

金属 3Dプリントのデジタルツイン科学と新材料創製

大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻
 (兼任) 同研究科附属異方性カスタム設計・AM研究開発センター

小泉雄一郎, 奥川将行, 柳 玉恒, 中野貴由

1. はじめに

日本政府が提唱した「Society 5.0」や「Connected Industries」、ドイツ政府が提唱した第4次産業革命（Industry 4.0）などによりものづくりのデジタルトランスフォーメーション（DX）が推進されてきた¹⁾。これらの変革により、求められる性能・機能から逆問題を解くことで最適な材料や工程を設計し、必要な場所・時間・数量の製品を製造する社会の実現が進められてきた。さらに、自然災害や国際情勢の変化など、環境・状況の変化に対応する製造サプライチェーンの強靱さへの要求に対応し、感染症拡大を起点とした社会のDX化の動きが一層強まっている。この動きは、欧州で2021年に提唱された第5次産業革命（Industry 5.0）でも重視されている。そのような高度社会において、サイバーフィジカルシステム（CPS）やデジタルツイン（DT）は根幹をなす技術として開発が進められている。CPSはサイバー空間と物理空間を統合したシステムであり、DTは製造装置、工場など複雑な機械システム、気候システム、物流システムなどのシステムをサイバー空間に複製したものである。DTは、統計モデルと物理モデルによって構築され、物理モデリングには製造施設で発生する物理化学現象を再現するための計算機シミュレーションが用いられる²⁾。CPSとDTは様々なスケールで構築されており^{1,3-11)}、マクロスケールでは天気予報⁶⁾、サプライチェーンの物流ネットワークの最適化、機械の部品交換の故障予測などの分野に応用されている⁷⁻¹¹⁾。

一般に3Dプリントとして知られる付加製造（Additive Manufacturing：AM）技術が世界各国で開発されている。AMを活用した高機能部材の高効率生産のため、AMシステムのDT構築が重要である。筆者らは特に金属AMの主流である粉末床溶融結合（PBF）（図1）¹²⁾のDTの構築を進めている。PBFのDTでは物理法則の数値解析により各工程がシミュレートされる。例えば、粉末層のレーキ過程の粉末粒子の挙動が、各粒子の運動をニュートンの運動方程式と剛体回転を扱うオイラーの運動方程式を数値計算する個別要素法（DEM）によってシミュレートされる。また、ビームと物質の

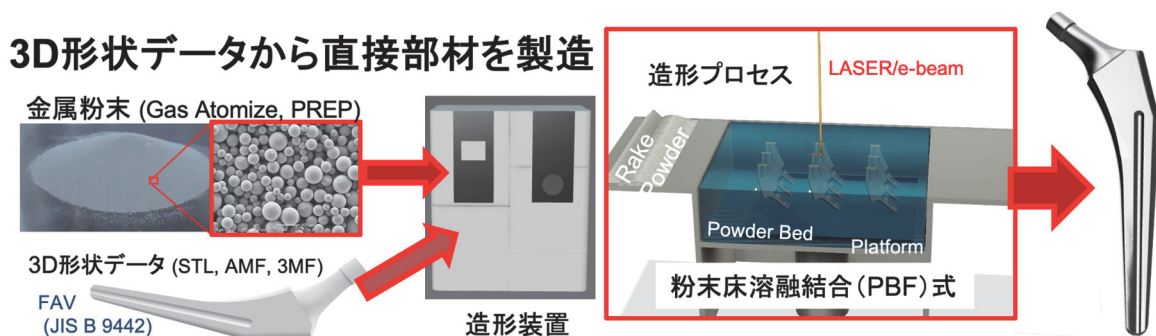


図1 粉末床溶融結合（PBF）型の付加製造（Additive Manufacturing: AM）（出典:小泉研WEB ページ¹²⁾）