



# Newsletter



価値創造スマートものづくり研究センター

発行：神戸大学 価値創造スマートものづくり研究センター

住所：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

電話：078-803-6250 Fax：078-803-6391

HP: <http://www.csi.kobe-u.ac.jp/kachi/index.html>

e-mail: [smart-center@org.kobe-u.ac.jp](mailto:smart-center@org.kobe-u.ac.jp)

令和6年秋号

Vol.18 2024年11月

## アディティブ・マニュファクチュアリングの最前線

報告者：西田 勇（神戸大学）



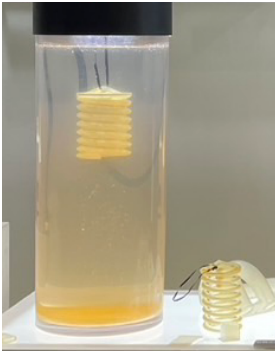
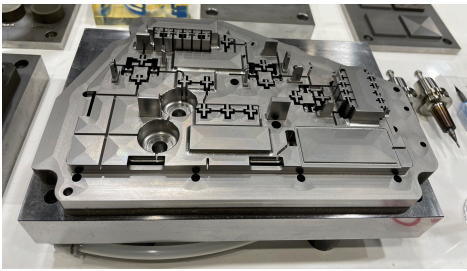
3D プリンタの呼称で馴染みのある積層造形加工（アディティブ・マニュファクチュアリング）は 2012 年頃のドイツの Industrie4.0 をはじめとした製造革命に合わせて製造現場に適用され始め、早くも 12 年が経過しようとしている。当時の状況としては、3D モデルをインプットするだけで完全に自動で成形ができる夢のような加工として注目を集めたが、完成品の品質の問題や材料の制約から、従来の加工方法を置き換えるまでには至らなかった。それから 12 年を経て、積層造形加工の技術が着実に進歩してきている。JIMTOF2024（日本国際工作機械見本市）が 2024 年 11 月 5 日～10 日に東京ビッグサイトで開催された。その中で積層造形加工の最新の技術を用いた装置が展示され、実際の加工現場での適用例も多く展示され、実運用に耐えうるものとなってきていることが示されていた。ここでは、報告者が注目した装置を紹介する。

まず、樹脂材料に関して、3つ挙げる。樹脂材料の積層造形に関しては、熱溶解積層方式（FDM 方式）が代表的である。この方式は、細いノズルから溶かした樹脂を射出し、積層していく方法である。装置が比較的低価格で、モデル形状を成形する目的では手軽に導入できる。3D SYSTEMS 社が展示していた「EXT 800 Titan Pellet」では図 1 に示すように人が座れるくらいの大きさで、強度もある造形を可能としていた。しかし、FDM 方式では、縞模様の積層痕が残るといった課題や造形時間が長いといった課題がある。同じ樹脂材料の積層造形において、積層痕が小さく、造形時間も比較的短い方式に光造形方式（SLM 方式）がある。この方式は、タンクに貯めた液体状のレジン（光硬化性樹脂）に紫外線を照射し、樹脂を固めることで造形する方法である。BRULE 社が展示していた「Form4」では図 2 に示すように積層方向に縞模様の積層痕が目立たない成形を可能としていた。積層造形加工では、中空形状のモデルなどを造形する際には、サポート部が必要となる。サポートは造形後に除去する必要があるが、サポート除去は手作業で行われることが多く、後処理時間の増大が課題となっている。KEYENCE 社が展示していた「AGILISTA」は、2種類の材料を使用し、製品部とサポート部を異なる材料で造形している。さらに、サポート部に用いている材料は独自に開発した水に溶ける材料を用いているため、図 3 に示すように造形後は 1～2 時間水につけておくだけでサポート部が除去されるものとなっている。また、製品部に使用している材料も独自に開発したものであり、アクリルに近い特性を持った高強度な製品の製作を可能としていた。この装置ではインクジェット方式が用いられている。インクジェット方式は SLM 方式と同様に光硬化性樹脂をノズルから吐出し、紫外線を照射して硬化させることで造形する方法であるが、インクジェット方式は面単位で硬化が可能であり、この装置では一度に 500 点をレーザ照射することができる。また、加工精度は 15 ミクロンとなっており、非常に高い精度での造形が可能である。

