

3D プリンタが実現する新たな “ものづくり”

宇宙ステーションあるいは月や火星で人類が生活するためには、まず宇宙線を避け、空気のある空間、すなわちシェルターを作る必要がある。すでに、アメリカ航空宇宙局（NASA）では月におけるシェルターを 3D プリンタで作る構想がある。

このように、3D プリンタは新たな “ものづくり” における有望な加工法として、航空宇宙分野はもちろんのこと、自動車分野、建築分野など様々な分野での活躍が期待されている。また、バイオプリンティングのように細胞を積層して臓器を作り出すことも試みられているが、まだ実用化には時間がかかりそうである。

さて、積層造形は、**図 1** に示すように粘土紐を積み上げて作る縄文時代の土器製造方法もその 1 つだ。現在の 3D プリンタの原型といってもよい。1979 年に発表された東京大学の中川威雄名誉教授の積層金型技術は、金属材料を利用した点では先駆的であった。

このように古くから、いろいろな分野で積層造形は行われてきた。第 1 章でも紹介するが、現在の 3D プリンタのもと、名古屋市工業技術研究所の小玉秀男博士の紫外線硬化樹脂を使った光造形が始まりといわれている。**図 2** に造形体を示す。

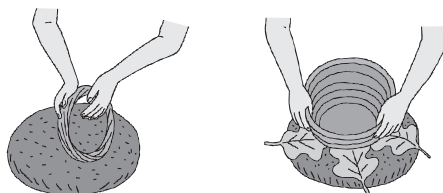


図 1 縄文土器の作り方



(小玉秀男、「3次元情報の表示法としての立体形状自動作成法」、電子通信学会論文誌より)

図2 小玉秀男博士の造形物

小玉博士は特許出願したものの、審査請求を行わなかったために、日本では多くのメーカーが光造形による装置開発を行い、最終的にはシーメットが事業を継続してきた。これに対して、アメリカでは、1986年にChuck Hull氏が基本特許を取得し、3Dシステムズ社を設立して光造形装置を製品化し、3Dプリンタの礎を作った。

金属については、テキサス大学オースティン校でDeckard氏が研究開発を進め、その後Beaman氏らがパウダーベッド方式の装置開発を行った。当時は、炭酸ガス(CO₂)レーザーが用いられており、いわゆる溶融凝固型の実験装置は、チャンバーが非常に小さいことから、部屋全体にレーザー発振装置がある状況であった(図3)。

2000年頃には、我が国では大阪大学の小坂田宏造先生のグループが金属積層造形について研究していた。毎年テキサス大学オースティン校で開催されているSFF(Solid Freeform Fabrication)シンポジウムに、2002年にはこのグループからも数人が参加し、日本においては金属積層造形の先駆的役

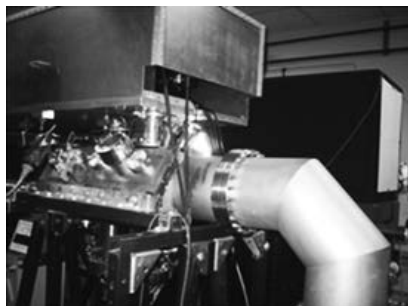


図3 2001年に留学した当時のRamos博士（現在、チリカトリック大学教授）と著者の1人、京極（左図の右側）および金属積層造形装置（テキサス大学オースティン校）（右図）

割を果たされた。また、現在も金型分野で活躍する九州工業大学の楢原弘之先生も参加されていた。

著者の1人（京極）は、2001年から2002年の1年間の留学から帰国後の2003年には、古いYAGレーザー加工機（図4）を使って、樹脂粉末を利用して成形した成形体を焼結して引張試験片の造形体（図5）を作製し、SFF シンポジウム2003で発表した。

その後、小型の粉末積層造形装置を開発し、2006年には経済産業省の補助金によりアスペクト社と50Wのファイバーレーザーを搭載したパウダーベッド方式*の金属積層造形装置を開発した（図6）。

当時は、ファイバーレーザーが出始めて、金額的にも高額であった。そのため、50Wのファイバーレーザーしか購入できなかったこと、またアルミニウム合金粉末が異形状であったことなどが原因となり、高密度の造形体を作製できなかった。この装置で作製した例として、アルミニウム合金製自動車用

*パウダーベッド方式：金属や樹脂粉末を敷き詰めたパウダーベッドにレーザーや電子ビームを照射し、選択的に熔融させて造形する方法。

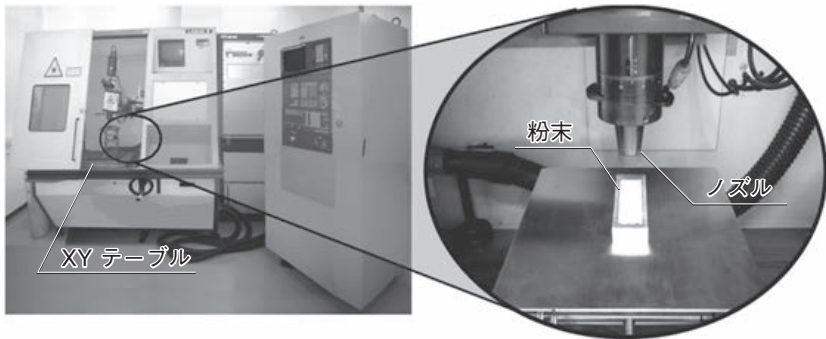


図4 積層造形に利用した YAG レーザ加工機



図5 引張試験片

オートマチックトランスミッション部品の造形体を紹介する（図7）。

その後の金属積層造形装置の発展は、第1章に記すように、ファイバーレーザーの高出力化と低コスト化、この技術に相応しい金属粉末の開発およびソフトウェア開発によるところが非常に大きく、現在の高性能な金属積層造形装置の開発につながっている。

