

II 利活用の方が広がる3Dプリンタの実際

5. バイオプリンティングの動向

中村 真人 富山大学大学院理工学研究部(工学)

3Dプリンタは今、世界的大ブームとなり、応用事例が拡大し世界のモノづくり業界、社会全体が大きく動き始めた。3Dプリンタで造った車、建物やビルディングまで建造する事例も出てきた。ドバイでは3Dプリンタでビルやオフィスを造り、町全体を3Dプリンタで造ろうとする国家プロジェクトが走っているという。「模型や衣服や車や機械や建物まで、そして骨や臓器まで何でもつくれる！」が3Dプリンタのうたい文句である。骨や臓器まで、とあるように、3Dプリンタの医療分野への応用は最も注目を集めている領域の一つである。本稿では、3Dプリンタの究極の医療応用「バイオプリンティング (bioprinting)」の動向を紹介する。

バイオプリンティング： 3Dプリンタの究極の 医療応用

バイオプリンティングとは、あらかじめデザインした設計に基づいて生きた細胞や生体材料を適材適所配置しながら、二次元、三次元積層して生きた組織や臓器をボトムアップ的に作製する技術のことを言う。適材適所配置するために印刷技術や三次元積層造形技術を用いるため、このような作り方全体がバイオプリンティングと呼ばれるようになった。3Dプリンタの医療応用の究極版と言える。昨今のブームにより、今また注目されるキーワードとなった。バイオプリンティングは、バイオファブリケーション (biofabrication) の主となる手法の一つ

である。2016年、その位置付けが再定義されたのでぜひ参照されたい¹⁾。

3Dプリンタの医学や医療への応用については、2013年国際バイオファブリケーション学会大会で、当時の学会長のWei Sun教授(米国Drexel大学・中国清華大学)が講演でバイオ3Dプリンティングの4つのレベル分類を発表した²⁾。とてもわかりやすいので、筆者もよく使わせていただいている。表1は、それを基に最近の動向を追加して、筆者なりにまとめたものである。本来のバイオプリンティングはレベル3、4の取り組みである。

バイオプリンティングの チャレンジ要素

バイオプリンティングの研究は、それまでの再生医工学の壁を破るチャレンジから始まった。3つの大きなチャレンジ要素がある。それは、①機械化・実装化、②三次元化、③デジタル化である(図1)。

1. 機械化・実装化

従来の再生医工学では、scaffold(足場材)を作るのも、scaffoldに細胞をまくのも手作業であった。バイオプリンティングでは、それらの作業を機械の手に変え、生きた細胞、生体を構成する材料を、直接、適材適所あるべき場所に実装する。この実装に当たっては、

すでに印刷技術は機械の手でとてつもない実装を行っている。通常の印刷では、多種カラーインクを高精度に高速に適材適所実装している。解像度1440dpiの場合、計算するとドット間隔は17.6μm、細胞1個と同等である。実装スピードは、A4サイズ(210mm×297mm)の用紙1枚にぎっしり印刷するとドット数は2億個、わずか1分足らずでそれだけの数のインク滴をすべてコンピュータ制御で実装している。機械の手を開発すればこのような実装が夢ではない。

2. 三次元化

三次元構造物を作る場合、従来は切削装置で削って作る方法(subtractive manufacturing)や鋳型に詰めて作る方法(molding)が通常であった。しかし、これらの手法では外形は作れても内部構造は作れない。内部まで構造を持つ生体組織を作るには、内部構造を一層一層作り込む積層造形(additive manufacturing: AM)が有効で、3Dプリンタによるアプローチが取られている。

表1 バイオ3Dプリンティングのレベル分類
(参考文献2)より改変)

レベル1:	非生体適合性材料による3Dプリンティング →医学モデル・臓器モデルへの応用 →治療用器具、医療機器部品への応用
レベル2:	生体適合性材料による3Dプリンティング →細胞と接触する器材への応用 →埋め込み型人工材料・人工臓器への応用
レベル3:	生分解性材料による3Dプリンティング →再生医工学のscaffold作製への応用
レベル4:	生きた細胞を含む3Dプリンティング →細胞プリンティング(細胞とゲルでの積層造形) →スフェロイド・細胞シートによる積層造形 →プレ組織による積層造形(積層アセンブリ)