

経食道心エコーシミュレーション ソフトウェアの開発

高橋弘毅⁺、加藤徹⁺、土井章男⁺

朴澤麻衣子⁺⁺、森野禎浩⁺⁺

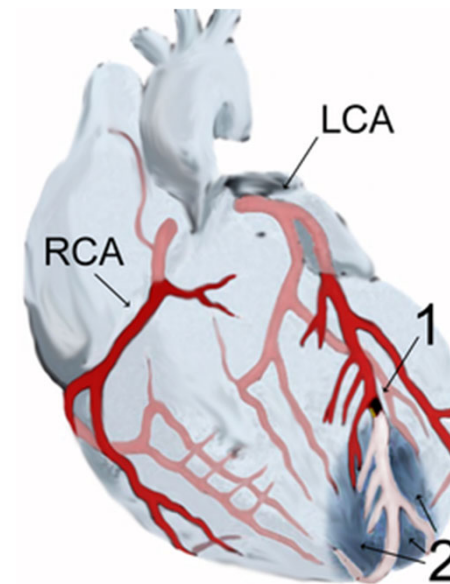
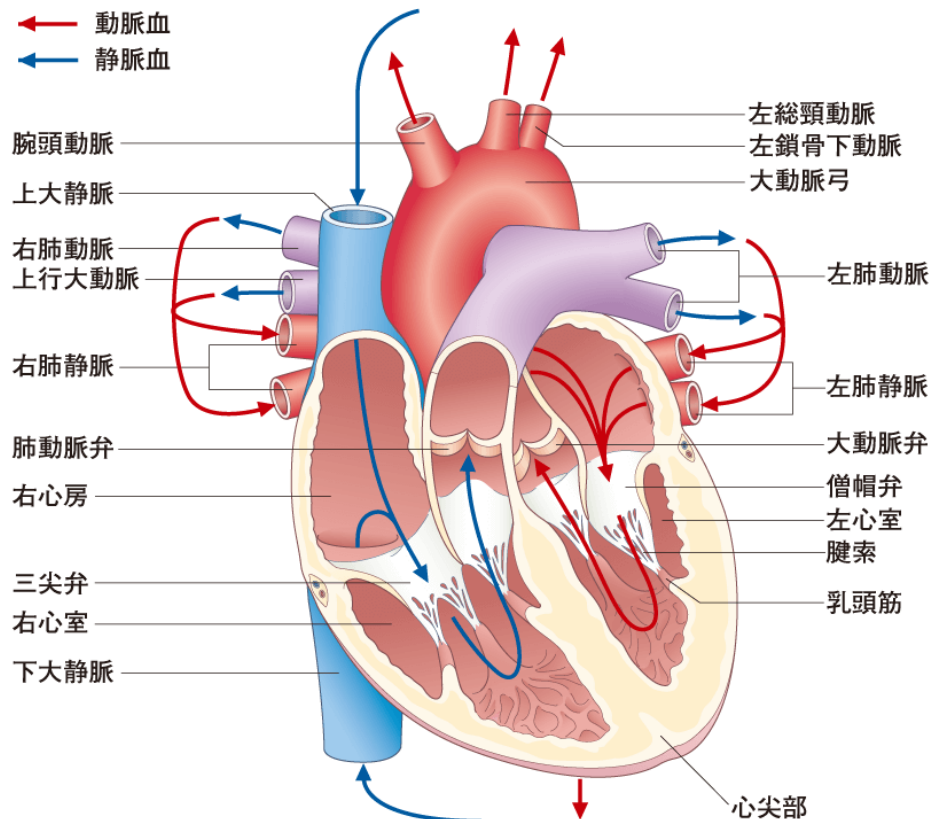
⁺岩手県立大学 ⁺⁺岩手医科大学

背景

- 現在、心疾患は日本人の死因の第3位であり、死因全体の15.5%を占めている(その多くは狭心症や心筋梗塞)
- 循環器病治療に対するカテーテル治療は急速に発展
- カテーテル手術で特に重要な治療手技(ブロッケンブロー手技(心房中隔穿刺)、**左心耳閉鎖術治療**)に着目
- 定量・定性評価を正確・円滑に行える**心臓専用の解析・手術支援ソフトウェア**への要望
 - 冠動脈疾患(血管拡張、...)
 - 血管バイパス手術、ステント留置、...
 - 心構造疾患(弁膜症、生体弁の留置、...)ul> - 経カテーテル大動脈弁置換術、**左心耳閉鎖術**、...

