

小動物臨床における3Dプリンターの応用

神田鉄平^{1)†} 佐々木崇了¹⁾ 前田憲孝¹⁾ 藤岡 透²⁾長井 新²⁾ 古本佳代¹⁾ 古川敏紀¹⁾

1) 倉敷芸術科学大学生命科学部 (〒712-8505 倉敷市連島町西之浦2640)

2) 岡山県 開業 (アイビー動物クリニック: 〒710-0831 倉敷市田ノ上1095-1)

Application of 3D Printers in Small Animal Practices

Teppeï KANDA^{*†}, Takanori SASAKI, Noritaka MAETA, Toru FUJIOKA, Arata NAGAI,
Kayo FURUMOTO and Toshinori FURUKAWA** Department of Comparative Animal Science, College of Life Science, Kurashiki University
of Science and the Arts, Tsurajimma-cho Nishinoura 2640, Kurashiki, 712-8505, Japan*

(2010年11月11日受付・2011年3月16日受理)

背 景

近年の小動物獣医療における画像診断機器の発達と普及は目覚ましく、診断や治療のみならず飼育者へのインフォームドコンセントやクライアントエデュケーションのためのツールとしても大きな役割を果たすようになってきている。しかしその一方で、CT画像やMRI画像、超音波画像はそれぞれ特殊な動作原理によって描出され、専門的な教育や訓練を受けた者でなければ、そこから十分に正確な情報を得ることが難しいことも事実である。チーム獣医療が叫ばれる中、画像診断の専門家がいかにかに正確に診断を下したとしても、治療に加わる獣医師や動物看護師といった獣医療従事者が検査画像からの情報を十分に得ていなければ、それは看過すべきことではない。また、飼育者へのインフォームドコンセントなどについても同様で、飼育者にとって見慣れない白黒の画像を示し、「私は十分に説明をし、同意を得た。」としても、そこに飼育者の理解が伴わなければ、本当の意味で同意を得たとはいえないのではないだろうか。そこでわれわれは、専門家以外の者にとって、いわば「やさしい」検査画像の活用を目指したいと考えた。今回は、CT画像から得られたモデリングデータから、医学領域での使用実績が報告 [1] されているものと同じシリー

ズの3Dプリンターを用いて立体模型を作成する試みについて、事例とあわせて紹介する。

機 器 の 概 要

本学教育動物病院に設置されているCT検査環境は、4列マルチスライスX線CT診断装置 (Asteion 4, 東芝メディカルシステムズ株, 東京) に加え、画像の管理及び解析のためのソフトウェア (OsiriX, The OsiriX Team, スイス) を動作させるMacコンピューターから構成されている。

模型を形成する3Dプリンター (ZPrinter 310 Plus, Z Corporation, 神奈川) は、CT・X線操作室とは異なる別室に、造形後の仕上げ作業のための作業台とともに設置されており (図1)、プリンター操作用のWindowsコンピューターが病院施設内のネットワークに接続されている。なお、画像データはこのネットワークを経由して転送が可能となっている。このプリンターは、素材となる粉末にインクジェットプリンターと同様の原理で接着剤を吹き付け、その上にさらに粉末を載せていくことで層状に立体を造形していく。この層の厚さは0.089~0.203mmの幅で可変であり、1mmあるいは0.5mmといったスライス厚のボクセルデータを再現するには十分な分解能を持つ。また、CT画像の平面解像

† 連絡責任者: 神田鉄平 (倉敷芸術科学大学生命科学部生命動物科学科動物薬物治療看護学研究室)

〒712-8505 倉敷市連島町西之浦2640 ☎・FAX 086-440-1020 E-mail: k-teppeï@sci.kusa.ac.jp

† Correspondence to: Teppeï KANDA (Department of Comparative Animal Science, College of Life Science, Kurashiki University of Science and the Arts)

