

# 平成19年度研究報告書

研究代表者

島根難病研究所研究部門 老年研究部門

所属 札幌医科大学医学部外科学第二講座

氏名 樋上哲哉

## 1 研究テーマ

「動く3D心臓モデルソフト」の開発

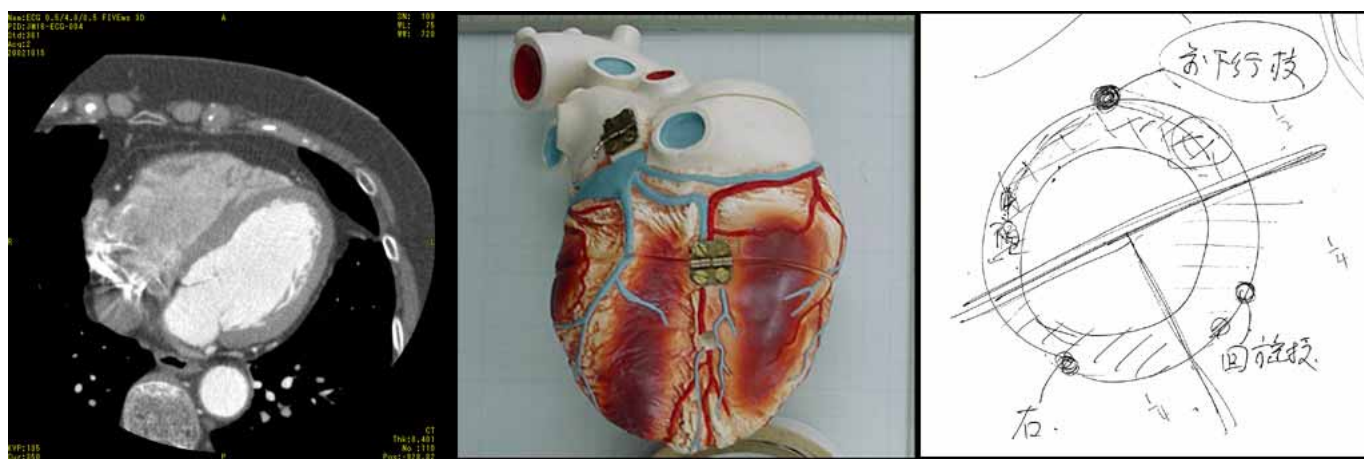
## 2 研究者指名

樋上哲哉<sup>1</sup>、日高寿樹、林 武志<sup>2</sup>

## 3 研究概要

### 1、開発の背景と目的

医療現場において、患者に対する疾患の症状や手術内容の説明には、主に患者自身の検査画像データ等が使用されている。この検査画像データ等は、医学的知識に乏しい患者には視覚的に判りにくく、そのため、医師が模型や写真、イラスト等を使って、手書きの説明を加え、患者が理解し易いように工夫し説明を行なうケースが多い。



特に、心臓の場合、臓器の中でも心拍・弁・心房心室の動きが疾患説明に対して必要なケースが多く、動きの無い模型や写真、イラストでは患者が自身の症状を理解することは難

<sup>1</sup> 札幌医科大学医学部外科学第二講座

<sup>2</sup> 株式会社子ネット

しい。「心臓は生命の停止まで止まらない臓器であり、ましてや通常一般の人が動いている状態を見ることは出来ないものである。」から現実動いている心臓を視覚的に患者の前で再現することは不可能である。そこで、最近のデジタル技術を応用して、「動いている心臓」が目の前にあるかのようにバーチャル表現できるツールが患者の症状理解のために有効であると判断し、2006年から開発の準備を始め2007年2月より本格的に「3D心臓モデルソフト」の開発に着手した。