心臓の特徴

- 形状は複雑で個人差あり
- 拍動しているため、時間差で形状が変化
- 造影剤を使った心臓CT検査と超音波検査

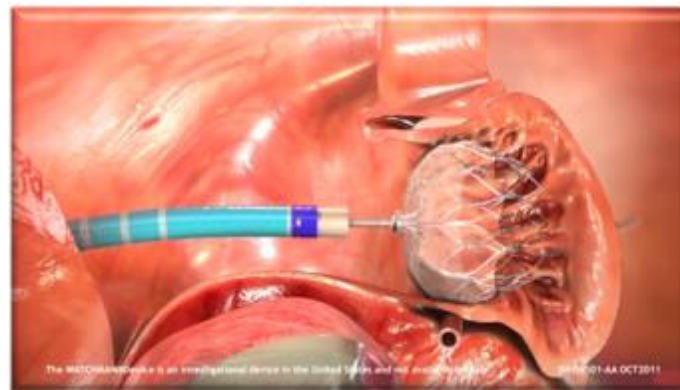
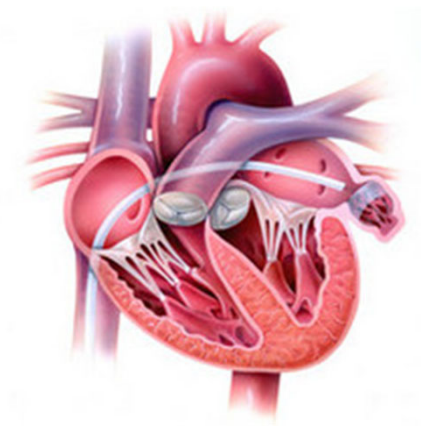


RCA: Right coronary artery

LCA : Left coronary artery

左心耳閉鎖術

- 左心房にある左心耳部分を閉じる手技
- 左心耳内部の血栓発生を防止し、脳梗塞等を予防
 - 手術後、約90%の脳梗塞予防効果
 - 抗凝固療法を継続できない方や、抗凝固薬を内服しても血栓塞栓症を発症してしまう方
- 左心耳閉鎖デバイスWatchmanによるブロッケンブロー手技（心房中隔穿刺）で右房から左房へカテーテルを移動
- 2019年9月に保険適用、岩手医科大学から対応施設拡大



左心耳閉鎖術と左心耳閉鎖デバイスWatchman

従来の経食道心エコー検査

- 左心耳閉鎖術には正確な左心耳の形状とサイズの把握が必要
- 経食道心エコー検査により左心耳を診察
 - プローブ先端から超音波を発し、人体の内部を撮影
 - 食道側(心臓の裏側)から心臓を観察
 - 左心房内の血栓の有無、心臓の弁の動きや形態、血管などを確認するための検査
 - プローブが太く患者負担が大きい
 - 3次元的な位置把握が困難



プローブ



口から挿入し検査



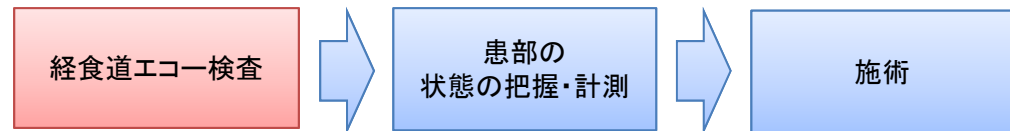
エコー画像

本システムの目的

- CT画像を用いた3次元的な位置把握による心臓読影の効率化
 - 従来の検査の問題点
 - プローブ操作の制限（検査可能な範囲，技術の熟練度）
 - 低品質なエコー画像の読解
 - 本システムによる検査
 - 非侵襲的な左心耳形態把握
 - 3次元ベースの多角的な計測アプローチ
 - エコー検査に近い操作感
 - CT画像から作成した精度の高い画像の提供
- プローブによる患者負担の軽減
 - 経食道エコー検査の患者負担
 - 食事制限,局所麻酔,食道損傷のリスクなど
 - 本システムを用いた場合
 - 経食道エコー検査を行わない(関連する負担が生じない)