Tsurajimma-cho Nishinoura 2640, Kurashiki, 712-8505, Japan

TEL・FAX 086-440-1020 E-mail: k-teppeï@sci.kusa.ac.jp



図1 3Dプリンター本体（左）（ZPrinter 310 Plus, Z Corporation, 神奈川）及び造形後の仕上げ作業を行う作業台（右）

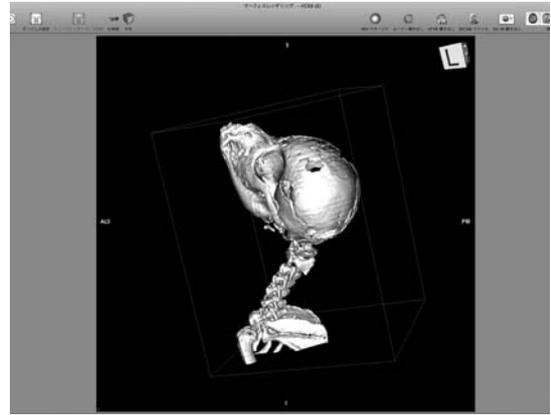


図3 OsiriX上で作成されたモデリングデータ撮影したCTデータを用いて3Dサーフィスレンダリングを行ったところ。

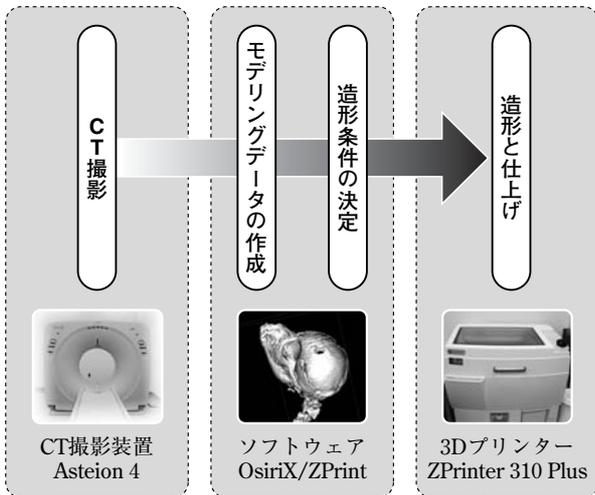


図2 CT撮影から模型造形までの概要

度が512×512pixelであるのに対して、この3Dプリンターの平面解像度は300×450dpiである。つまり、FOVが約1.70×1.13inch（4.31×2.87cm）を下回る様な撮影をしないかぎりには撮影されたCT画像の解像度を十分に再現できることになる。ただし、実際の造形はこれらの撮影データから計算されたサーフィスレンダリングデータであるため、たとえ撮影条件が適切であってもレンダリングの設定によって実物との誤差が生じる可能性があるが、その誤差は設定に依存し一定ではない。造形物の最大寸法は203×254×203mmであり、寸法にもよるが一つの模型を形成するのに数時間は必要とし、小型犬の頭蓋骨全体の形成であれば6時間程度で完了する。

作業手順

CT撮影から模型を造形するまでの概要を図に示したので本文とあわせて参照されたい（図2）。

CT撮影：画像の撮影は定法通り行い、3Dプリンター

使用のための特別な設定は一切行わない。撮影後、データはOsiriXが稼働しているコンピューターに転送される。なお、撮影データはDICOM形式であれば他所で撮影したものであっても利用可能である。

モデリングデータの作成と変換：造形物の設計図となるモデリングデータはOsiriXで作成する。対象とする一連の画像（シリーズ）からサーフィスレンダリングによるモデリングデータを作成し（図3）、3Dプリンターで使用可能なSTL形式（.stl）に変換する。変換が完了したら、STL形式のファイルを3Dプリンターを操作するためのWindowsコンピューターにコピーする。