「3D心臓モデルソフト」は3DCG（コンピュータグラフィックス）を活用したソフトウェアである。

特に2つの「動く」要素に重点をおいている。

心臓の動き（正確な位置や形状表現を備えた弁・心室心房・血管）

症状の変化（血栓による壊死、心肺停止、血流）

患者は医師のことばと動く3DCG画像を併せた説明を受けることで、症状・疾患などのポイントや状態の変化をより正しく理解できてくる。また、教育や研究発表資料としても利用可能である。

## 2、効果

患者に対するや処置内容を、動きのあるアニメーションを使用し、任意の位置が可視できる3Dコンピュータグラフィックスで患者へ伝えることで、

患者は医師の疾患の症状説明と併せて、治療のために、どのような処置を行い、その結果が視覚的に確認できるために仮想経過をより深く理解でき、安心感を得ることができる。

医師は短時間に、より詳細で正確な説明できることで、患者と医師の意思の疎通が深まり、その後の治療を円滑に進めることが期待でき、お互いの信頼感がより高まる。

自由な加筆や修正、データ保存が可能なことから、電子カルテへの転送・添付が容易となり、より正確なデータベースとなる。

さらに過去説明が困難であった医学教育や研究発表の説明資料にも、3Dが故、より効果的に応用でき理解が容易になると期待できる。

## 3、「動く3D心臓モデルソフト」の開発過程について

この3D心臓モデルを開発するにあたって、下記の7つの要件を盛り込むことを定義とした。

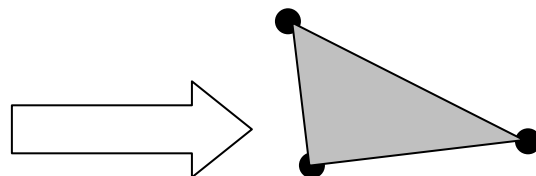
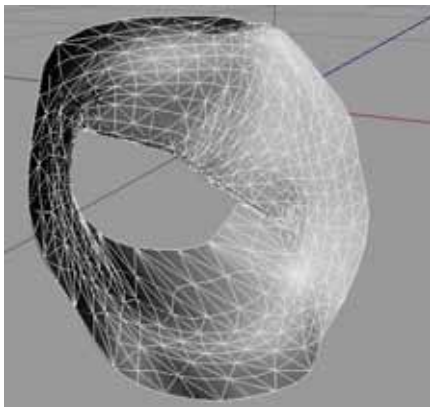
- 1) 実際の心臓を忠実に3Dモデルで内外部にいたるまで再現する。

- 2) 通常では見ることができない心臓内部を見ることができるものとする。(透明化、断面)
- 3) 3Dであることにより自由な視点でみることができるものとする。
- 4) 弁の開閉、心拍や血液の流れなど「動き」の要素を盛り込むものとする。
- 5) 紙にペンで書くのと同様に情報を書き込むことができるものとする
- 6) 作成したデータは保存・読み込みができ、また静止画・動画としても出力することができる。
- 7) 特別な高価な機器ではなく標準レベルのパソコンで機能する。

この要件を実現するために、開発で苦労した点を述べると

#### <心臓を忠実に再現する>

リアリティのある心臓モデルにするには、モデルのポリゴン数( )を多く使用し、精密な形状にする必要がある。しかしポリゴン数が多くなればなるほど処理に負担がかかるため、スムーズに動作しなくなる。心臓モデル制作における最も大きな問題は、「ポリゴン数の多いモデルでもスムーズに動く」という一見矛盾したものだった。



ポリゴン：3Dモデル形を構成する三角の面情報

今回の3D心臓モデルは、通常のやり方で制作すると軽く45,000のポリゴン数を超えてしまう。これを35,000に抑えるために、心臓の形状の複雑さに合わせてポリゴン数を分散/集中させ、滑らかな心臓モデルを制作した。

