

トピックス

3Dプリンターの歯科活用

奥羽大学歯学部生体材料学講座 石田 喜紀

3Dプリンターの歴史は、1980年に小玉秀男氏（名古屋市工業研究所）の「立体図形造形作製装置」（光造形法のコンセプトとなるもの）に関する特許出願がされたのが技術的起源であり、その3年後の1983年に三次元形状を記録するデータフォーマットが公開されたことで3Dプリントの技術が急速に広まった。現在では歯科においてその需要は世界的に伸びつつあり、あるアメリカの市場調査会社のレポートによると、2019年時点の全世界の歯科医療用3Dプリンター市場を3億1千万ドル規模と推定しており、2024年までに4億4千万ドル（470億円）規模に成長すると予測している。国ごとに医療機器の規制が異なるため日本の状況とは違いがあると思われるが、今後イノベーションが訪れることは間違いないのではないかと推察する。

開発当初の3Dプリンターは非常に高価であったが、2007年頃から各種積層方式に対する基本特許保護期間が終了したことで、急速に低価格化が進み一般向けの装置が普及した。歯科でも作業用模型や個人トレー、サージカルガイド、マウスピース型矯正装置など様々な用途用いられるようになっている。

3Dプリンターという用語は本来積層造形（AM: Additive Manufacturing）技術の一つとして用いられていたが、市場規模が広がり様々なタイプの装置が販売されたことで、ISO/ASTM 52900規格の中では造形方法によって7種類に分類されている。以下にそれらの名称（通称）と特徴を記す。

1) 材料押出方式（熱溶解積層）

フィラメント状の熱可塑性樹脂を加熱し、軟化させたものを押出しながら一筆書きの要領で積層する方式。低価格な一般向け製品が多くある。使用できる材料は熱可塑性樹脂のみ。

2) 液槽光重合方式（光造形）

液状の光重合型樹脂を入れた液槽に、レーザー

を当て任意の形状に重合させたものを重ねて立体形状を作る。3Dプリンターの始まりとなった方式。使用できる材料は熱硬化性樹脂（樹脂との複合化でセラミックスも可）。

3) 材料噴射方式（インクジェット式：マテリアルジェットイング）

硬化させる樹脂そのものをインクジェットプリンターのように吐出し、光硬化する方式と、熱溶解させたワックスを吐出し冷却する方式の2つがある。使用できる材料は熱硬化性樹脂とワックス。

4) 結合材噴射方式（インクジェット式：バインダージェットイング）

粉末状の材料を平らに敷き、造形する部位に結合材（接着剤）を吐出しながら硬化させる方式。使用できる材料は石膏、金属、セラミックス、熱可塑性樹脂。

5) 粉末床融解結合方式（SLS, SLM）

結合材を噴射する代わりにレーザーなどで材料を直接融解し、固める方式。金属材料を用いるものは薬機法でクラスⅡの承認を受けている。その他、セラミックス、熱可塑性樹脂の使用可能。

6) シート積層方式

紙などを一枚ずつ任意形状にレーザーで切りながら圧着する方式。短期の試作用途が主。

7) 指向性エネルギー堆積方式（レーザーデポジション）

レーザー光を照射した位置に粉末材料（金属）を吹き付け、肉盛溶接する方式。

3Dプリンターに用いられる材料で、これまで歯科用として薬機法クラスⅡの承認を受け利用されてきたのは粉末床融解結合方式のコバルトクロム合金だけであった。しかしながら、2020年には液槽光重合方式の義歯床用アクリルレジンと歯冠用硬質レジンが認証を受けており、今後の展開に期待したい。