システム概略

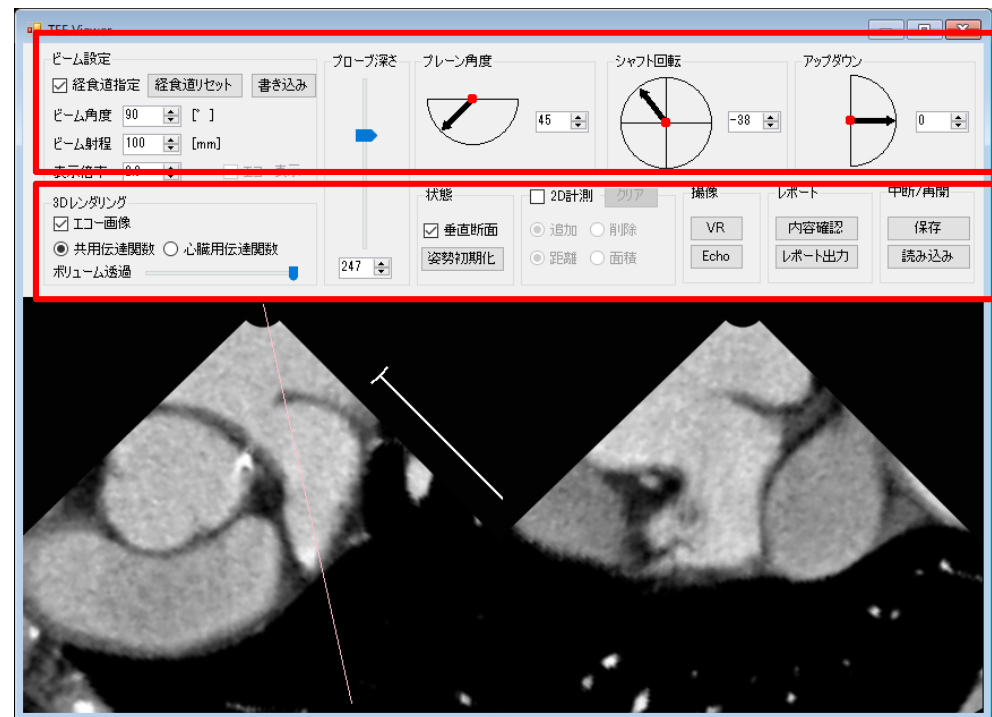
現行の施術の流れ

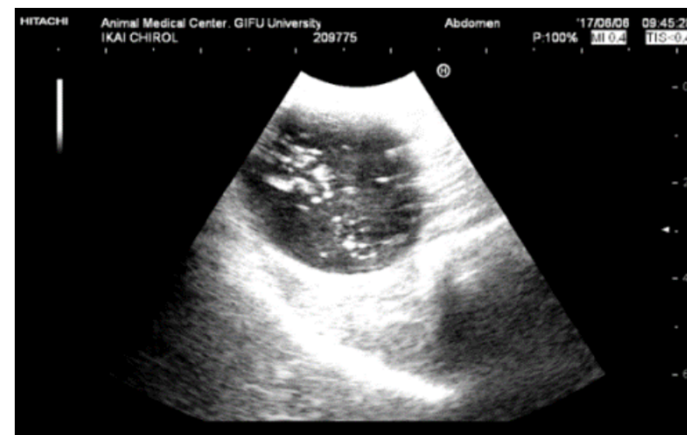
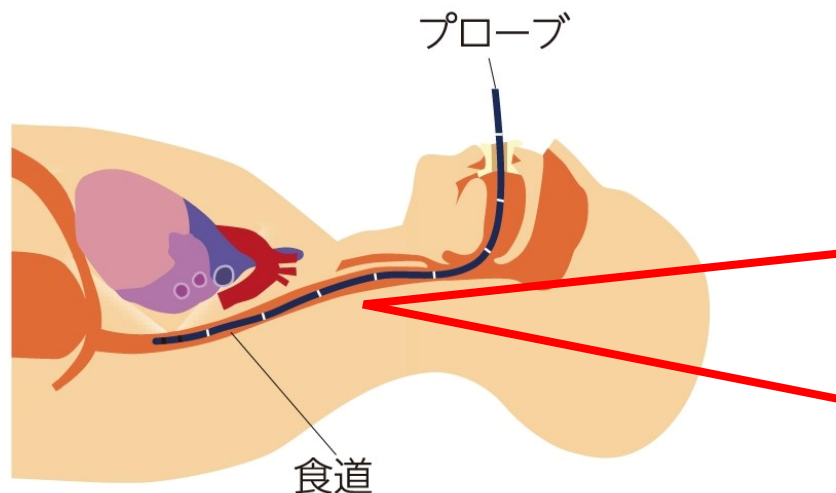


