



「3D プリンタの活用が医療現場に大きな革新をもたらしました。リアルデータに基づく3D 臓器モデルに触れることで、医師は手技を向上させることができます。リアルな質感の3D モデルは医学生の研修や医療機器の開発にも貢献しています。」

神戸大学 大学院 医学研究科 特命講師・医学博士 杉本 真樹 氏



医学博士 杉本 真樹 氏

Connex3 で出力した3D 肝臓モデル。
透明樹脂の中に血管がきれいに色分けされることで、医学学習の理解が進む。

CASE STUDY

質感まで精密な臓器立体モデルで医療を革新

臓器の内部から病巣や血管まで、生体の解剖を3D プリンタで精密に再現した「生体質感造形」を使ったトレーニングやシミュレーションが日本の医療を大きく変える。

世界初、透明臓器の実物大のカラーモデルが登場

2014年3～6月、東京の国立科学博物館で開催された特別展「医は仁術」。江戸時代から現代までのさまざまな医療技術が展示されるなか、ひととき来場者の目を惹いたのは、世界初となる透明臓器の実物大のカラーモデルだ。臓器全体が透明の樹脂で造形されており、病巣や血管の様子が手に取るようにわかる。これまで白や半透明で再現する3D臓器モデルはあったが、このカラーモデルの場合、動脈を赤、静脈を青、門脈を紫というように鮮やかに色分けすることで、それぞれの立体的な位置関係がすぐに理解できるようになっている。手術ナビゲーションシステムや3Dプリンタによる生体質感造形 (Bio-Texture Modeling®) など医療分野における最先端技術開発で知られる、神戸大学大学院医学研究科の杉本真樹医師によるデザインを、ストラタシスの最新鋭3Dプリンタ Objet500 Connex3™ を使って出力したものだ。Connex3は、同時に3つのノズルから噴射することで、さまざまなカラーを含め、硬質、軟質、ゴムライク、クリアなどさまざまな質感をもつ複数の樹脂を組み合わせることで再現することができる世界初のマルチマテリアル・マルチカラーの3Dプリンタだ。「生体モデルの造形においては、実際に触って、その重さや軟らかさ、持った感覚、切除や縫合時の臓器の変化をいかに可触化するかが最重要になります。多素材・多色を使うことで、モデルの質感が格段に向上し、造形プロセスも効率化されました。」と、実物大の肝臓モデルに触れながら、杉本氏は説明する。

血管と周囲の脂肪まで再現した腎臓や肝臓で、手術のプロセスを学ぶ

実際、神戸大学医学部では5年生の病院実習などに、これらの臓器モデルが使われている。「患者さんのリアルデータをつかった個別の再現モデルは、手術の計画やトレーニング、手術方法の検討にも役立ち、結果的に患者さんの負担を減らすことにつながります。また標準的な病態については、同時に複数個のモデルを準備することで、学生たちの学習をスピードアップすることもできる。医療技術の個別化と標準化の両面で、3D臓器モデルは有用なのです。」杉本氏が造形するのは、単に臓器単体だけではない。「体内の臓器は、単体として空中に浮かぶように存在しているわけではないですからね。人体の構造の中にどのように配置しているのか、他の臓器との立体関係を知ることが手術にとっては不可欠です。」

ここでも役立つのが、マルチマテリアルの3Dプリンタだ。例えば実際の腎臓は後腹膜の背面に、脂肪組織に埋もれるように存在している。実際の手術で腎臓に到達するまでには、脂肪を手探りのようにして掘り進めなければならない。そこで杉本氏は、脂肪に埋もれた状態の実物大腎臓モデルをデザインした。脂肪は水を含む樹脂で再現しモデルを造形した。医学生たちは、その脂肪をよりわけながら腎臓に到達し切除するまでの感覚をリアルに経験できるようになった。「生体に近い水を含む樹脂は他の素材メーカーとの共同開発で進めています。現在のストラタシスのマテリアルだけですべてが実現するわけではないが、多様な産学連携を生み出す端緒を開いたという点では、Connexシリーズは画期的な3Dモデリングソリューションを実現するプリンタだと思います。」杉本氏は、内視鏡手術とロボット手術のための、骨盤の中に臓器を埋めこんだ状態の3Dモデルも制作した。これは、骨や周囲の組織を傷つけないようにメスや鉗子を入れる手技の習熟、さらには手術しやすい医療器具の設計にも役立つ。3D臓器モデルは医療の質をどのように高度化するか。その定量的なデータはまだ少ないが、一例として杉本氏が技術顧問を務める東京腎泌尿器センター大和病院で、膀胱と尿道の間を手術支援ロボットで縫合するシミュレータを開発し、トレーニングの効果を比較したところ、3Dの骨盤モデルを使った場合、トレーニングの効率化が得られている。

