

1. はじめに

動脈硬化の早期発見を目的とした FMD(Flow Mediated Dilation) 検査は、血管拡張を超音波画像から診断する手法である。安静時と駆血解放後の血管径を超音波画像から計測し、正常であるかを判定する。このとき、周期的に最大となる血管径を心臓の拍動と同時に検出する必要がある。しかし、超音波画像にはノイズが多く、画像上の拍動の変化はサブピクセルオーダーであるため、その検出は非常に難しい問題である。そこで本研究では、超音波画像から画像特徴を用いて心臓の拍動を高精度に検出する手法を提案する。

2. 提案手法

提案手法では、まず連続する超音波画像 N 枚から特徴点を求める。特徴点追跡結果から変化量を求め、変化量の時系列変化からピッチ周期を自己相関により求める。求めたピッチ周期を利用して、時系列に算出した変化量から拍動フレームを検出する。提案手法の流れを図 1 に示し、以下にその詳細を述べる。

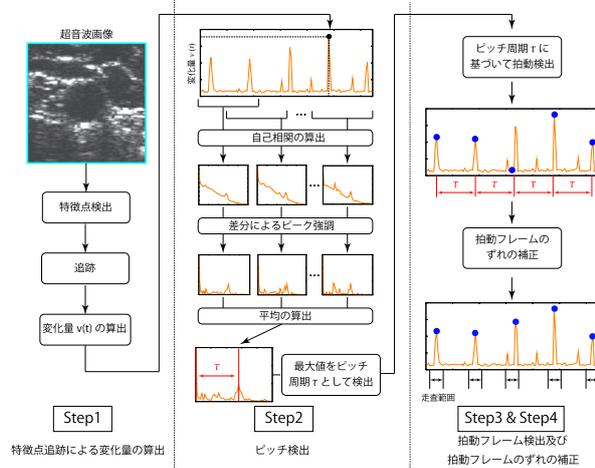


図 1: 提案手法の流れ

Step1. 特徴点追跡による変化量の算出

本手法では、まず超音波画像から特徴点を検出する。特徴点の検出には、Harris のコーナー検出、DoG、FAST 等の手法を用いる。次に、 $t-1$ から t フレームへの特徴点を LK(Lucas-Kanade) 法 [1] を用いて追跡する。LK 法は、特徴点を中心とした局所領域の濃淡情報を用いて、 x, y 軸方向の特徴点の移動量 $\Delta x, \Delta y$ を求める手法である。次に、 t フレームにおける各特徴点 p の移動量の総和を変化量 $v(t)$ とし、次式により求める。

$$v(t) = \frac{1}{P(t)} \sum_{p=1}^{P(t)} \sqrt{(\Delta x_p)^2 + (\Delta y_p)^2} \quad (1)$$

Step2. ピッチ検出

変化量 $v(t)$ からピッチ周期を自己相関により求める。図 1 の Step2 に示すように、分割した各領域毎に自己相関 $R(\tau)$ を式 (2) により算出する。

$$R(\tau) = \sum_{t=1}^{128} v(t)v(t+\tau) \quad (2)$$

次に、自己相関の差分によりピークを強調し、各領域の総和から最大となる τ をピッチ周期として検出する。

Step3. 拍動フレーム検出

Step2 で求めたピッチ周期 τ を用いて、拍動フレームを検出する。式 (3) によりピッチ周期間の変化量の相関が最大となるずらし幅 k を求める。

$$k^* = \arg \max_{0 \leq k \leq \tau} \sum_{i=1}^I v(k+(i-1)\tau)v(k+i\tau) \quad (3)$$

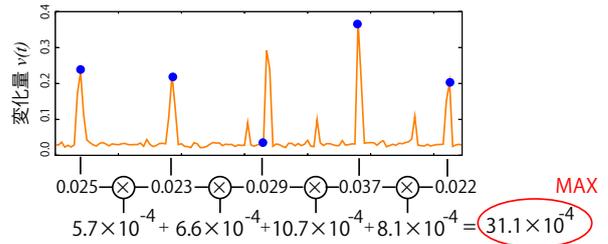


図 2: 拍動フレーム検出例

Step4. 拍動フレームのずれの補正

拍動は必ずしも一定の周期で発生しないため、検出したフレームにずれが発生することがある。そこで、ピッチ周期 τ の $\pm 10\%$ のフレーム間で、変化量が最大となるフレームを拍動フレームとして検出してずれを補正する。

3. 評価実験

評価実験により提案手法の有効性を示す。特徴点には、Harris, DoG, FAST, FAST にスケールを適用したものを比較する。評価用データは、被験者 18 人の腕の血管を撮影した超音波画像を 1 人当たり 300 枚を用いる。評価には、目視により求めた正解データと検出結果から算出した F 値を用いる。各手法におけるピッチ検出率、拍動フレーム検出率、特徴点検出に要する処理時間を表 1 に示す。

表 1: 評価実験の結果

	Harris	DoG	FAST	FAST+S
ピッチ検出率 [%]	94.4	83.3	88.9	86.5
拍動検出率 [%]	92.2	80.7	91.3	89.4
処理時間 [ms]	4.59	26.13	3.58	4.23

表 1 より、ピッチ検出率、拍動フレーム検出率において、特徴点に Harris を用いた場合に高速かつ高精度な拍動フレーム検出が可能であることがわかる。

図 3 に拍動フレーム検出例を示す。図中の青丸が拍動フレーム検出結果である。変化量は超音波画像の特徴点追跡の結果を基に算出されているためノイズが多く含まれるが、提案手法は微小な変化量である拍動フレームも高精度に検出可能であることがわかる。また、提案手法ではピッチの周期性を用いることで誤検出を抑制することができた。以上より、提案手法は高精度な拍動フレーム検出が実現できたといえる。

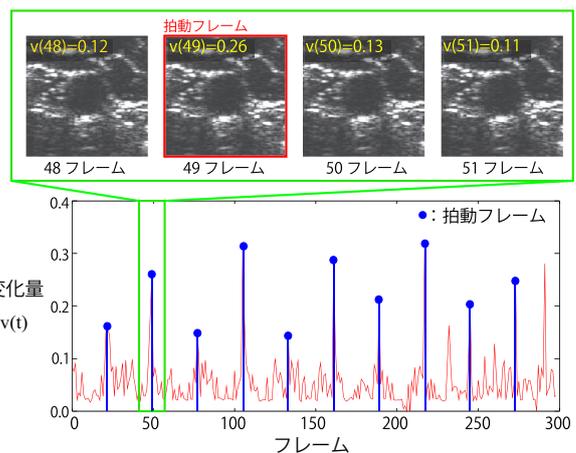


図 3: 拍動フレーム検出結果

4. おわりに

本研究では、画像特徴を用いた拍動フレーム検出法の有効性を示した。今後は、不整脈等のピッチ周期の検出が困難な場合における拍動フレーム検出法について検討する。

参考文献

[1] B. D. Lucas and T. Kanade, "An iterative image registration technique with an application to stereo vision", Proc. of International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1981.