

H-013

拡張期 Color Kinesis 画像からの心機能特徴量の抽出 Feature Extraction of Diastolic Ventricle Wall Motion from Color Kinesis Image

嘉田 昌浩[†] 汐崎 陽[†] 平野 豊[‡] 上原 久和[‡] 増山 理[§]
Masahiro Kada Akira Shiozaki Yutaka Hirano Hisakazu Uehara Tohru Masuyama

1. まえがき

近年, 医療の分野では心疾患の診断に超音波の反射波を用いて心臓を撮影した超音波心エコー画像が用いられている。現在, 医師はこの超音波心エコー画像から目測により心疾患を診断している。しかし, 目測による診断のため, 診断する医師の経験の差や主観的に診断することによる個人差によって診断結果が異なることがある。そこで, 本研究ではこの問題の改善を目指すために, 計算機を用いて超音波心エコー画像から心機能の特徴量を抽出し, 定量的に解析することを目的としている。本研究では超音波心エコー画像のうち, Color Kinesis (CK) 法により得られた CK 画像を用いる。CK 法とは, 微小時間間隔で超音波の反射強度から心内膜の位置を検出し, 各時刻間に心内膜が動いた部分を異なる色で色付けする方法である。よって, 一枚の CK 画像における色領域を調べるだけで, 心室が動いた量や動き方などの心機能の特徴を定量化することができる [1]。

文献 [2] では, 安静時と継続的な運動やそれと同等な作用を起こす薬剤投与により心臓に負荷を与えた後 (負荷後) の 2 枚の収縮期 CK 画像を用いて健康者と心疾患者を識別している。また医師も, 安静時と負荷後の 2 枚の収縮期 CK 画像を用いて診断することが多い。これは, 心疾患者のうち心筋梗塞患者では安静時及び負荷後とも壁運動量が健康者に比べて低下するが, 狭心症患者では安静時には壁運動量が健康者と同等であるものの, 負荷後では壁運動量が低下する傾向があるためである。一方, 文献 [3] では, 重度の狭心症患者と軽度の狭心症患者との間で, 負荷後の拡張期 CK 画像の拡張時間 30% 時における領域面積に差が生じると報告している。このことから, 拡張期 CK 画像における心内膜の動きを調べることで, 収縮期では見られなかった新たな特徴が現れると考えられる。しかし, 心臓に負荷を与えることは患者に大きな負担がかかるため, 負荷後の CK 画像を用いずに, 安静時の CK 画像のみを用いて診断できれば患者への負担が減る。そこで, 本稿では安静時の拡張期 CK 画像を用いて, 心疾患の有無及び症例を識別するために有効な心機能の特徴量について検討する。心疾患症例の識別対象は, 陈旧性心筋梗塞 (OMI) 及び狭心症 (AP) とする。

2. 心内膜の輪郭線抽出

本研究で使用する CK 画像は, PHILIPS 社製 SONOS-5500 により撮影された拡張期左心室短軸方向断層図であり, 各色の境目は 33ms ごとの心内膜の位置を示している。CK 画像から心機能の特徴量を正しく抽出するためには, 心内膜の動きだけを示した色領域が必要になる。しかし, 超音波の反射波にはノイズが多く, ノイズの影響により誤って色付けされる場合がある。また, 弁や右心室など, 左心室以外の動きを検出して色付けされることもあるため, 左心室の心内膜の正確な位置を示す輪郭線を再抽出する必要がある [4]。本稿では, 動的輪郭モデルを用いた心内膜輪郭抽出法 [5] を用いて CK 画像から心内膜の輪郭線を抽出する。

響により誤って色付けされる場合がある。また, 弁や右心室など, 左心室以外の動きを検出して色付けされることもあるため, 左心室の心内膜の正確な位置を示す輪郭線を再抽出する必要がある [4]。本稿では, 動的輪郭モデルを用いた心内膜輪郭抽出法 [5] を用いて CK 画像から心内膜の輪郭線を抽出する。