世界に広がる生体質感造形。医師のデザイン力をプリンタがサポート

生体質感造形を発明する以前の杉本氏のテーマは、CTで撮影した体内の画像データを3Dバーチャルリアリティとして可視化する技術開発であった。オープンソースの医用画像解析アプリケーション「OsiriX (オザイリクス)」の開発に参画し、CTやMRIで使われる医用画像フォーマットのDICOM画像を市販のMacで3D再構築するテクニックを2004年より全国に普及させた。その画像をiPadに転送し、それを手元で参照しながら、手術やトレーニングを進めるといった技術を開発し実践してきた。その頃から、DICOMデータを3次元CADの標準フォーマットSTLに変換できれば、3Dプリンタで立体造形できるのではないかとアイデアがあった。「それまで3Dプリンタで、骨や歯を造形することはよく行われていましたが、それらは素材が単一で十分で、硬い質感のままでもよかった。臓器の質感を忠実に再現するためには、Connexシリーズのような技術革新が切望されていました。」いわば、杉本氏の技術構想に3Dプリンタの技術革新がようやく追いついたのだ。いまや生体質感造形をトレーニングやシミュレーションに活用する医療施設は全国で40以上に及び、かかる医師たちは200名近い。DICOM→STL変換を自分で行えない医師のために、杉本氏がその作業を引き受けることもよくある。

「日本はこの分野では世界の最先端といえますが、その流れは世界中に広がっています。先日も、私の知人のイタリア人整形外科医と協力し、骨折した患者の骨のDICOMデータをSTLに変換し、イタリアで3Dプリンタで出力し、手術支援に活用した事例が現地で大々的に報道されたという話を聞きました。」ここで重要なのは、医師の「デザイン力」だと、杉本氏は強調する。

「外科医は手術現場ならではの特殊性や、患者個別の特異性に対応しなければなりません。例えば、縛ってはいけない血管を縛ってしまい、結果的に臓器の一部を損傷してしまうこともあります。生体モデルをつかってシミュレーションすれば、どの血管を縛り、メスをどこから入れればよいか理解できる。そのように手術のゴールをイメージしながら、実際に役立つモデルをデザインする「デザイン思考」を、現場の外科医がもつべきであり、生体質感臓器モデルによってそれが実現できるのです。」

臨床現場の医師やトレーニングに励む医学生を支援する3Dプリンタによる生体質感造形。その可能性はまだまだ広がっていく。



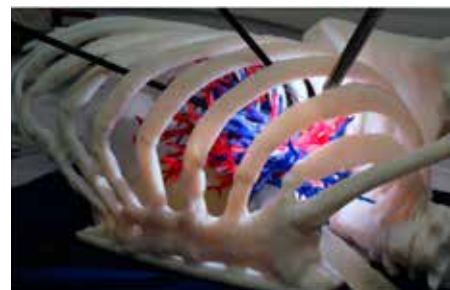
複数の樹脂を混合することで気管支、肺動脈、肺静脈などを再現した肺の立体モデル。



杉本医師が造形したさまざまな人体モデル。妊婦の胎内に包まれた胎児(右)は、命の大切さを実感させる。



3D臓器モデルは、ロボット手術のトレーニングにも使われる。ロボットアームの操作性をリアルに実感できると好評だ。



肋骨など胸郭に包まれた臓器の状態を再現することで、実際の手術により近いシミュレーションができるようになった。



自らデザインした3D臓器モデルを手にとる杉本医師。「3Dプリンタでこれからの医学は大きく変化する」。

stratasys

E Info.Japan@stratasys.com / WWW.STRATASYS.CO.JP

ISO 9001 : 2008 年 認定

© 2016 Stratasys Ltd. 無断複写・転載を禁じます。Stratasys, Stratasysのロゴ、Objet, For a 3D World, Objet24, Objet30 Pro, Objet Studio, Quadra, QuadraTempo, FullCure, SHR, Eden, Eden250, Eden260, Eden330, Eden350, Eden350V, Eden500V, Jo Manager, CADMatrix, Connex, Connex3, Objet260 Connex, Connex350, Connex500, Objet500 Connex3, Alaris, Alaris30, PolyLog, TangoBlack, TangoGray, TangoPlus, TangoBlackPlus, VeroBlue, VeroBlack, VeroBlackPlus, VeroClear, VeroDent, VeroGray, VeroWhite, VeroWhitePlus, Durus, Digital Materials, PolyJet, PolyJet Matrix, ABS-like および ObjetGreen は Stratasys Ltd. およびその子会社、あるいは提携会社の商標、もしくは登録商標であり、いくつかの地域においては登録されている可能性があります。その他のすべての商標はそれぞれの所有者に帰属します。PolyJet-CS-KobeUniv-JP-1-16

株式会社ストラタシス・ジャパン

東京本社

〒104-0033 東京都中央区新川 2-26-3

住友不動産ビル 2号館 8F

Tel: 03-5542-0042

Fax: 03-5566-6360

西日本営業所

〒540-6319 大阪府大阪市中央区城見 1-3-7

松下 IMP ビル 19F

Tel: 06-6943-7090

Fax: 06-6943-7091

