形の新方式が出現、淘汰され、造形の高速度化、大型化に加え、製品機能を設計段階で予測するための蓄積データ活用や定式化、自動化が進む。3D-AMとその場切加工との複合化による新方式の開発も急速に進んでいる。

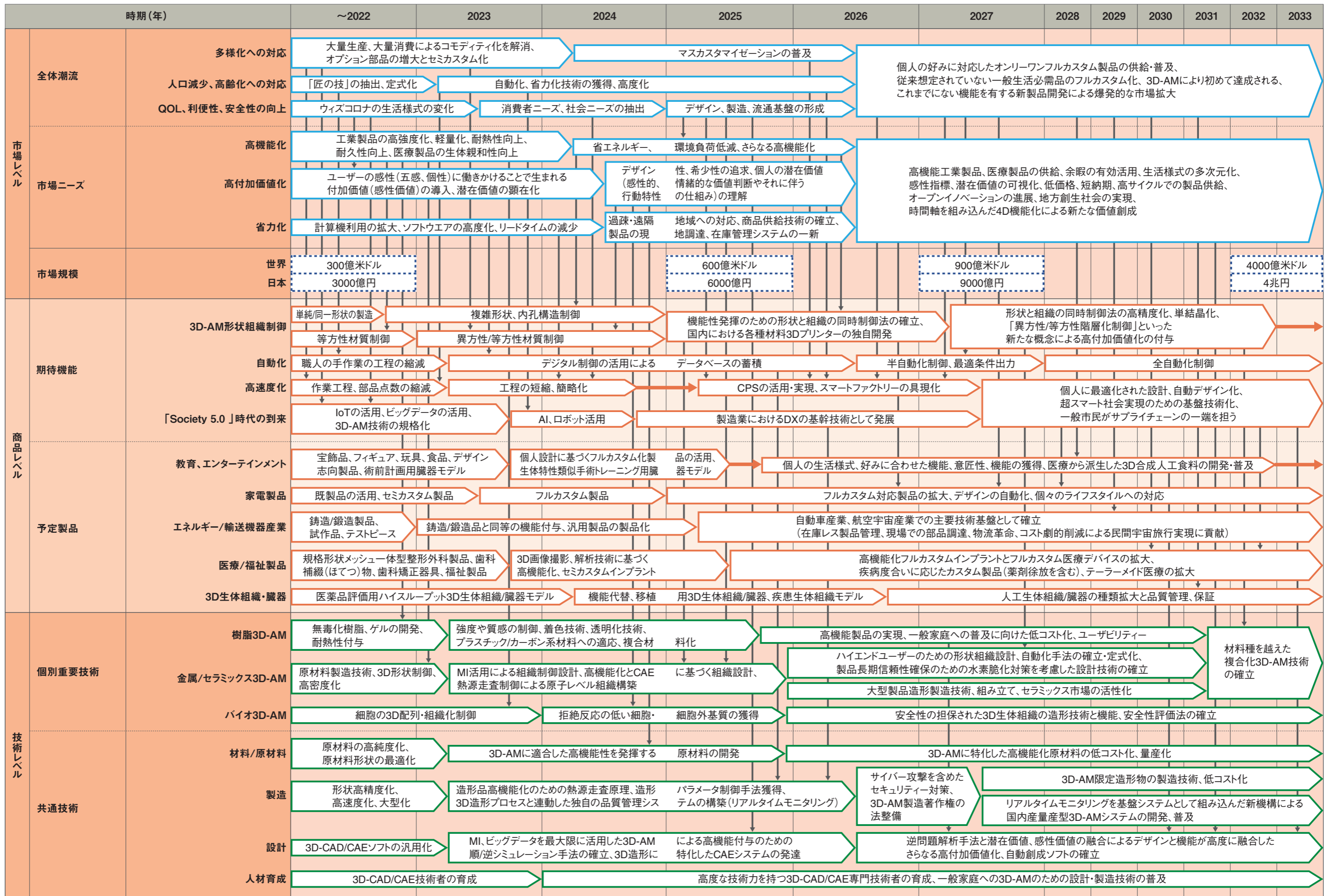
一方で、製造技術と同レベルで今後開発が求められるのが、3D造形に特化したCAD/CAM/CAEシステムである。3D造形ならではの高性能を製品に付与するには、その源泉となる内部構造 (微細組織) を部位に応じて適切に作り込むための順シミュレーションが求められる。その際、金属製品の長期信頼性を確保する上で重要な水素脆化抑制を考慮した設計が重要である。これらを3D-AMで実現し、社会基盤技術に発展させるには、マテリアルズインフォマティクス (MI) に基づき、蓄積されるビッグデータの活用が求められる。必要な機能を直感的に誰でも引き出すことができるような自動化/半自動化を可能にする逆シミュレーションの構築も不可欠となる。

図1 「3D-AM」の特徴、進化する製品群、社会の変革



(筆者が作成)

# 3Dアディティブ・マニュファクチャリング (3D-AM)



10 材料/製造