

H-017

Color Kinesis 画像における虚血性心疾患の識別 Discrimination of Ischemic Heart Disease by Processing Color Kinesis Images

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、医療の分野では虚血性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。虚血性心疾患とは、心筋梗塞と狭心症の総称である。現在、医師はこの超音波心エコー画像から目測により虚血性心疾患を診断している。しかし、目測による診断は、診断する医師の経験や主観に基づいて診断するため、医師によって診断結果が異なることがある。そこで、医師の診断支援のために、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本研究の目的とする。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]。

心疾患のうち心筋梗塞患者は、安静時及び心臓に負荷を与えた後(負荷後)ともに壁運動量が健常者に比べて低い。ここで心臓に負荷を与えるとは、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の動きを活性化させることである。しかし狭心症患者は、安静時には壁運動量が健常者と同等であるが、負荷後では壁運動量が低い傾向がある。そのため文献[2]、[3]では、安静時と負荷後の2枚の収縮期CK画像を用いて健常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枚の収縮期画像を用いて診断することが多い。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。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、筆者らは安静時の拡張期CK画像のみを用いて心疾患者を識別できる心機能の特徴量を検討した[4]。その結果、心筋梗塞患者については壁運動量が、狭心症患者については拡張の動きが遅くなるという特徴が識別に有効であった。しかし、文献[4]では心臓の一部の部位に対してのみしか実験していない。そこで、心臓の全ての部位について識別を試みる。本稿では、安静時の収縮期及び拡張期の2枚のCK画像を用いて識別に有効な特徴量を探索する。また、虚血性心疾患の新たな識別手法を提案する。識別対象は、陈旧性心筋梗塞(OMI)、狭心症(AP)及びOMIとAPの併発症(OMI+AP)とする。

2. 心内膜の輪郭抽出及び特徴量の抽出

本研究で使用するCK画像は、PHILIPS社製SONOS-5500により撮影された左心室短軸方向断層図であり、各

色の境目は33msec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、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を再抽出する必要がある[5]。まず、前処理として、輪郭を抽出する際に妨げとなる文字や色のパラメータを取り除く。次に、収縮末期の内腔領域は輝度値が低いことを利用して、収縮末期の内腔領域を抽出する。そしてSnakes[6]を用いて、収縮末期の内腔領域を滑らかに囲むことで、収縮末期の心内膜輪郭を抽出する。収縮末期の心内膜輪郭を抽出した後に、収縮末期の心内膜輪郭を基にして、拡張末期の心内膜輪郭を抽出する。

得られた画像から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。まず、収縮末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、収縮末期の輪郭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収縮末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部位ごとに診断する機会が多い。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分割各部位の特徴量とする。ただしLADでは、疾患領域がLAD全体に及んでいることは少ないため、4つの領域を平均した値を用いると心疾患の特徴が失われる可能性がある。そこでLADでは、隣り合う2領域を平均した3つの値を用いる。本稿で識別に用いる特徴量は、OMIの識別では、収縮期の移動量及び拡張期の時間 t_0 における移動量、APの識別では、収縮期の時間