本システムを使用

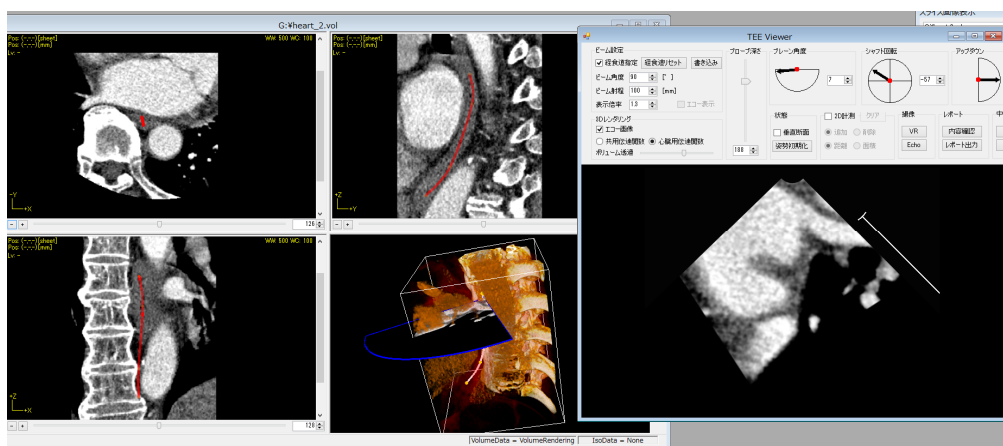


- 術前に行われるエコー検査を置き換え
 - 既存のエコー検査に用いる画像に近い画像を作成
 - 既存のプローブ操作と同じパラメータで操作
- 画像処理ソフトウェアとしての機能拡張
 - ボリュームレンダリング機能
 - 計測結果のレポート出力
 - 現在のプローブの姿勢の保存・読込





