

3次元CGによる写実的な心臓の制作方法に関する研究

Study on Creating a Photorealistic Heart Model by Using 3DCG

1W130506-2 堀川 華波 指導教員 坂井 滋和 教授
HORIKAWA Kanami Prof. SAKAI Shigekazu

概要：近年、メディカルイラストレーションでは、心臓の3次元CGが制作されている。しかし、それらの3次元モデルはシンプルで、心臓を詳細まで視覚的に再現したものはみられない。そこで、本研究では、心臓の写実的な3次元CGの制作を心臓専門医の監修の下で行った。具体的には、次の2つの方法で制作を行った。(1)心臓の模型を観察しながら、3次元CG制作ソフト(cinema4D)を用いて手作業により制作する方法。(2)3Dスキャナ(fuel3D)を用いて、人間の心臓の代わりに、豚の実物心臓をスキャンして半自動的に制作する方法。これらの2つの方法を取ったことにより、制作された3次元CGを、先行研究のものと比較し、考察を行った。

キーワード：3次元CG、心臓、3Dスキャナ

Keywords: 3DCG, heart, 3D scanner

1. はじめに

現在、医療現場において、医者が患者に対して先天性心疾患の病態を説明する際には、2次元のイラストやシェーマが用いられている。しかし、先天性心疾患の中には形態的に複雑なものがあり、2次元のイラストやシェーマだけでは、心臓の立体的な構造の理解や、説明を行うのは非常に困難である。そのような問題を解決するために、先行研究では、複雑な先天性心疾患を3次元CGで説明するシステムが提案されてきた。システムを医者や看護師に実際に使用してもらいアンケート調査を行うことで、3次元CGが先天性心疾患の説明や理解に役立つという結果が出ている。しかし一方で、モデルがシンプルすぎ、インフォームド・コンセントや教育に使用するには、心房の詳細な構造や房室弁の追加が必要であるという専門医の評価も出ている。

そこで、本研究では、インフォームド・コンセントや教育に利用できるような、リアリティーのある心臓の3次元CGの制作方法についての研究を行った。

2. 心臓の3次元CGの制作方法

2-1. CINEMA4 Dを用いた制作

CINEMA 4D は、ドイツの MAXON Computer 社が開発している、統合型 3DCG アプリケーションソフトである。

制作は、心房や心室、心耳の心臓の内部の空間である内腔から始め、心房と心室の間を隔てる弁、外部の順に取り掛かった。

まず内腔を体循環と肺循環の2つに分け、スプラインを用いて基本となる形を作った。スプラインとは、複数のポイントを結んだ線のことであり、CINEMA 4Dには、フリーハンドやベジェなど、多くの種類がある。体循環と肺循環は、それぞれ一本の管のようにつながっていることから、心房、心室などと別々に作らずに、スプラインでひとつづきに制作した方がやりやすいと考え、この方法を用いた。その後、スカルプトで心房、心室、心耳の膨らみを付け加えた。

次に、弁の制作では、sphere をプリミティブに用いて、スカルプトで詳細な構造を制作した。スカルプトとは、粘土のようにモデルを変形することができる機能で、頂点を法線の平均方向に持ち上げる盛り上げブラシや、低い強度で表面を滑らかにしたり、荒れたところを修正したりするスムーズブラシ、表面の一部を挿んで好きな方向に引っ張るつまむブラ

シ等の、直感的に操作できるツールがある。僧帽弁と三尖弁の腱索は、hair を使用した。

心臓の外部の制作では、同じくプリミティブに sphere を用いて、サブディビジョンサーフェスでポリゴン数を増やし、表面を滑らかにしながら、スカルプトで凹凸を形成した。

最後に、冠動脈の制作に取り掛かった。冠動脈は心臓全体に酸素と養分を行き渡す血管であり、心臓の外側だけでなく内部にまで細かく行き渡っている。制作方法は、スプラインで大まかな血管の形を描き、NURBUS で太さを表現し、end scale を 5% にすることで先端に行くほど細くなるようにした。冠動脈には、左冠動脈と右冠動脈の 2 本の主要な動脈があり、それらを制作した。左冠動脈は、途中で前下行枝と回旋枝という 2 本の分岐に分かれている。右冠動脈は 1 本のまま血液を送っている。これらの太い動脈は心臓の外側を包んでおり、木の枝のように枝分かれして段々と細い血管となって伸びている。

2-2. 3D スキャナを用いた制作

心臓専門医による評価で、CINEMA 4D で制作した 3 次元 CG は、腱索の分岐と、肉柱構造が表現できていないということが分かった。しかし、腱索の分岐や、心室内の細かい肉柱を表現しようとした所、CINEMA 4D を用いた手作業によるモデリングでは時間がかかることから、粘土をこねるように、直感的に 3 次元の立体を造形することができる 3 次元 CG 制作ソフトの、ZBrush を使おうと試みた。しかし CINEMA 4D とは使い方が全く異なり、習得するまでにかなりの時間がかかることが予想され、非効率と判断し、3D スキャナ (fuel3D) を用いることにした。3D スキャンをする際、人間の実物心臓の代わりに、豚のものを用いた。

まず、切開された豚の実物心臓の、左心室の内腔をスキャンした。撮影をする際に、手ブレが原因でエラーが起きないように装置を 3 脚で固定し、更に背景に余

計なものが写り込んで結果に影響がでないよう、白紙で周りを囲った。また、撮影の際、机の上に敷いた白紙の上に、心臓を置き、上から撮影した。

次に、心臓外部の撮影を行った。問題点として豚の心臓を購入する際、検査のため、どうしても大きな切込みが入ってしまう。このような状態だと、心臓外部の撮影をする際、形状が潰れてしまい、正確な形状の 3 次元モデルが取得できないので、切開されている部分をナイロン製の糸を用いて、縫い合わせることにした。

3. 結果と考察

現在の 3 次元 CG 制作ソフトで再現が困難な心臓の構造は、心室の内壁に広がる、肉柱と呼ばれるヒダである。

それに対し、現在の 3 次元 CG 制作ソフトで再現が可能であった心臓の構造は、心房である。心房の内壁は心室とは対照的に、肉柱構造がなく、滑らかである。複雑な肉柱構造がない分、形状の把握がしやすく、再現が可能であった。

また、3D スキャナに関しても、内腔をスキャンするには心臓を切開しなくてはならず、変形してしまうことと、光学式のもの肉柱などの凹凸の激しい形状をスキャンしようとする、突起の裏側に光が当たらず、データが取得できないことから、心臓の 3 次元 CG を制作することは困難だということが分かった。

参考文献

- [1] 後藤陽一, 他. 先天性心疾患における 3 次元 CG を用いた手術過程説明用システムの開発. 医療情報学 26(5): 191-200.
- [2] 益田祐次, 他. 新生児心エコー画像に基づく先天性心疾患の心血管形状モデル構築支援システム. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 Vol16, No.3, 2011.
- [3] 「心臓の位置と外観」, <http://plaza.umin.ac.jp/~web-hist/jun01.html>, (アクセス日: 2017/1/16).
- [4] 安倍司, 「CINEMA4D Beginners」, (株) ビー・エヌ・エス新社.