

# 心臓の長軸断面像に オプティカルフローを用いた心周期判定

Cardiac cycle determination using optical flow on long-axis cross-sectional images of the heart

†井上 翔 †深澤 光希 †田邊 造 ‡宮城 泰雄 ‡青山 純也 ††古川 利博

Kakeru INOUE Koki Fukasawa Nari TANABE Yasuo MIYAGI Junya AOYAMA Toshihiro FURUKAWA

公立諏訪東京理科大学 † Suwa University of Science 日本医科大学 † Nippon Medical School

東京理科大学 †† Tokyo University of Science

E-mail: †{T118018@ed, s317067@ed, nari@rs}.sus.ac.jp, ‡show@nms.ac.jp, ‡junya-a@nms.ac.jp, ††tofukurawa@rs.tus.ac.jp

## 1 はじめに

本論文は、心臓の長軸断面像から心臓全体の動態解析と心周期判定について提案する。提案手法は、(Step 1) 心臓超音波画像からマスク処理を用いて不要情報を除去する。(Step 2) 心臓の心基部・中央部・心尖部の長軸断面像からオプティカルフローを用いて、動きの大きさと向きを検出する。(Step 3) 心臓の長軸断面像における各部位の移動量と向きから統計学的機械学習を用いて心周期の判定を行い心臓全体の動きを把握する。提案手法の特徴は、心臓の長軸断面像から心臓全体の動きを評価することである。提案手法の有効性はシミュレーションで明らかにする。

## 2 提案手法

### Step 1 前処理

図1に示す心臓の各部位(心基部, 中央部, 心尖部)に対して超音波画像映像を1フレーム毎の画像に分割する。事前に医師の助言に基づいた心臓の外壁と内腔部の輪郭情報を用いてマスク画像を作成し, 超音波映像の各フレームに対して処理することでノイズや背景を除去する。

### Step 2 動態の抽出と可視化

時刻  $t$  における座標  $P(x, y)$  の画素値を  $I(x, y, t)$  とし,  $\Delta t$  間に  $P_1(\Delta x, \Delta y)$  だけ移動したとき, オプティカルフローの拘束条件式は  $I_x u + I_y v + I_t = 0$  となる。各画素の輝度値を二次多項式で近似し, その係数をフレーム間で比較することで移動量を推定する。時刻  $t$  における座標  $P$  の近傍領域の輝度値二次多項式  $f_t(P) = P^T A_t P + b_t^T P + c_t$  が  $f_t(P) = f_{t-1}(P - d)$  となるとき  $t$  から  $t-1$  間の移動量  $d$  は

$$d = -\frac{1}{2} A_t^{-1} (b_{t+1} - b_t) = \frac{u}{v} \quad (1)$$

となる。これにより, 心臓動態の動きを線で表すことが可能となる。

次に, オプティカルフローの計算結果から得られる心臓動態の方向をHSV色空間の色相で表すことが可能となる。

以上より, 図1で心臓の各部位が収縮期と拡張期で図2と図3のように動くことを考慮して, 心臓の動態量を式(2)を線で表し, その方向を図4のHSV色空間の色相を用いて下地の色で表した結果を図5である。

### Step 3 長軸の心周期判別

心臓は, 図2の収縮と図3の拡張のように伸長運動を繰り返している。Step2で確認した移動量の総和  $D_t$  と各部位の動態方向の頻度  $(\theta)$  を用いて心周期判別する。提案手法は, 心基部・中央部・心尖部の心周期判定を次式

$$result_t = \begin{cases} D_t & (P\{0^\circ < \theta < 90^\circ \text{ or } P\{270^\circ < \theta < 360^\circ\}) \\ -D_t & (P\{90^\circ < \theta < 270^\circ\}) \end{cases} \quad (2)$$

として表し, その結果を図6に示す。ここで, 収縮期をプラス(+), 拡張期をマイナス(-)として可視化させている。

## 3 シミュレーション

図5の収縮期では各部位が右方向へ(図1における上方向に)動いており, 拡張期には左方向へ(図1における下方向に)動いていることがわかる。これにより心臓では伸長運動が行われていることが確認できる。

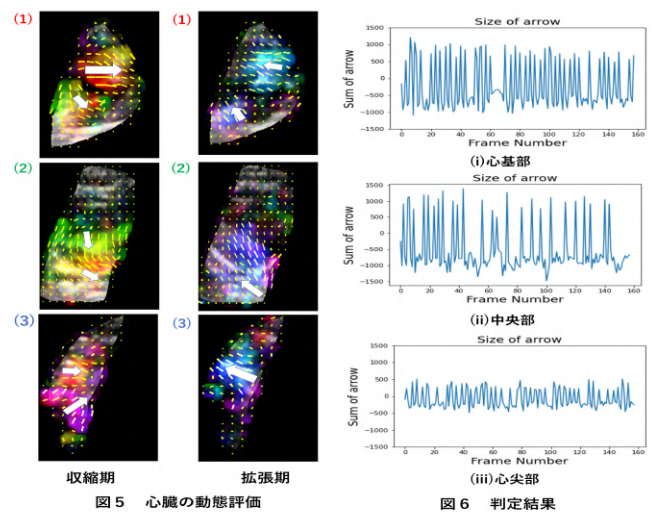
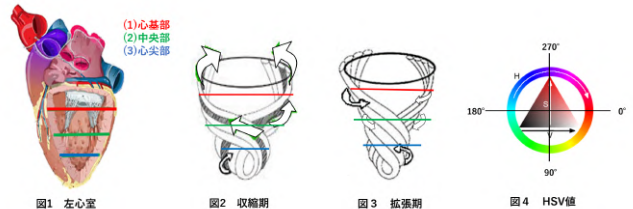


図5の心基部と中央部より, 上部にはHSVの色が表示されておらず黄色い矢印が短く出力されていることから縦方向に動いていると考えられる。全体的に収縮期には  $0^\circ$  から  $90^\circ$  方向へ, 拡張期には  $180^\circ$  から  $270^\circ$  方向へ動いていることが確認できる。また, 心尖部では上部と下部でも縦方向の動きが見られた。これは図2と図3のツイスト運動の動きに一致しており, 心臓が単に上下に伸長運動をしているのではなく複雑な動きをして縮小拡張を行っていることが分かった。

図6のグラフをそれぞれ比較すると, 心基部と中央部が活発であるのに対して心尖部はあまり動作しないことが確認できた。また, 心臓が収縮と拡張をほぼ規則的に繰り返していることも知ることができた。

以上より, 心臓全体の動きだけでなく各部位の動態量や向きなど詳細な情報を得ることができた。

## 4 まとめ

本論文は心臓の長軸断面像から心臓全体の動きの解析と心周期判定について提案した。提案手法は各部位の心周期の特徴と判別が可能となった。

今後は心臓の状態解析に加え心筋梗塞の状態判定を機械学習を用いて可能であるか研究を進める予定である。

### 参考文献

- [1] G. Farneback, "Two-Frame Motion Estimation Based on Polynomial Expansion," Lecture Notes in Computer Science, 2749C2003D, pp. 363-370.
- [2] 深澤 光希, 田邊 造, 宮城 泰雄, 青山 純也, 古川 利博, "心臓超音波画像の動態解析による心周期判定と心臓状態解析", 電子情報通信学会 信越支部大会, 2020年9月 (CD-Rom).