造形条件の設定：3Dプリンター操作のWindowsコンピュータ上では、専用のソフトウェア（ZPrint, Z Corporation, 神奈川）が動作しており、これにより3Dプリンターの操作とメンテナンス、モデリングデータの編集、造形条件の設定が可能になっている。STL形式のモデリングデータをこのソフトウェアに読み込む。続いて、モデリングデータの編集に入るが、撮影画像から得られたモデリングデータの全体をそのまま形成する場合には、編集は必要ない。造形物を分割したり、部分的に断面を作成したい、あるいは模型を実寸と異なる大きさで形成したい場合などに編集作業を行う。最後に造形条件を確認した上で、3Dプリント（形成）を開始する。なお、形成の実行中はエラーが発生しないかぎり、一切の作業は発生しない。

造形と仕上げ

形成されたばかりの造形物はまだ脆い上に、接着されていない残りの材料粉末に埋もれた状態になっている。注意深く掘り出し、造形物を作業台に移したら、エアブローやハケを用いて余計な粉末を丁寧に払い落とししていく。これが完了した後に、表面のすべてを接着剤でコーティングし、仕上がりとなる。



図4 頭蓋下顎症例の頭蓋模型
下顎骨の異常が一見して明らかである。



図6 髄膜瘤症例の頭蓋模型
頭蓋骨の部分欠損及び非薄化が著明である。



図5 椎間板ヘルニア症例の椎骨病変部模型
椎間板物質及び周辺組織の突出が明らかである。

実施例

犬の頭蓋下顎症についての説明に使用した例：頭蓋下顎症のウェストハイランドテリア（雄，1歳齢，4.55kg）についてCT画像を撮影（ヘリカル撮影，管電圧：120KVp，管電流：250mA，スライス厚：4.0mm，FOV：240mm）する機会を得た。頭蓋下顎症は，顎周囲の腫脹と骨増成を伴う下顎骨の変形が特徴であるが，被毛に覆われていることから，一見すると病変には気付きにくい（図4）。また飼育者にとっては，この下顎を触った感触が異常であることを認識すること自体が困難であった。この点では，模型によって飼育者に実感を持たせられた効果は大きいと感じられた。本症例では，下顎の形態異常を診断するには十分なCT撮影条件を満たしたが，一方で立体模型の制作という点では，Z軸方向への解像度が不十分なことにより，頭蓋骨全体が波打つ様な造形になってしまった。より小さいスライス厚で撮影することにより，3Dプリンターの性能を十分に活かし

た造形の必要があると考えられた。

犬の椎間板ヘルニアについての説明に使用した例：CT画像検査（ヘリカル撮影，管電圧：120KVp，管電流：150mA，スライス厚：2.0mm，FOV：180mm）により椎間板ヘルニアと診断されたミニチュア・ダックスフンド（雄，5歳齢，6.45kg）の病変部位模型を作成し，飼育者への説明の際に使用した（図5）。ただし，おもな撮影対象が椎骨であったためにFOVが比較的小さくなり，撮影画像の平面解像度が3Dプリンターの再現できる限界にかなり近い結果となった。小型動物を対象とした場合には，より小さな病変を対象とすることもあり，模型の再現性に対する注意が必要である。

犬の頭蓋骨部分欠損を伴った髄膜瘤・小脳欠損における手術手技検討に応用した例：開業動物病院の依頼を受け，本学教育動物病院でCT画像検査（ヘリカル撮影，管電圧：120KVp，管電流：150mA，スライス厚：1.0mm，FOV：180mm）を実施した。犬の髄膜瘤症例について，頭蓋部の模型を作成した（図6）。紹介元の獣医師は，このイタリアングレイハウンド（雄，2カ月齢，500g）に対して脳室-腹腔短絡術の実施を検討していたため，手術手技の計画をはじめ，院内スタッフとのディスカッションに頭蓋部模型を実際に使用してもらった。市販されている頭蓋骨模型や標本と異なり，手術対象症例の頭蓋骨そのものと同じ形状・大きさであること，ペンでの書き込みが可能であることなどがシャントチューブの挿入位置やチューブの選択において有意義であるとのコメントを得られた。実際に頭蓋骨の欠損部位にチューブの先端を位置し，尾側方向へ伸ばした場合に，チューブの曲がり具合によって内径がどの程度変化し流出を妨げる恐れがあるのかを試行錯誤することが可能であった。また，動物看護師からは，病変部の特徴をふまえた看護過程の展開を検討することができたとのことだった。前述した2例での経験もあり，平面解像度及びZ軸

