

先天性心疾患 3次元モデル作成ツール

上田雄太[†] 大星直樹[†] 中沢一雄[‡] 井尻敬[‡] 稲田慎[‡]

近畿大学大学院総合理工学研究科[†] 国立循環器病研究センター研究所[‡]

1. はじめに

先天性心疾患とは、生まれながら心臓やその周辺の血管構造が通常と異なる病気の総称である。先天性心疾患による心臓の構造の違いを、医療従事者以外にもわかりやすく伝える方法として、2次元のイラストで示す「シェーマ」と呼ばれるものがあり様々な症例のシェーマを作成するシステムも開発されている[1]。しかし、心臓は複雑な3次元構造を持っており、イラストではその構造を正確に示すことが難しく、情報の欠如が大きいと考えられる。医療の知識が高い医師の場合、心臓のシェーマ画像から実際の心臓を想像することもできると考えられるが、そうでない者には困難である。3次元の先天性心疾患モデルを提示することができれば、イラストを示した時と比べ、より理解しやすいと考えられる。しかし、3次元のモデルを作成するには多くの技術的障害が存在する。

通常3次元モデルを作成する場合、専用ソフト[2][3][4]の習熟が必要であり、多くの時間を用い作成する必要がある。しかし、医師やその他の医療従事者の場合ソフトの習熟することや作成のために多くの時間を掛けることは難しい。そのため企業に外注しモデルを作成してもらうことが考えられるが、これには多くの費用がかかってしまう。そこで本研究では患者説明のために、先天性心疾患を持つ心臓の簡易3次元モデルの作成を簡単に行えるツールを作成し提供することを目的とした。心臓モデルに特化したモデリングツールを提供することで、ソフトの習熟時間を減らし、素早く安価に先天性心疾患のモデルを作成可能とすることを目指した。患者説明のためにはおおまかな形状が重要で、弁や腱を無視してもよい場合が多いと考えられる。本研究では心臓の詳細部分よりは大域的な形状や内部構造を生成できるツールの開発を行った。

2. 提案手法

提案するモデリングツールは主に心臓の左心

室、右心室、左心房、右心房の及びそれに繋がる肺動脈、肺静脈、大動脈、大静脈の形状を持った3次元モデルを作成することを目的とした。

以下に本開発ツールでのモデル作成の手順を示す。

- ① あらかじめ正常な心臓の左心室、右心室、左心房、右心房の4つの内部構造を模したサーフェスモデルが配置し、それらのモデルを拡張・移動・回転させることで心臓の内部構造の概形を決定する。サーフェスモデルは正常な心臓モデルから Blender を用い切り出したものである。
- ② 配置したサーフェスモデルを Voxel へ変換する。Voxel 化したそれぞれのモデルを与えた壁厚情報を元に太らせる。その太らせた部分を心壁として血管のない心臓の Voxel データを作成する。サーフェスモデルの壁厚情報はユーザが変更することが可能で、心臓の壁の厚さを厚くすることや逆に薄くすることも可能である。サーフェスモデルを Voxel へ変換させることで複数のモデルを一体化させることができ、心壁を作成する時にモデルを太らせることが容易になる。Voxel 化はそれぞれの Voxel の中心を通るように Z 軸と平行なレイを飛ばし、レイとサーフェスモデルとの交点を求め、その交点を含む Voxel を変化させる。さらに変化させた Voxel の間に含まれる Voxel を変化させ間を埋めることでそれぞれのサーフェスモデルを Voxel へ変換させる。更に変化させた Voxel からの距離が壁厚以下の Voxel 部分を変化させ心壁部分の Voxel データを作成する。
- ③ 血流情報を表す線を3次元空間上に配置していく。線は制御点とそれをつなぐ直線からできている。あらかじめ正常な血流情報を元に線を配置してあり、線を移動、追加することで疾患での血流の変化を表現する。線にはそれぞれ太さと血管を作成した時の壁厚情報が与えてあり、その情報を元に Voxel データに血管を追加する。線と心壁が交わる部分では太さの情報を元にその部分を穴に変更し、心臓の外部では血管を作成する。
- ④ 出来上がった Voxel データを元に再びサーフェスモデルへ戻すことで心臓モデルを完成さ

A three-dimensional modeling tool for congenital heart diseases

Yuta Ueda[†] Naoki Ohboshi[†]

Kazuo Nakazawa[‡] Takashi Ijiri[‡] Shin Inada[‡]

[†] Kinki University Graduate School

[‡] Cerebral and Cardiovascular Center

せる。Voxel データをサーフェスモデルへ戻す方法はマーチングキューブ法を使用した。マーチングキューブ法とは隣接する8つのVoxel の状態から256通りに場合分けし面を生成する手法である。Voxel データからサーフェスモデルへと戻すため、本手法を利用することで完成したモデルデータは面が交差することや面の方向がバラバラになるなどの問題が発生することがなく堅牢なモデルを作成することが可能である

