

12. 3Dプリンタによる臓器モデル 作製

——作製方法から診断応用法まで

森 健策 名古屋大学情報連携統括本部情報戦略室

医用画像を用いた診断などでは、解剖学的構造の把握がきわめて重要である。三次元CT画像などの高次元医用画像と、その可視化手法であるボリュームレンダリング(VR)法の発達により、三次元画像を用いた解剖学的構造の把握が臨床の場で数多く利用されるようになってきた。現在では、VR法などによって得られる三次元画像は、臨床の場で欠くことのできない情報となっている。このような高次元医用画像の可視化手法は、解剖学的構造を画像としてコンピュータ画面上に提示可能であるが、解剖学的構造の把握には、マウスなどを用いて何度も回転、平行移動、あるいは拡大・縮小の操作を行う必要があり、直感的に解剖学的構造を把握できるとは言い難い。また、真の立体感に乏しく、液晶シャッターメガネなどを利用した立体視手法は存在するが、臓器の立体的な形状を触覚も含めて直感的に把握できるとは言えない。

工業分野では、ラピッドプロトタイプングの名前で、CAD(ここではコンピュータ支援診断: computer aided diagnosisではなく、コンピュータ援用設計: computer aided design)により設計された物体データを「もの」として造形することが広く行われてきた。特に、光造形法は、ラピッドプロトタイプングの方法として幅広く利用されてきた。近年では、熱溶解積層法による3Dプリンタが急速に低価格化し、工業以外の幅広い分野、特にホビー分野でも注目を集めるようになった。

医療の分野においても、カスタムメイドインプラントの作製、骨領域における手術

プランニング、解剖学的構造の把握などに積極的に利用されるようになってきている。3Dプリンタにより作られた臓器モデルは、「目の前にある物」として解剖学的構造を把握できる。コンピュータ画面上での三次元画像(バーチャル画像)による解剖学的構造把握と比較して、圧倒的に直感的な観察が可能であると言えよう。これは、臓器モデルを直接手にし、手で臓器を触り、動かしながら観察することによって、さらに加速される。このことを、神戸大学の杉本らは「可触化」とも呼んでいる¹⁾。

このような背景を踏まえ、本稿では3Dプリンタについて簡単に概説し、3Dプリンタを利用した臓器モデル造形の概要について述べる。また、3Dプリンタを用いた臓器モデル造形例を紹介し、診断、治療、オートプシー・イメージング分野における応用について述べる。

3Dプリンタの方式

3Dプリンタの方式としては、①光造形法、②熱溶解積層法、③インクジェット法、④粉体法などがある。どの方式においても、物体断面形状を順次積層することで物体を造形する仕組みは同じである。

①の光造形法では、水槽に満たされた無色の紫外線硬化樹脂にガルバノミラーで走査されたレーザー光を照射し、目的とする物体を造形するものであり、stereolithographyとも呼ばれる。

②の方式は、ヘッドから熔融したプラスチック樹脂(マテリアル材)を所望す

る物体形状に合わせて射出し、それを順次積層することで物体を造形する。空間中に張り出した部分を造形する場合には、積層最下面からサポート材と呼ばれる後処理によって除去可能な材料を積み重ね、その上に張り出した部分を造形する。サポート材の配置は、3Dプリンタのドライバソフトによって自動的に行われる。トンネルのような管腔臓器を造形する場合でも同様である。造形後は、手でサポート材を物理的に取り除く。あるいは、強アルカリ溶液(水酸化ナトリウム水溶液)が満たされた超音波洗浄機内に造形物を入れ、化学的にサポート材を溶かす。

③の方法は、インクジェットヘッドをラスタ走査させながら、紫外線を照射することで硬化する液体樹脂を造形物体の形状に合わせて噴出し、それを積層することで物体を造形する。この場合でも、トンネルのように穴の開いた箇所が存在する場合には、サポート材によって支えとなる部分を造形し、その上に物体部分を重ねて造形する。最後は、水などによってサポート材を溶融させる。

3Dプリンタによる臓器造形の過程

三次元CT画像などの医用画像に基づき、3Dプリンタによる臓器モデルを造形するには、CT画像(もちろんMR画像でも構わない)からの臓器領域のセグメンテーション、セグメンテーション結果から臓器形状を表す三角形パッチ集合への変換、三角形パッチ集合のSTL形