#### <滑らかな心臓の動きを実現する>

テレビ番組のタイトルや映画などで見かけるアニメーションは、決まった画像を決まった順序で再生するものであり、何度見てもその内容は同じである。

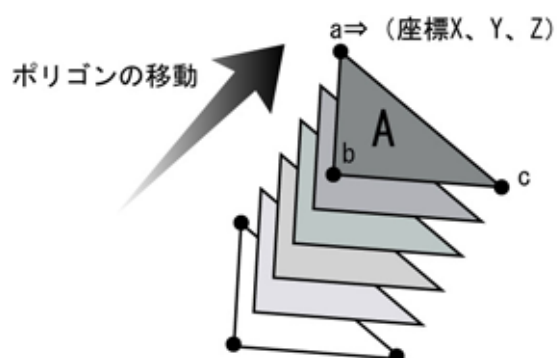
しかし、インフォームドコンセントでは患者ごとに異なる症状を説明する必要がある。

症状の種類や部位、影響を及ぼす範囲などに決まった順序はないため、それを説明するには症状に合った見せ方をしなければならない。

そのためには症状の種類や部位を指定し、指定箇所に応じて心臓の動きが変化するインタラクティブな機能（双方向性）が必要である。

プログラムにおける最も大きな問題は、インタラクティブな機能を使って「患者ごとに異なる症状をいかに見せるか」だった。

例を挙げると、今回実装した中に「壊死」という機能がある（「症状」ボタン内）。血管の詰まった位置を任意に指定（クリック）すると、プログラムが自動計算し、壊死範囲と心拍量を変化させる機能である。この一連の流れを実装するには心臓の形状・心臓の質感・心臓の動きの3つの要素を座標情報として数値化し、ポリゴンに付加しなければならない。



ポリゴン（A）の移動によって心臓の動きがリアルタイムに表現される。  
ポリゴンは3つの点で構成され、それぞれ3D空間内の座標（XYZ）を保持している。

座標情報を数値化し、さらにそれを標準的なパソコン（ ）でスムーズに動かすということは、「膨大な計算量を短い時間で終わらせる」という矛盾した処理を必要とした。そのためプログラム処理の分散化によりこれを解決した。心拍や症状を動いている状態で見せるこの機能はインフォームドコンセントにおいて最も重要な機能の一つであり、最も難易度の高い機能だった。