次に、金属材料に関して、3つ挙げる。金属材料の積層造形に関しては、粉末床溶融結合法（PBF 方式）と指向性エネルギー

ギー堆積法 (DED 方式) が代表的である。PBF 方式は、ベースプレート上に金属粉末を敷き詰め、造形する部分に熱源のレーザーやビームを照射し、溶融・凝固していくことで造形する方法である。DED 方式は、ノズルから金属材料粉末の噴射とレーザーの照射を同時に行い、レーザーで金属材料粉末を溶融、凝固させて積層する方式である。PBF 方式は加工精度が高いものの造形時間が長くなることが課題であった。DMG 森精機社が展示していた「LASERTEC 30 DUAL SLM」では、レーザー照射装置を最大 4 つ搭載することが可能であり、1 度に異なる複数のモデルを造形することで、1 つあたりの造形時間を短縮することが可能となっていた。複雑形状の造形においては、5 軸加工機を用いる切削加工と同等の加工効率を実現できているとのことだった。金属積層造形では、造形後の仕上げ面性状がよくないことも課題であった。松浦機械製作所社が展示していた「LUMEX Avance-25」では、その課題を解決するために、一層ごとに積層した後にその外形に対して切削加工を行うことで、積層後の仕上げ面性状は切削加工と同等となっていた。図 4 に示すような金型の加工を総加工時間は 200 時間を超えるとのことだったが、一度の段取りで完成品を製作することができる。一方、DED 方式は局所的な造形が可能となるため、異なる金属材料のベース部品に積層することが可能であり、ある部分だけ高強度な材料を用いたい場合などに有効な方法である。しかしながら、仕上げ面の表面が粗いことや、PBF 方式のようにサポート部を多くできないことが課題であった。DMG 森精機社が展示していた「LASERTEC 3000 DED hybrid」では、通常切削加工で用いられている同時 5 軸加工機にレーザー照射装置と金属粉末を噴射するノズルを取り付けることで、サポート部が不要となる姿勢を決定してから造形を行うことができる。また、造形後には表面を 5 軸切削加工にて仕上げ加工を行うことによって、一度の段取りで完成品を製作することができる。

以上のように、積層造形加工は夢のような加工として登場して注目を浴び、一時期は完成品の加工には使えないといわれ、技術が追いついていない冬の時代を送ったが、現場の要望をくみ取った開発を各企業が行うことで、積層造形加工で有効な加工ができる場面が少しずつ増えていっている。量産加工の面では、他の加工法に及ばない部分は多いが、適材適所で積層造形を用いることで、生産性を向上できるものとなってきている。

	
<p>図 1 FDM 方式で製作された大型形状のモデル (3D SYSTEMS 社)</p>	<p>図 2 SLM 方式で製作された部品形状 (BRULE 社)</p>
	
<p>図 3 インクジェット方式で製作された部品形状 のサポート除去(KEYENCE 社)</p>	<p>図 4 金属積層造形と切削加工を融合して 加工した金型(松浦機械製作所社)</p>

神戸大学 価値創造スマートものづくり研究センター

運営委員：

センター長：貝原俊也 神戸大学 大学院システム情報学研究科 システム情報学専攻

副センター長：坪倉 誠 神戸大学 大学院システム情報学研究科 システム情報学専攻

副センター長：西野 孝 神戸大学 大学院工学研究科 応用化学専攻

運営委員：鈴木 洋 神戸大学 大学院工学研究科 応用化学専攻

運営委員：西田 勇 神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

学外協力教員：

協力教員：白瀬敬一 神戸大学名誉教授

協力教員：南知恵子 神戸大学名誉教授

事務局：神戸大学 大学院システム情報学研究科システム計画講座

場 所：神戸大学 大学院システム情報学研究科本館2階 S207室

## 行事予定・その他

- 行事予定（詳細はセンターHP もご参照ください）

参加費無料

(交流会は会費制)

### 2024年度センターシンポジウム+見学会および交流会（対面形式）

#### 「神戸発！水素で拓く未来社会」

日時：2025年1月20日(月) 13時30分～17時（見学会集合 13時15分）

見学会：神戸液化水素荷役実証ターミナル「Hy touch 神戸」（ポートアイランド） 13時半～14時15分

シンポジウム：神戸大学統合研究拠点 コンベンションホール（ポートアイランド） 15時～17時

交流会：シンポジウム終了後、会場にて交流会を実施予定(会費制：3千円) 17時～

※今後神戸市に展開される水素社会についての講演を予定



- 寄稿文のご依頼

このセンターニュースですが、当センターからの発信だけではなく、会員皆様からの寄稿文を掲載することで、会員相互の交流の一助にできないかということで、広く会員皆様からの寄稿文を募集することといたしました。

つきましては、ご希望がございましたら、下記担当までご連絡ください。別途センターニュースの様式をお送りいたしますので、寄稿文を1頁から2頁程度で作成いただき、寄稿される方の連絡先とともに当センターまで送付くださいますようお願いいたします。

なお、掲載にあたりましては、当センターで掲載の是非及び内容等の確認や校正をさせていただきますことをお含みおきください。

- 会員募集について

「価値創造スマートものづくり研究センター」に会員登録いただける方は、下記メールアドレス又は、QRコードに、お名前（フリガナ）、所属（会社名）、職名、e-mail アドレスを送信くださいますようお願いいたします。

なお、特に会費等の支払いは必要ございません。

会員登録いただきました皆様には、季刊のセンターニュースレーターのご連絡や、定期的に関連するシンポジウムやセミナーの情報をお送りするとともに、技術的な内容へのご相談などを随時受け付けております。

また、周りにご関心をお持ちの方がおられましたら、是非ご紹介を頂ければ幸いです。

申込書返送先：神戸大学 価値創造スマートものづくり研究センター

事務担当：坂本

Phone: 078-803-6250, Fax: 078-803-6391

e-mail：[smart-center@org.kobe-u.ac.jp](mailto:smart-center@org.kobe-u.ac.jp)