経食道心エコー図検査によるエコー画像



経食道心エコーシミュレーションソフトウェア

Step.1 経食道指定

Step.2 疑似エコー画像表示

Step.3 プローブ操作

Step.4 計測

Step.5 レポート出力

Step1.経食道指定

- 経食道を三次元空間に指定

CT画像の断面上に点を指定



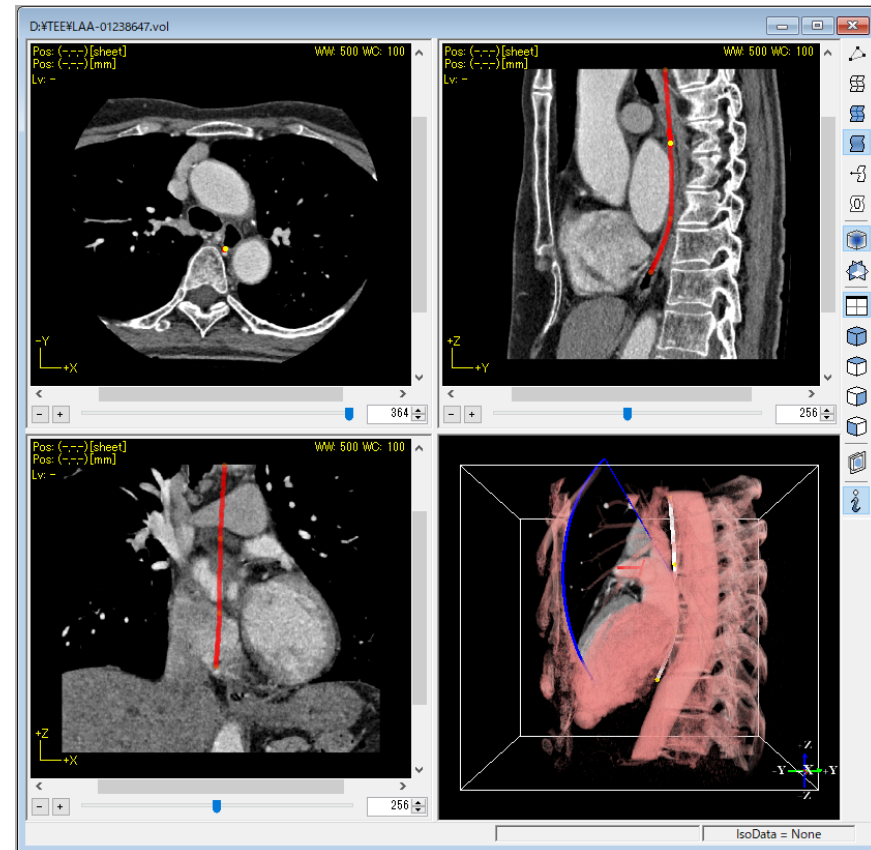
三次元空間上に曲線を作成



各方向から曲線の形状を確認

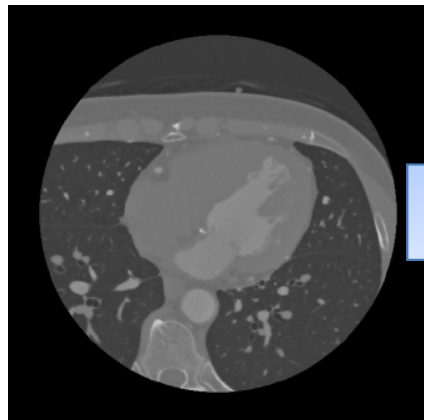


プローブの経路を「深さ」
パラメータのみで指定可能に

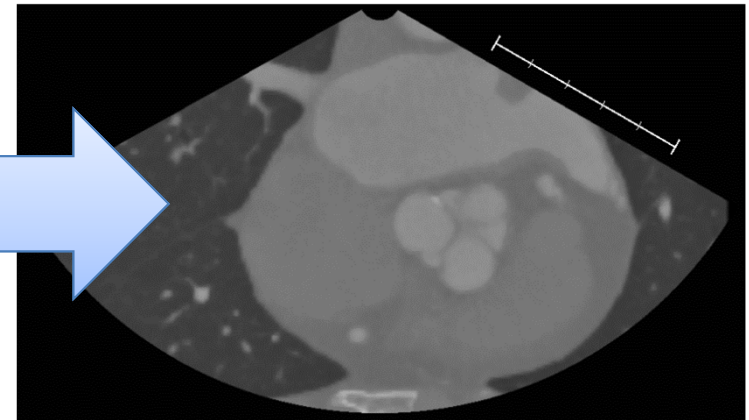
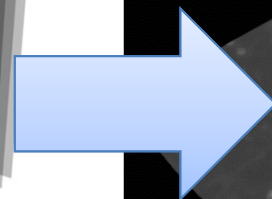
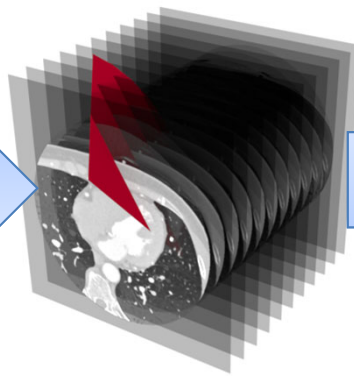
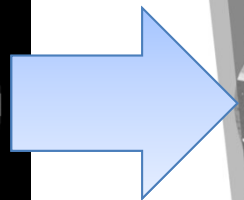