標準的なパソコン：CPU1.3GHz、メモリ512MB、VRAM64MB

#### 4、 ソフトの機能について

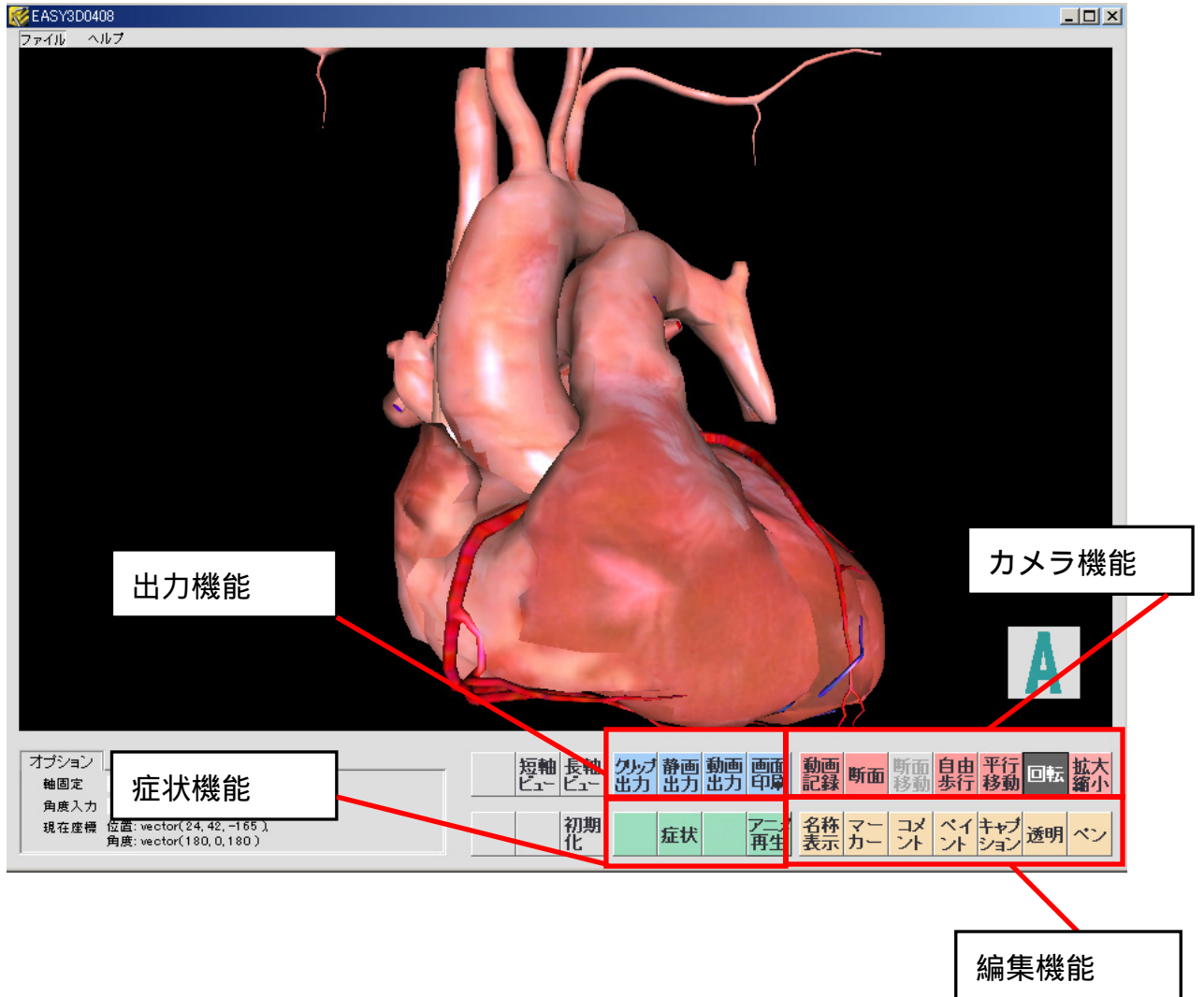
「3D心臓モデルソフト」の主な機能を下記に説明する。機能としては大きく分けて以下の4種類に分類される。

症状機能：心臓の心拍や症状を動いている状態で見せる機能

カメラ機能：外観や内部構造を自由な視点で見るカメラ機能

編集機能：自由に加筆・変更する編集機能

出力機能：作成したデータをいつでも参照可能にする保存・出力機能



1) 拡大縮小、回転、平行移動機能

3D 心臓モデルを任意に回転、拡大縮小、移動する。



## 2) エコービュー (長軸 & 短軸)

エコーで使用されるアングルで 3D 心臓モデルを表示する。



## 3) 自由歩行機能

血管内を内視鏡のように自由移動して画面に映し出す。



## 4) ペン機能

「3D 心臓モデルソフト」はペンタブレットにも対応するよう開発している。対応するモニターを使用すれば、紙にペンで書き込むのと同じ感覚で画面の 3D 心臓モデルに手書きで書込みができ、補足情報を追加することが可能。



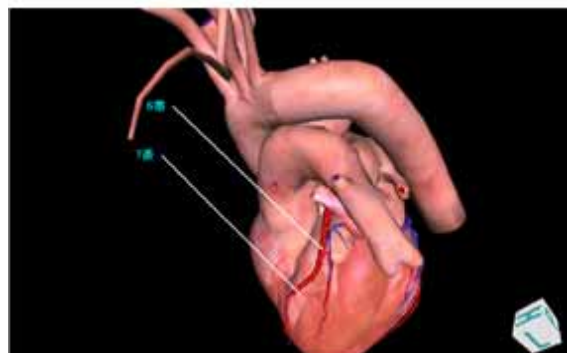
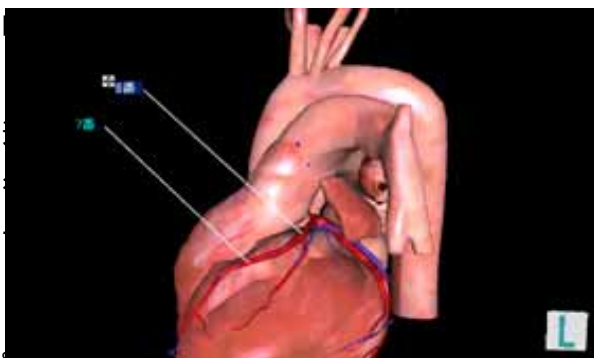
#### 5) ペイント機能