完成したサーフェスモデルは obj 形式で出力することができ、一般的な3次元モデルを扱うソフトで読み込むことができる。

3. 結果・考察

本開発ツールを用い、いくつかの先天性心疾患の症状についてモデルの作成を試みた。その結果、代表的な症状である左右の心室や心房の間に穴が開く「心室中隔欠損症」や「心房中隔欠損症」、大動脈と肺動脈間の動脈管が閉じず残ってしまう「動脈管開存症」などについて比較的容易に作成することができた。また「ファロー四徴症」と呼ばれる「心室中隔欠損症」、肺動脈の一部が狭まってしまう「肺動脈狭窄」、右心室の壁が厚くなってしまう「右室肥大」、大動脈が両心室にまたがってしまう「大動脈騎乗」の4つの症状の合併症状に関しても作成することが可能であった(図1)。しかし、目的の心臓の形が初期状態と大きく違ってしまい心室や心房の大きさ、血管の繋がり方を大きく変化させる必要がある場合、目的以外の場所が繋がってしまうなど、思い通りに形状を作成することが難しい場合があった。正常な心臓からモデルの作成を行うのではなく、目的の疾患に合わせ初期状態の心臓のテンプレートを増やしユーザの負担を減らすことができればより様々なモデルを簡単に作成できると考えられる。また、動作が軽快とは言えない点や操作をやり直す機能がないといったことから、操作ミスによって、最初からやり直さなければならない場合が発生するという問題もあった。より扱いやすいシステムへ改善しユーザビリティを向上させる必要がある。また、マーチングキューブ法で作成したモデルの問題点として点や面の数が多くなってしまう問題がある。

本ツールは心臓のモデル作成に特化し、簡単に作成することを目的としているため作成できるモデルに限度がある。しかし、本ツールで出力したデータを元に他のモデリングソフトを使うことでモデリングソフトのみでの作成と比べ

モデルの作成時間を短縮し、本ツールのみではできない修正や改善を行うことができると考えられる。

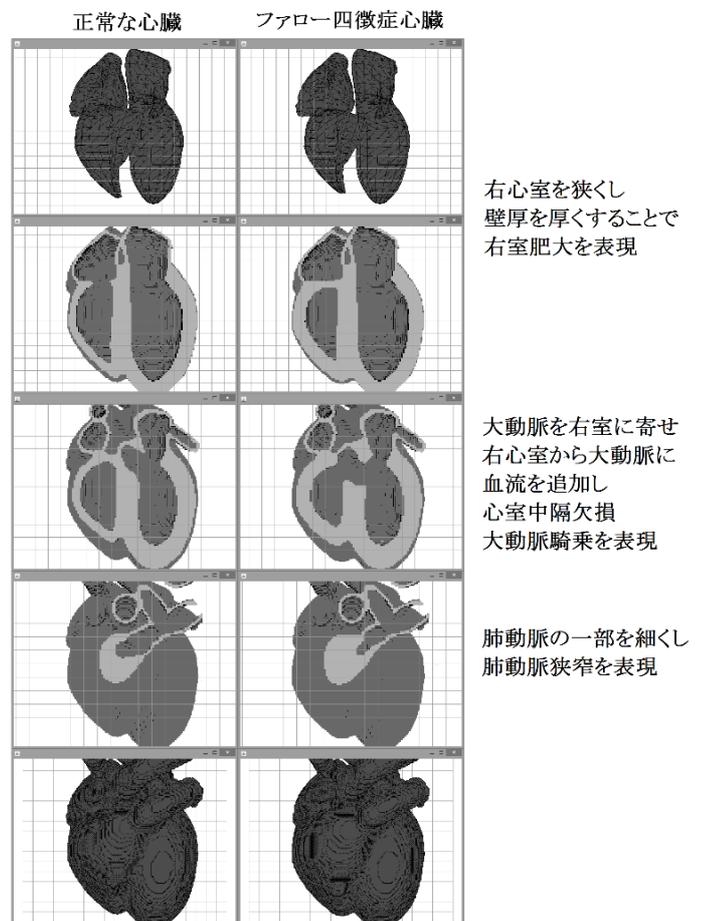


図1 ファロー四徴症モデルの作成

4. まとめ

簡単な操作で先天性心疾患を持つ心臓の3次元モデルを作成できるツールを提案し開発を行った。開発したツールを用いる事で幾つかの症例について簡単にモデルを作成することができた。しかし、正常な心臓から変化させモデルを作成するため、疾患による形状の変化が大きい場合、うまくモデルを作成することが困難であった。より多くの症例を容易に作成可能にするために予め症例に応じたテンプレートを用意するなど機能を改善する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 高平愛斗,岩田倫明ほか: 先天性心疾患を対象としたシェーマ作成支援 Web アプリケーションの開発,医療情報学連合大会論文集予稿,Vol.34.pp378-379(2014)
- [2] Metasequoia : (<http://metaseq.net/jp/>)
- [3] shade3D : (<http://shade3d.jp/>)
- [4] blender : (<http://blender.jp/>)