このような装置開発、金属粉末の開発やソフトウェア開発が相まって、2013年のアメリカのバラク・オバマ大統領（当時）の一般教書演説以後、アメリカはもちろんのこと、ヨーロッパ、中国など各国でプロジェクトが立ち上がった。我が国においても、2014年度より経済産業省直轄の技術研究

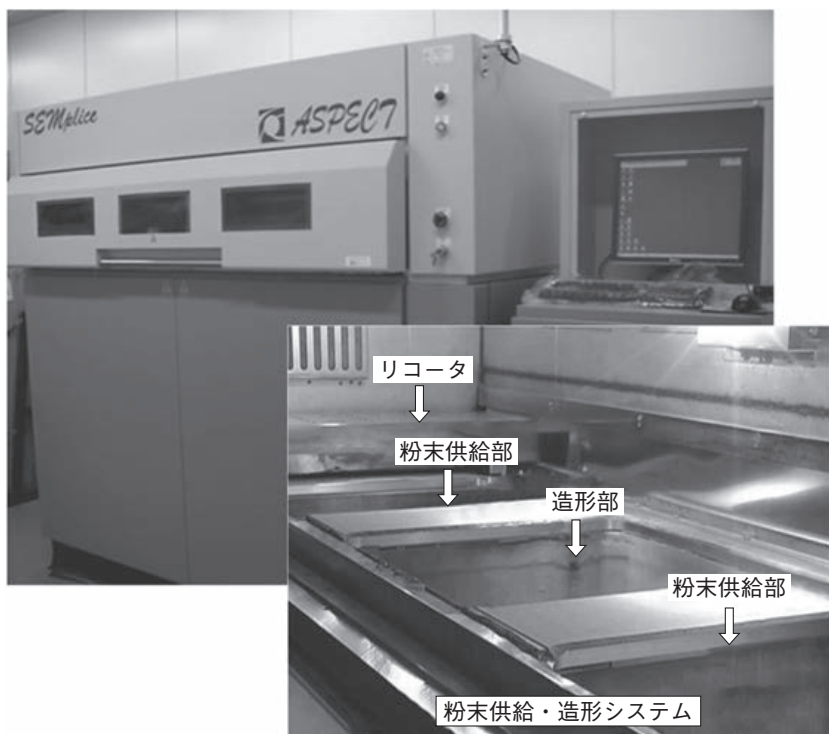
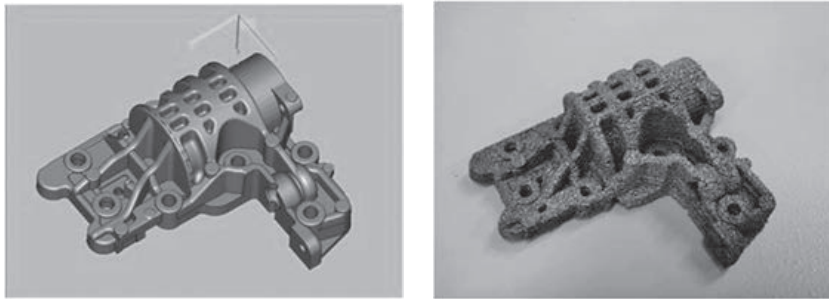


図6 経済産業省の補助金（2006～2007年）により製作した金属積層造形装置

組合次世代3D積層造形技術総合開発機構（TRAFAM）が設立され、金属3Dプリンタ開発を中心としたプロジェクトが行われている。

一方、世界に目を向けると、2013年以降の金属積層造形技術の動きには目覚ましいものがある。アメリカの“America Makes”を中心としたプロジェクト、ヨーロッパ各国が連携したプロジェクト、中国の往路プロジェクトなど各国のプロジェクトが開始された。それとともに、GE社をはじめとする航空宇宙関連企業も技術開発に乗り出した。

“America Makes”を中心としたプロジェクトは、ローレンス・リバモア



(a) CAD図面

(b) アルミニウム合金造形体

図7 自動車用オートマチックトランスミッション部品のCAD図面と造形体

国立研究所、サンディア国立研究所、オークリッジ国立研究所、さらにはアメリカ標準局（NIST）などのシミュレーションやテストベンチによるモニタリング技術、装置開発に関する基礎研究を一気に推進した。

上記の研究所と連携する大学も一気に増え、パウダーベッド方式だけでなく、デポジション方式*などにおける基礎研究にも従事している。

先ほど紹介した、テキサス大学オースティン校のSFFシンポジウムはBeaman氏らが始めた。毎年、当大学で開催されてきた、この分野における最も古い国際会議だ。このところBourell氏が中心となって運営し、2017年に28回目を迎えた。2015年以降の発表件数や参加者の増加は目覚ましく、2017年にはアディティブ・マニュファクチャリング（Additive Manufacturing：AM）分野だけで約500件の発表がなされるまでに至った。これは、アメリカにおける“America Makes”による研究開発の成果の表れであり、各国のAM技術に対する重要性の認識の表れでもある。

*デポジション方式：金属粉末あるいはワイヤを供給しながらレーザーや電子ビームを照射し、溶融・堆積して造形する方法。