スプレーのように 3D 心臓モデルに色を吹き付けることができる。これにより特定の部位の変色を表現することが可能。



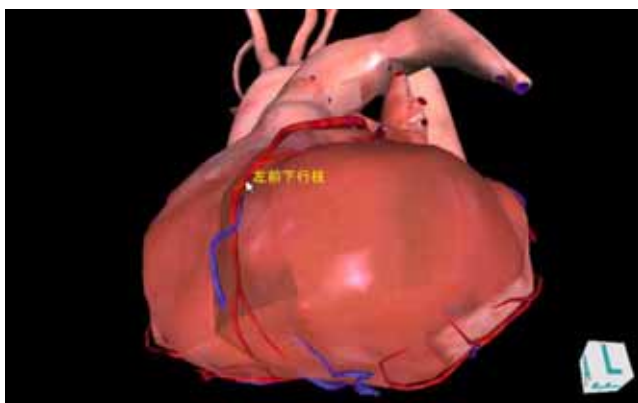
#### 6) コメント&キャプション機能

キーボード入力によりコメントを 3D 心臓モデルに付加する。キャプションは 3D に付加されるため、回転移動してもテキストも同



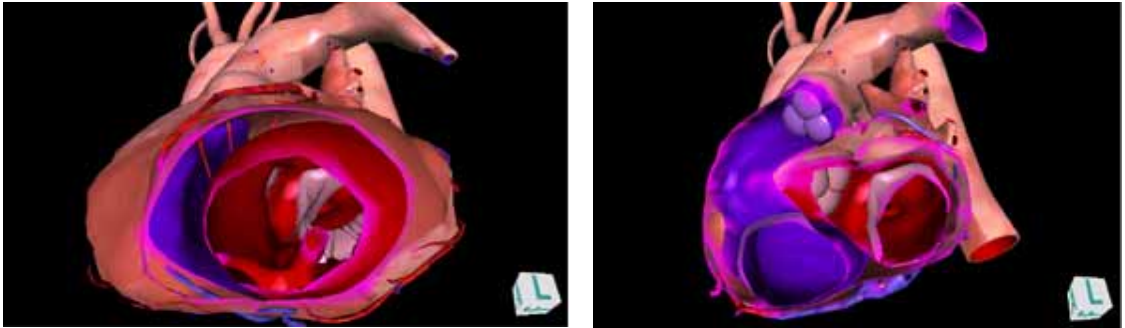
#### 7) 名称表示機能

3D 心臓モデルにマウスカーソルを当てると、部位の名称を表示。名称表示する部位は約 30 種類。



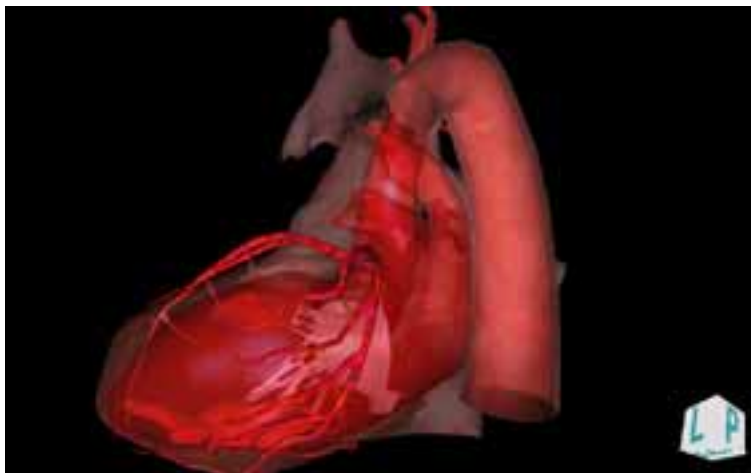