3. 心機能の特徴量

本稿では心機能の特徴量を部位ごとに調べるために, 図 1(a) に示すように心室を 8 分割する [2]。まず, 拡張初期の内腔重心から水平に線を伸ばし, 心室を 2 分割する。次に, 拡張初期の輪郭線の最上点及び最下点からそれぞれ垂線を伸ばし, 心室を 4 分割する。さらに, 分割された 4 つの領域それぞれにおいて拡張初期と拡張末期の輪郭線を 2 等分し, その中点を直線で結ぶことで 8 分割する。医師が CK 画像を診断する際には, 心室を左前下行枝 (LAD), 左回旋枝 (LCX), 右冠動脈 (RCA) で 3 分割したそれぞれの領域ごとに診断する場合が多い。そこで, 図 1(b) に示すように 8 分割した各領域の特徴量を, LAD, LCX, RCA のそれぞれに相当する領域ごとに平均した値を 3 分割各領域の特徴量とする。本稿で検討する心機能の特徴量は, 領域面積, 移動量, 拡張時間 30% 時における移動量, 時刻 t_0 における局所拡張率の 4 つである。領域面積は, 心内膜がどれだけ動いたかを示す基本的な特徴量であり, 各領域内の画素数を用いる。この値は心室の大きさに依存するため, 拡張末期の内腔面積で正規化した値を用いる。心疾患を識別するために主に用いられている特徴量としては, 領域面積以外に心内膜の移動量がある。移動量は, 各領域面積における色領域の平均の厚みであり, 領域面積をその領域内の拡張初期輪郭線の長さや拡張末期輪郭線の長さの平均で割った値を用いる。この値も心室の大きさに依存するため, 拡張末期の内腔面積で正規化した値を用いる。文献 [3] では, 負荷後

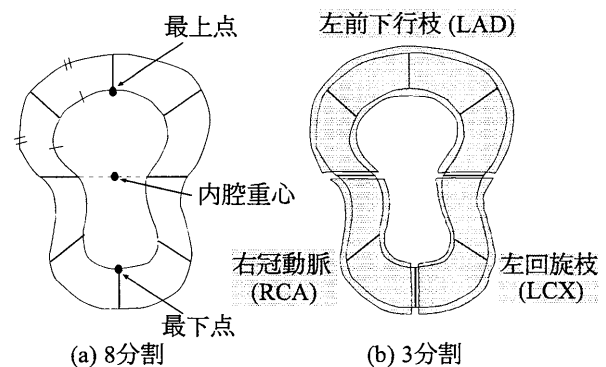


図 1 心室の 8 分割及び 3 分割

[†] 大阪府立大学大学院工学研究科

[‡] 近畿大学医学部循環器内科

[§] 兵庫医科大学循環器内科

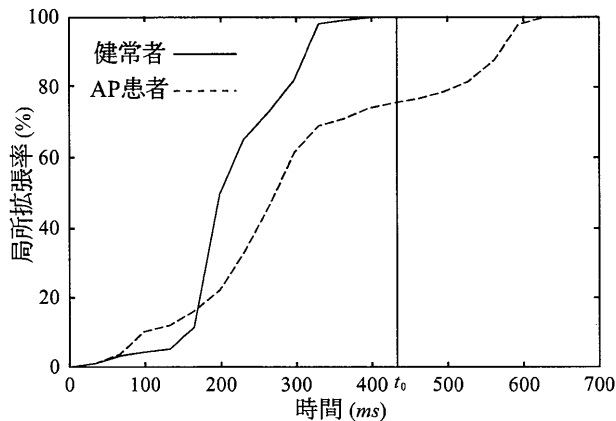


図2 安静時のある健常者とある AP 患者の拡張の推移

の CK 画像において、拡張時間 30% 時における領域面積を用いて重度 AP 患者と軽度 AP 患者の識別を行っている。そこで安静時の拡張時間 30% 時における移動量を特徴量として用いる。拡張時間とは拡張初期から拡張末期までにかかった時間を指す。ここで、拡張時間 30% 時における心内膜の輪郭線を抽出していないため、拡張時間 30% 時における移動量は、拡張時間 30% 時における領域面積をその領域内の拡張初期輪郭線の長さで割った値とする。また図 2 のように、AP 患者は健常者に比べて拡張が遅れる傾向があり、拡張の遅延を特徴量とすることで健常者と AP 患者との間に差が出ると考えられる。そこで、時刻 t_0 における局所拡張率を特徴量として用いる。