方向への解像度のそれぞれにおいて、撮影画像の持つ情報を十分に3Dプリンターにより再現することができた。

ま と め

小動物臨床の現場において、3Dプリンターによる病変部位模型が最大の効果を発揮できるシーンの一つは、やはりインフォームドコンセントあるいはクライアントエデュケーションの場であると考えられた。特に、飼育者にとって実感しにくい病変、つまり目に見えない部分や触ることの難しい部分を骨格模型として手に取って見てもらうことができるということは、飼育者に実感させるという点で非常に重要である。高度化する獣医療の中で、飼育者が取り残される様なことが起こってはならない。3Dプリンターの応用は、高度獣医療のより適切な提供を支える手段の一つになり得ると考えている。

また、獣医師や動物看護師にとっては、インフォームドコンセントと同等か、あるいはそれ以上に手術計画やスタッフへの教育面で3Dプリンターが有効であると考えられた。手術計画にあたって、長さや面積といった数字だけでは実感のできない病変の特徴に対して、実作業を伴ったシミュレーションが可能であるということは、術者となる獣医師にとって強力なサポートとなり得る。動物看護師にとっても、病態だけではなく、病変をより正確に知ることで、症例の看護の質を高めることができるはずである。

3Dプリンターは獣医学領域でこそ一般的ではないが、医学あるいは歯学領域では、われわれと同じく手術計画あるいは手術のシミュレーションに積極的に活用されている [1-5]。しかし、3Dプリンターと一言に言っても、造形原理や材質はさまざまであり、獣医学領域で同様の成果をあげるには材質や再現精度を含め一層の検討が必要になるであろう。さらに、模型作製に適した撮影条件

についても、レンダリングデータ作成の条件とあわせて検討を重ねる必要がある。これまでの症例では、少なくともスライス厚が1.0mmないし2.0mmでなければ滑らかな構造を再現することはできなかったが、対象によっては診断のための撮影条件として過分となる恐れもある。そうであれば、レンダリングデータ作成時に補正するなどの工夫を考えなければならない。現時点では、実施できた症例数も多くなく、手探りの状態であることは否めない。今後も積極的に実施していき、より効果的な適応を検討していきたいと考えている。これまでは骨病変がほとんどであったが、軟部組織についても適応の可能性を同様に検討してく予定である。今以上に再現性が高く、利用価値にすぐれた模型の作製が行えることを目指していきたいと考えている。

引用文献

- [1] Jacobsa S, Grunertb R, Mohra FW, Falka V : 3D-Imaging of cardiac structures using 3D heart models for planning in heart surgery : a preliminary study, *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 7, 6-9 (2008)
- [2] 今井崇之, 伊藤哲平, 横山葉子, 高野正行, 柿澤 卓 : 三次元粉末積層造形装置による実物大石膏モデルの口腔外科手術への臨床応用, *歯科学報*, 110, 132-140 (2010)
- [3] 水谷 潤, 福岡宗良, 二村彰人, 波頭経俊, 大塚隆信 : 関節リウマチ環軸椎亜脱臼に対する3次元実体モデルを用いた術前計画, *中部日本整形外科災害外科学会雑誌*, 49, 579-580 (2006)
- [4] 赤沢 努, 磯辺啓二郎, 守屋秀繁, 南 昌平, 小谷俊明, 大塚嘉則, 高相晶士, 井上雅俊, 中田好則 : 三次元実体モデルを用いた先天性側弯症の奇形椎評価, *脊柱変形*, 48, 21-25 (2004)
- [5] van Dijk M, Smit TH, Jiya TU, Wuisman PI : Polyurethane real-size models used in planning complex spinal surgery, *Spine*, 26, 1920-1926 (2001)