## 8) 断面機能

3D 心臓モデルを任意の位置で断面する。



## 9) 透明機能

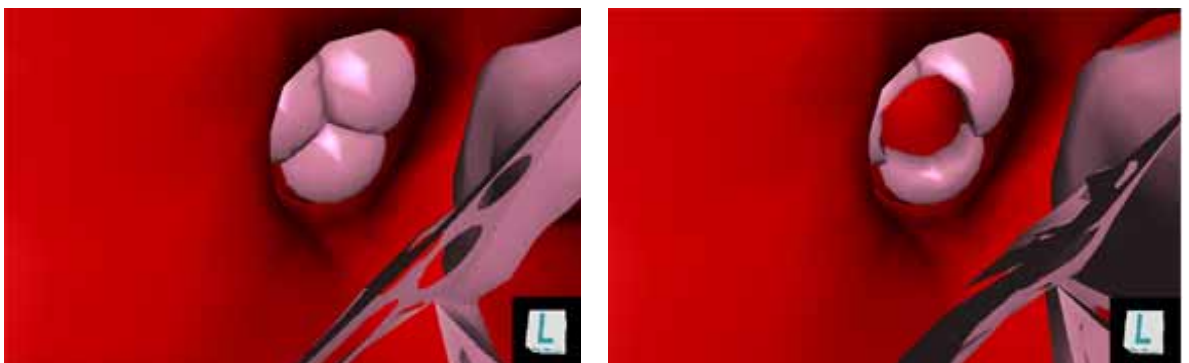
3D 心臓モデルの部位を全体および特定の部位を選択して透明化する機能で、内部を透かして見ることが出来る。全体の透明化では、心臓外部から段階的に透明化される。



## 10) アニメ再生機能

3D 心臓モデルは指定の心拍数で変化させて心臓の動きを再現することが出来る。

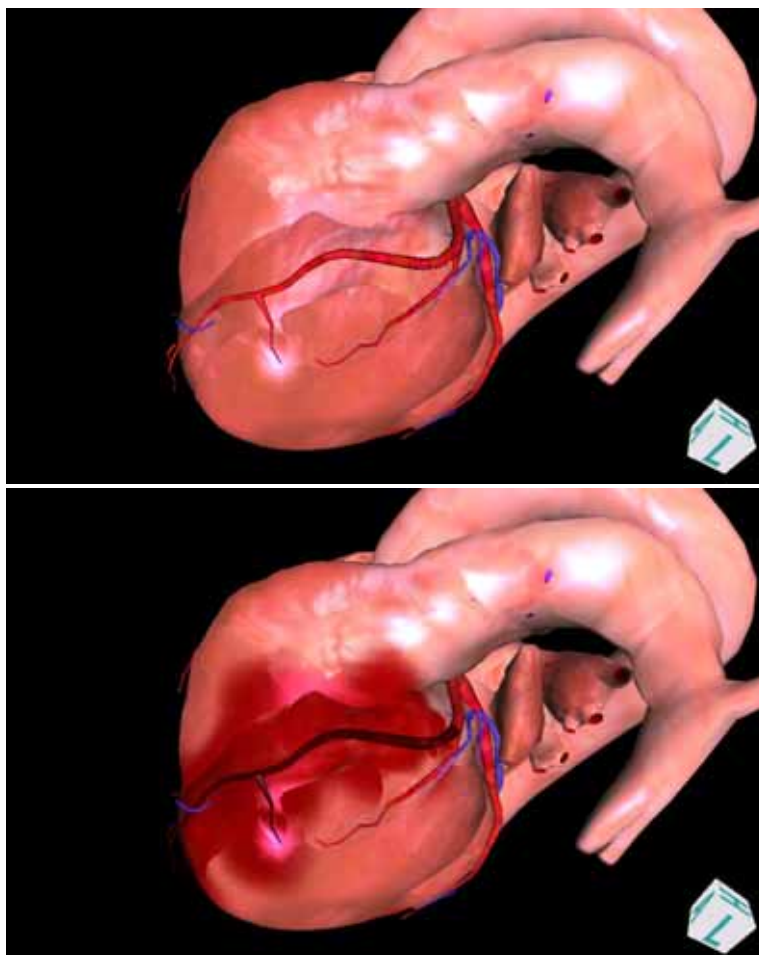
- ・ 血液の流れと弁の開閉
- ・ 血液の流れと弁の開閉の動きをアニメーションで再現。