Step2. 疑似エコー画像表示

- エコー画像と同じ内容を再現
 - 医師の学習コストを削減
- エコー画像に比べ高精度
 - エコー画像より高精細なCT画像から作成



3次元CT画像



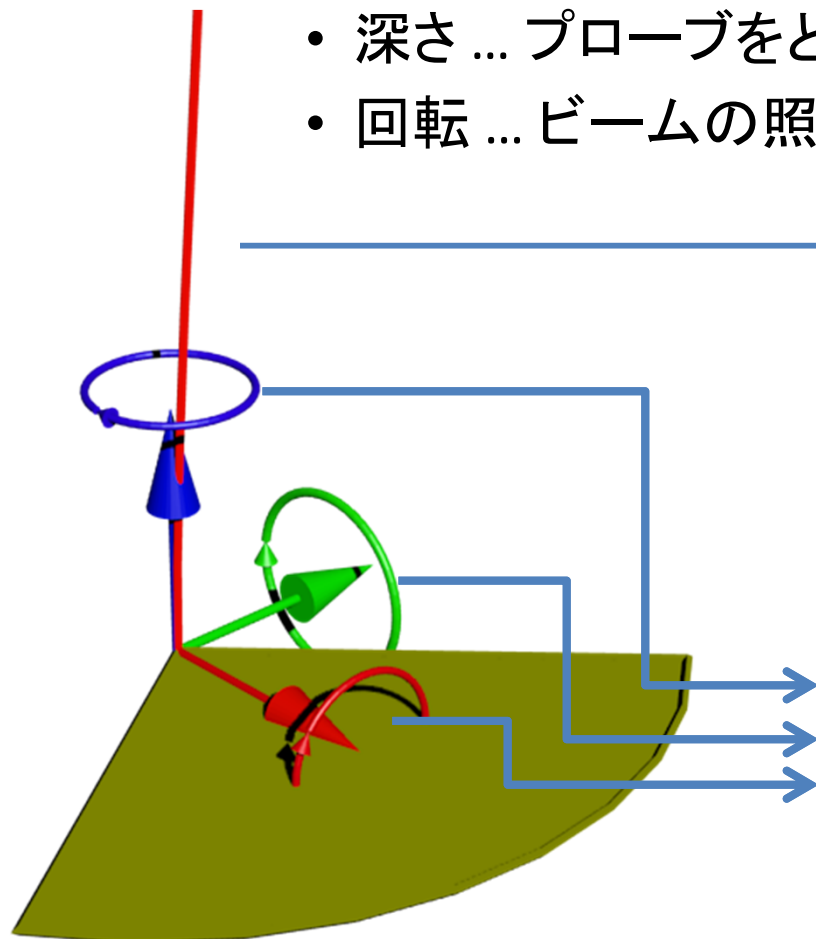
CT画像から扇型断面取得

Step3.プローブ操作

- 操作項目

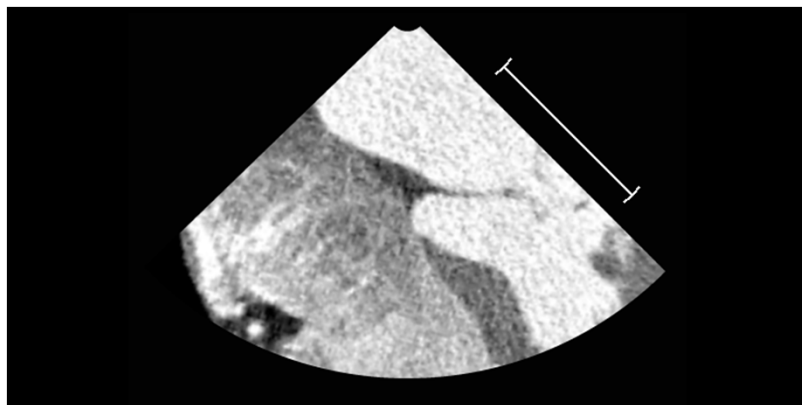
- 深さ ... プローブをどれだけ挿入するか
- 回転 ... ビームの照射方向と角度

