

# 心臓弁とその周辺部位に対する オプティカルフロー解析を用いた動態サイクルの可視化

Visualization of the dynamic cycle for heart valves and surrounding areas using optical flow analysis

† 前地 一輝 † 金井 翼 ‡ 青山 純也 † 田邊 造 †† 宮城 泰雄  
Kazuki MAEJI Tubasa KANAI Junya AOYAMA Nari TANABE Yasuo MIYAGI

公立諏訪東京理科大学 † Suwa University of Science ハーバード大学 ‡ Harvard University  
日本医科大学 †† Nippon Medical School

E-mail: † {GH22527@ed, S317017@ed, nari@rs}.sus.ac.jp ‡ junya-a@nms.ac.jp, †† show@nms.ac.jp,

## 1 はじめに

本論文は、心臓弁のエコー動画から弁の動きに関連する多くの部位の細かな動きを解析して連動性の可視化とその評価手法を提案している。提案手法は、(Step1) エコー動画を画像毎に分解後に、心臓弁細部(弁輪・弁尖・腱索)とその周辺(心臓壁)に分解する。(Step2) 画像の明暗をはっきりさせるため、コントラストのヒストグラムを平坦化する。(Step3) 各部位をオプティカルフロー解析 [1] により、それぞれの時間における開閉量に対してサイクルグラフを可視化した後に、(Step4) 各部位の連動性を評価している。提案手法は、従来手法で評価が難しかった開閉のサイクルを可視化するだけでなく、時間軸を比較することで連動性についても評価していることである。

## 2 提案手法

図1のように、心臓弁を心臓壁 W1・弁輪 B1・弁尖 A1・腱索 T1 において、心臓壁は上から W1a・W1b・W1c の3部位に、弁尖は上から A1a・A1b の2部位に分解する。

### Step 1 前処理

心臓弁エコー動画をフレームごとの画像に分解し、解析部位に対して個々にあったマスクを作成した後にマスク処理する。これは、マスク処理により解析箇所部位のみを取り出すことで、他の部位などのノイズとなるものを除去でき、解析結果の精度向上が期待するものである。

### Step 2 ヒストグラム平坦化

画像の画素数  $n$  と輝度値  $i$  の画素数  $n_i$  から輝度値  $i$  の画素数の割合  $p_i = n_i/n$  を算出することで、ヒストグラム平坦化式  $f(x)$  として次式

$$f(x) = \text{floor}\left(255 \sum_{i=1}^x p_{(i)}\right) \quad (1)$$

を用いた平坦化画像は図2となる。ここで floor は床関数である。

### Step 3 サイクルグラフの作成

オプティカルフロー解析から部位内すべてのピクセルにおける動態量と動態方向  $a$  を算出する。先行研究 [2] により算出された動態量と動態方向から、部位の動態量と動態方向が次式により求められる。

$$k_{(n)} = \begin{cases} S_{(n)} & \text{if } S_{(n)}^+ > S_{(n)}^- \\ S_{(n)} * (-1) & \text{if } S_{(n)}^+ < S_{(n)}^- \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $S_{(n)}^+$  は開方向を向くピクセルの動態総和、 $S_{(n)}^-$  は閉方向を向くピクセルの動態総和である。つまり、式(2)は開動態総和  $S_{(n)}^+$  と閉動態総和  $S_{(n)}^-$  の大小により、最終的な  $n$  フレームにおける部位の開閉量  $k_{(n)}$  が決定することを意味する。

この処理をすべてのフレームに対して行い、縦軸と横軸に開閉量とフレーム数をとるサイクルグラフを図3~図6のように可視化する。

### Step 4 評価

解析した各部位のサイクルグラフから連動性を評価する。

## 3 計算機シミュレーション

図3~図6は、2サイクル拍動する心臓弁エコー動画の用いて開閉のサイクルの連動性を可視化した。

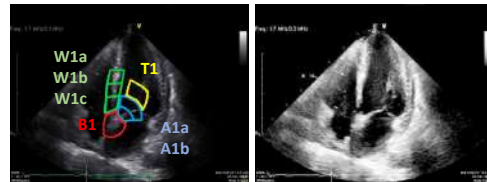


図1: 分割部位

図2: 平坦化画像

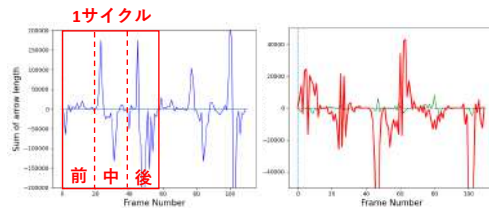


図3: A1a サイクルグラフ

図4: W1a と B1

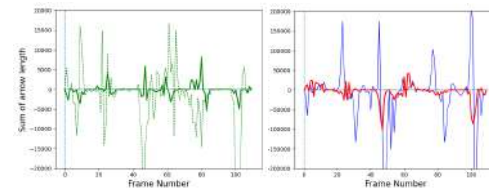


図5: W1a と W1c

図6: B1 と A1a

図3は図1の部位 A1a の開閉に対するサイクルグラフであり、1サイクルを約18フレームづつ前半・中盤・後半と3特徴がある。

図4は、W1a と B1 のサイクルグラフを緑尖と赤線で表している。W1a は B1 に比べて開閉量は非常に小さく、B1 はサイクルの前半に特徴的な動態が確認できる。

図5は、W1a と W1c のサイクルグラフを緑線と緑点線で表している。W1c は W1a より開閉量が大きく、W1a から B1 の順に開閉量は大きくなることが確認された。

図6は、A1a は解析部位の中で最も開閉量が大きい、サイクル前半のみ B1 の開閉量が A1a の開閉量を上回る。

以上より、弁輪はサイクル前半に大きく動態し、その動態が周辺部位の心臓壁と弁尖にどのように影響しているかを確認した。

## 4 まとめ

本論文は、心臓弁エコー動画から弁の動きに係るであろう部位ごとにサイクルグラフを可視化とその連動性について評価した。提案手法から、(i) 1サイクルに弁は2回開閉すること、(ii) 動態の大きさは心臓壁・弁輪・弁尖の順に大きくなること、(iii) 弁輪がサイクル前半に弁尖よりも大きく動態することが確認された。このことにより、サイクル前半の弁輪の大きな動態が周辺部位に影響していることを明らかにした。

## 参考文献

- [1] GFarneböck, "Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion," SCIA'03 Pro. 13th Scandinavian conference on Image analysis, pp.363-370, July 2003.
- [2] 前地 一輝, 田邊 造, 宮城 泰雄, 青山 純也, "正常心筋長軸映像における僧帽弁尖の可視化と分析", 電子情報通信学会総合大会, 2021年3月.