4. 特徴量抽出及び検定結果

本実験での被験者数は 31 例であり、用いた CK 画像は心機能の特徴が現れていると医師に判断され、輪郭線も良好に抽出できた画像である。本稿では、3 分割した領域のうち RCA についてのみ特徴量を抽出し、検討する。予備実験により、 t_0 の値は $429(33 \times 13)ms$ と定めた。特徴量の有効性を評価するため、OMI 患者と健常者、OMI 患者とその他の被験者 (健常者と AP 患者)、AP 患者と健常者、AP 患者とその他の被験者 (健常者と OMI 患者) の 4 通りの組合せについて、それぞれの特徴量に有意な差があるかを t 検定により検定した。まず、有意水準 5% で母分散が等しいかどうかについての F 検定を行い、母分散が等しければ Student の t 検定、等しくなければ Welch の t 検定を行った。検定結果 (t 値) を表 1, 2 に示す。 t 値が大きい程比較する 2 つの特徴量に差があり、 t 値の横にある * 印は危険率 1% で有意差があることを示す。検定結果より OMI 患者を識別する有効な特徴量は、移動量及び拡張時間 30% 時における移動量であった。また、AP 患者を識別する有効な特徴量は、時刻 $429ms$ における局所拡張率であった。

5. むすび

本稿では安静時の拡張期 CK 画像を用いて心疾患の有無及び症例を識別するために有効な心機能の特徴量について検討した。その結果、OMI 患者を識別する有効な特

表 1 OMI 患者の識別のための検定結果 (t 値)

特徴量	OMI 患者 × 健常者	OMI 患者 × その他の被験者
領域面積	1.5	1.1
移動量	4.0*	4.1*
拡張時間 30% 時における移動量	3.4*	3.8*
時刻 $429ms$ における局所拡張率	1.6	1.7

表 2 AP 患者の識別のための検定結果 (t 値)

特徴量	AP 患者 × 健常者	AP 患者 × その他の被験者
領域面積	2.0	1.8
移動量	1.4	1.1
拡張時間 30% 時における移動量	1.7	1.4
時刻 $429ms$ における局所拡張率	3.0*	3.4*

徴量は移動量及び拡張時間 30% 時における移動量であった。また、AP 患者を識別する有効な特徴量は時刻 $429ms$ における局所拡張率であった。AP 患者の識別で有効であった特徴量である時刻 $429ms$ における局所拡張率は収縮期では見られなかった特徴量であり、また OMI 患者の識別で有効であった特徴量は収縮期でも見られていた特徴量ではあるが、拡張期でも有効な特徴量であった。よって安静時の拡張期 CK 画像を用いて心疾患の有無及び症例を識別することは十分可能であると言える。今後は、LAD, LCX におけるこれらの心機能の特徴量を用いた心疾患の識別及びこれら以外の心機能の特徴量の探索を行う予定である。

参考文献

- [1] Victor Mor-Avi, Philippe Vignon, Rick Koch, Lynn Weinert, Maria J. Garcia, Kirk T. Spencer, Roberto M. Lang, "Segmental analysis of color kinesis images," *Circulation*, vol.95, no.8, pp.2082-2096, 1997.
- [2] 仲田 明史, 汐崎 陽, 平野 豊, 上原 久和, 増山 理, "超音波 Color Kinesis 負荷心エコー画像処理による疾患部位及び病名の識別法," 第 41 回日本エム・イー学会大会抄録・論文集, vol.40, p.170, 2002.
- [3] K. Ishii, A. Satoh, T. Sakurai, T. Saitoh, and T. Aoyama, "Detection of Coronary Artery Stenosis by Post-Ischemic Diastolic Asynchrony with Treadmill Exercise Color Kinesis: Comparison with Exercise Thallium-201 SPECT," *Circulation Journal*, vol.67, Suppl.1, p.327, 2003.
- [4] 汐崎 陽, 増山 理, 山本 一博, 近藤 寛也, 土井 玲子, 小野 恵子, 村下 賢, 小笠原 正文, "心室局所収縮機能定量化のための Kinetic 画像処理," 第 70 回超医抄録集, vol.24, no.9, p.403, 1997.
- [5] 大森 竜矢, 汐崎 陽, 平野 豊, 上原 久和, 増山 理, "動的輪郭モデルを用いた Color Kinesis 画像からの心内膜輪郭抽出," 信学論 (D-II), vol.J87-D-II, no.7, pp.1543-1546, 2004.