深さ

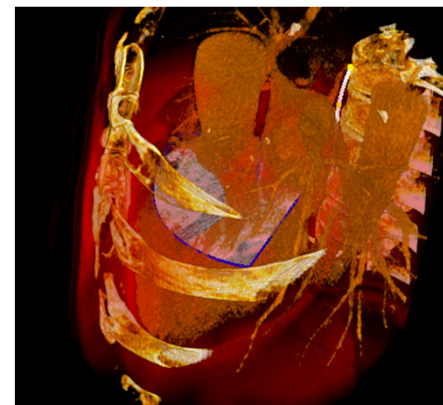


回転

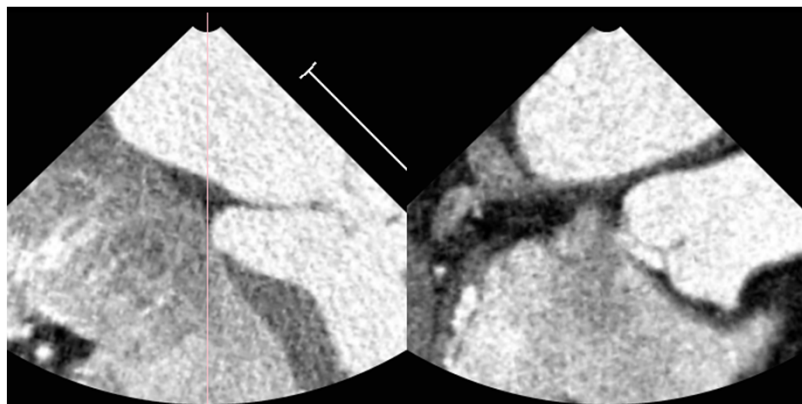
Step3.プローブ操作



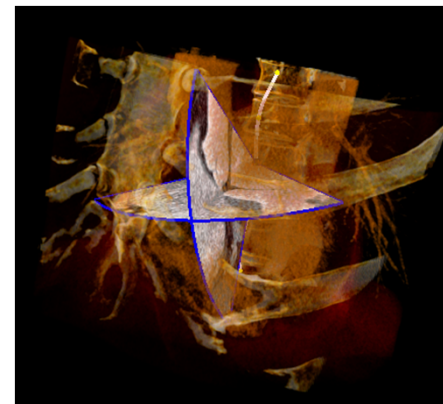
疑似エコー画像



プローブの状態を確認

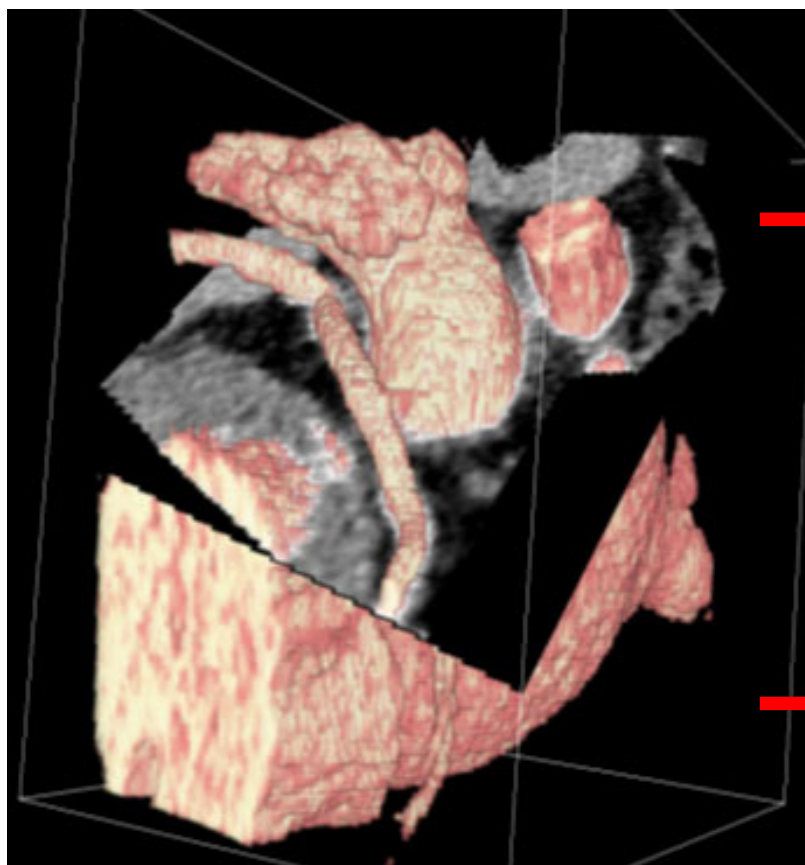


90度断面同時表示



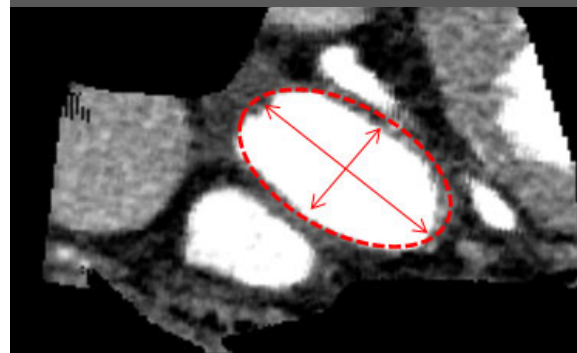
90度断面にも対応

Step4.計測



任意切断面上での計測機能と領域抽出

最大直径、最小直径、
入り口の形状

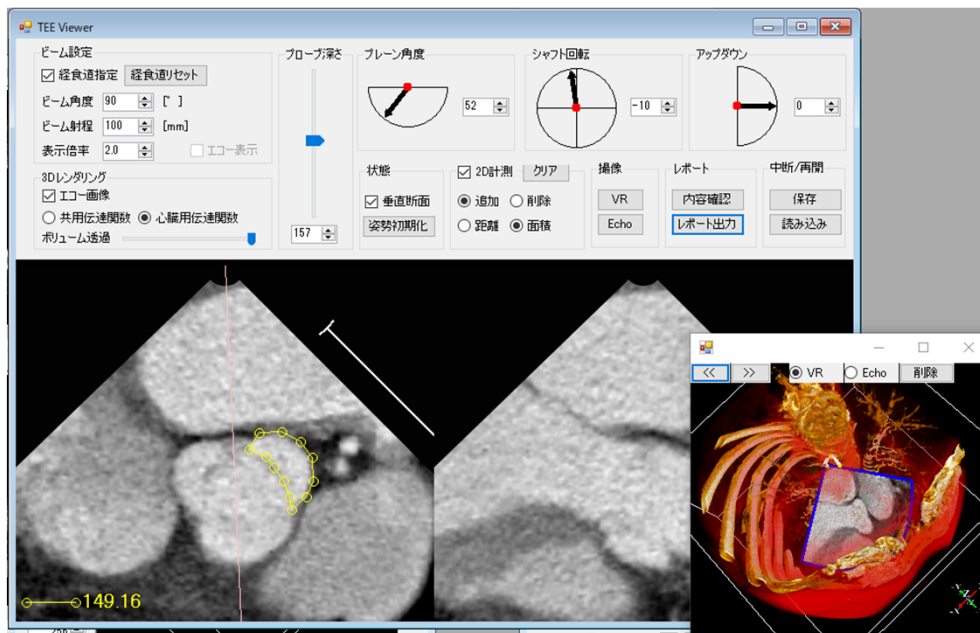


左心耳内腔の体積

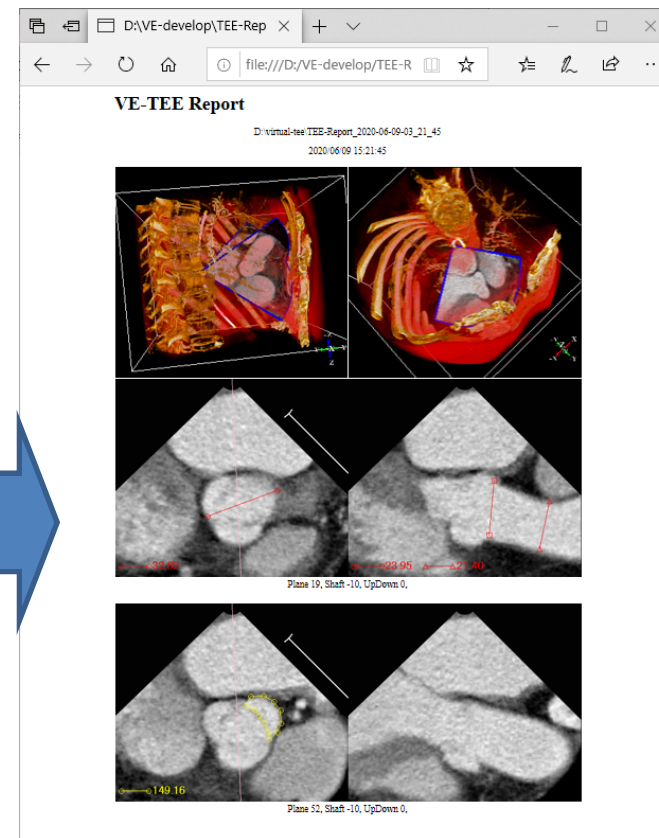


Step5.レポート出力

疑似エコー表示結果及び、その三次元上の姿勢を表示するレポートを出力
※医師同士のコミュニケーションに活用



距離、面積を計測



HTML形式で出力

開発環境

- ベースとなるシステム
 - Volume Extractor 3.0
 - 三次元CT画像を可視化, 編集が可能
- 開発環境
 - ソフトウェア
 - Windows 10