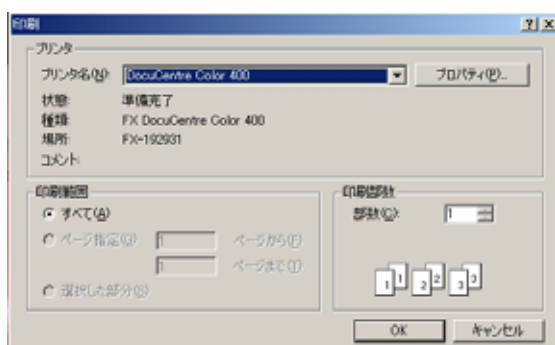
## 1 2 ) 症状機能 ( 血栓による壊死の再現 )

任意の血管を選択すると、壊死の範囲と心拍数の低下を再現する。



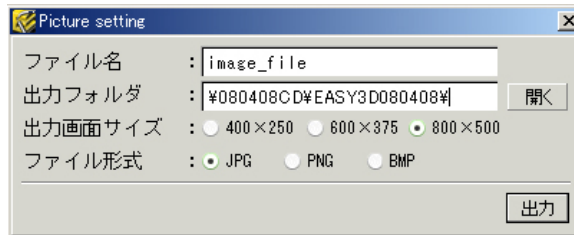
## 1 3 ) 画面印刷

画面をプリント出力。



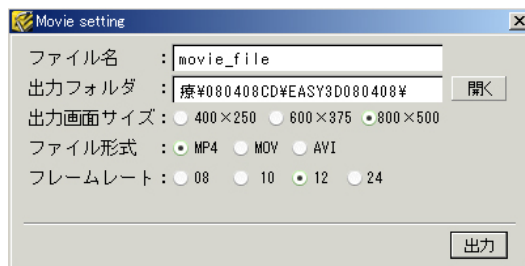
## 1 4 ) 静画出力

画面の 3D 心臓モデルを静止画データとしてファイル出力。データ形式は JPEG 等で出力したファイルは、他の汎用ソフトで利用することが可能。



### 15) 動画出力

カメラ機能の各ボタンの動きを記録し、動画データファイルとしてファイル出力する。データ形式はMPEG等で出力したファイルは、他の汎用ソフトで利用することが可能。



### 16) クリップ出力(クリップボード)

3D表示画面をクリップボードに保存できるため、ワードやエクセルといった文書作成ソフトに

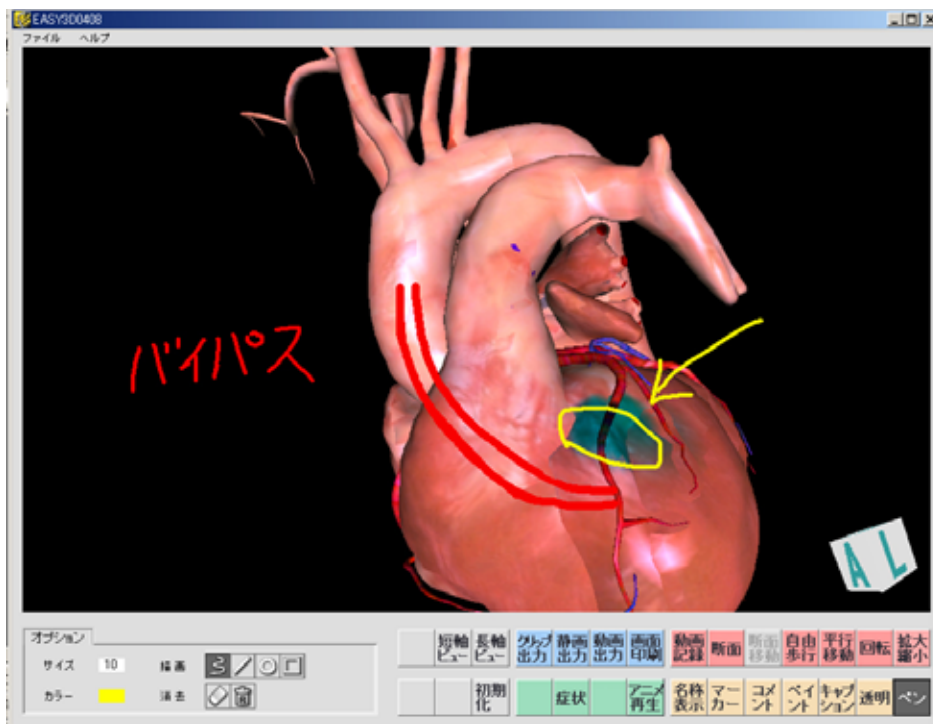
コピーペーストにて貼り付けることができる。また電子カルテ等にも利用可能な機能である。



## 5、 ソフトの動作環境

OS	: Windows 2000 & XP
CPU	: intel Pentium 4 以上のプロセッサ
メモリ	: 512M B の RAM
ディスク容量	: 300M B 以上の空き
グラフィックカード	: ビデオメモリ 64M B 以上 (128M B を推奨)
プラグイン	: QuickTime6.0 以上
表示解像度	: 1024 x 768

## 6、 検査画像との比較



### <優れている点>

- 1) 動きを再現 : ベクトルデータのため、リアルタイムに動きが再現できる。
- 2) 編集 : ペンやテキストによる加筆機能に加え、静止画・動画への出力機能を搭載しているため研修医や看護師への教育や研究資料制作に活用できる
- 3) 情報の再利用 : 加筆データを保存したり、静止画や動画を他のソフトへ活用できる。
- 4) 設備投資が安価 : 標準レベルのパソコンで稼動するため高価な機器が不要である。
- 5) 準備時間が少ない : 事前に準備・撮影したり、患者に見せるための調整時間が少ない。
- 6) インターフェイス : 入力方法はマウス以外にペンタブレットを利用できるため短時間で直感的に操作ができる。
- 7) 適度な情報量 : 必要な情報のみを表示するため説明したい場所を見つけやすい。

### <劣っている点>

- 1) 患者自身の臓器データでないため診断用には使用できない。

## 7、 まとめ（結語）

2つの重点要素（心臓の動き、症状の変化）が実現できたことにより3D臓器表現の基礎部分が整った。

今後、他臓器への展開、電子カルテへの活用等が期待できる。さらに、研修医や看護師への説明資料をより一層、熟成していくために必要な機能を調査収集することで、より高度な教育ツールとして発展させていく所存である。

## 8、 参考資料

- ・解剖学カラーアトラス J.W. Rohen 横地千仞 E. Lutjen-Drecol 共著 医学書院
- ・ヒューマンボディ 監訳：尾岸恵美子 片桐康雄 エルゼビア・ジャパン
- ・セーフテック心臓手術アトラス 監訳：古瀬彰 訳：幕内晴朗 川内基裕 金子幸裕 南江堂