 - Visual Studio 2017
 - .NET Framework 4.0
 - 画像処理
 - OpenGL (Volume Rendering 等3次元表示)
 - .NET FrameworkのGraphics機能 (エコー画像などの2次元表示)
 - ハードウェア
 - Intel Core i7 程度のCPU
 - NVIDIA,Radeon等、OpenGLに対応したグラフィックボード(必須)
- 動作環境
 - 開発環境と同等のマシンスペック

開発にあたって

- 要求が不明確
 - 現状
 - 熟練の医師が感覚的に診察
 - 専用のハードウェア(プローブ)の操作
 - ソフトウェアへの要求
 - 医師自身が、欲しい機能、最適なUIを把握していない
 - 医師によって要求が異なる

総括

- 本システムの評価
 - 操作感をエコー検査に近づける事で、医師の学習コストを下げる事ができた
 - CT画像ベースの3次元的な位置把握により、正確な計測が可能になった
 - 3次元画像編集機能との連携により、左心耳の抽出などを1つのソフトウェアで実現
 - レポート機能、プローブ姿勢の保存・読み込み機能により、医師同士の情報共有が容易になった
- 今後の課題
 - 患者負担の軽減の有効性の検証
 - エコー検査置き換えの見通しあり
 - 現在三施設へ配布を行い、「臨床」での実用化に向けて評価中。より多くの評価が必要