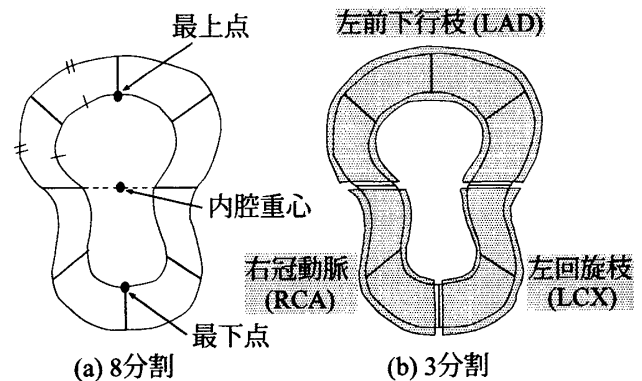


図1 心室の8分割及び3分割

[†] 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

t_1 における局所収縮率及び局所拡張率 p に達するまでの時間と局所拡張率 p に達するまでの時間の差である。移動量は、各領域内の画素数である、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収縮末期輪郭線の長さとして平均で割った値を用いる。この値は心室の大きさに依存するため、拡張末期輪郭線の長さで正規化した値を用いる。OMI 部位は、正常部位に比べて拡張の動きが遅いという傾向がある。また一般的に OMI 部位は、壁運動量が正常部位及び AP 部位に比べて低い。そこで、拡張期の時間 t_0 における移動量を特徴量として用いることで、OMI をより正確に識別できると考えられる。AP の識別に用いる 2 つの特徴量について説明する。AP 部位は、正常部位に比べて収縮初期の動きが速いという傾向がある。そこで、AP を識別する特徴量の一つに、収縮期の時間 t_1 における局所収縮率を用いる。ここで局所収縮率とは、ある収縮時間までの色領域面積を収縮末期の色領域面積で正規化したときの比率である。また AP 部位は、正常部位に比べて拡張の動きが遅く、OMI 部位は正常部位および AP 部位に比べて収縮の動きが少し遅いという傾向がある。そこで、局所収縮率 p に達するまでの時間と局所拡張率 p に達するまでの時間の差を特徴量とすると、AP をより正確に識別できると考えられる。局所拡張率とは、ある拡張時間までの色領域面積を拡張末期の色領域面積で正規化したときの比率である。

3. 識別手法

本稿の識別手法は、それぞれの特徴量に対して閾値 T_1, T_2, T_3, T_4 を設け、OMI の識別及び AP の識別をそれぞれ独立に行う。両方とも陽性であれば OMI+AP とし、片方だけ陽性であれば OMI もしくは AP、両方とも陰性であれば正常とする。本稿では、識別手法における閾値設定に ROC 曲線 [7] を用いる。ROC 曲線は、縦軸を敏感度、横軸を $1 -$ 特異度 (偽陽性率) として、閾値を変えながらその値での敏感度と偽陽性率を求めてプロットしたものである。ここで敏感度とは、実際に疾病にかかっている人が検査で陽性となる割合で、検査による疾病発見の能力を表す。また特異度 (真陰性率) とは、疾病にかかっていない人が検査で正しく陰性となる割合で、健康者を陽性としない能力を表す。本稿で用いる閾値は、敏感度と偽陽性率の割合が最良な点での値を用いる。なお、4 つの閾値については、LAD, LCX, RCA の 3 つの部位ごとに ROC 曲線を描きそれぞれ別々の閾値を用いることにする。これは、心臓に血液を送る 3 つの動脈の形状はそれぞれ異なるため、疾患による心臓への影響もそれぞれ異なると考えたことによる。また LAD については、抽出した 3 つの特徴量のうち最も小さいものを用いる。

4. 識別結果

本実験での被験者数は 39 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、心内膜輪郭も良好に抽出できた画像である。予備実験により、 $t_0 = 231\text{msec}$, $t_1 = 99\text{msec}$, $p = 80\%$ と定めた。それぞれの部位に対して、ROC 曲線を用いて適切な閾値を定めて識別した結果を表 1-3 に示す。表 1, 2 はそれぞれ各部位ごとに OMI 及び AP の識別結果を示し、表 3 は全体

表 1 OMI の識別結果

	OMI		not OMI	
	サンプル数	識別成功数	サンプル数	識別成功数
LAD	10	9	29	28
LCX	3	3	36	35
RCA	8	8	31	31

表 2 AP の識別結果

	AP		not AP	
	サンプル数	識別成功数	サンプル数	識別成功数
LAD	5	4	34	30
LCX	2	1	37	35
RCA	6	4	33	28

表 3 識別結果

	サンプル数	識別成功数
正常	86	78
OMI	18	12
AP	10	6
OMI+AP	3	3
合計	117	99

の識別結果を示している。なお、OMI 及び AP の識別結果には、OMI と AP のどちらにも OMI+AP を含んでいる。本識別手法では、表 3 より 117 例中 99 例の識別 (識別率 84.6%) に成功した。

5. むすび

本稿では、心臓の各部位について虚血性心疾患を識別するために、安静時の収縮期及び拡張期の 2 枚の CK 画像を用いて識別に有効な特徴量を探索した。そして、虚血性心疾患の新たな識別手法を提案した。識別結果より、本識別手法は虚血性心疾患の識別に有効であり、本識別手法を用いることで医師の診断支援ができると考えられる。今後は、虚血性心疾患の識別精度を向上させる心機能特徴量の探索を行う予定である。

参考文献

- [1] V. Mor-Avi, P. Vignon, R. Koch, L. Weinert, M. J. Garcia, K. T. Spencer, R. 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] A. Shiozaki, T. Omori, Y. Hirano, H. Uehara, T. Masuyama, "Differentiation of myocardial infarction and angina pectoris by processing ultrasonic color kinesis images," *J Med Ultrasonics*, vol.32, pp.49-56, 2005.
- [4] 嘉田 昌浩, 汐崎 陽, 平野 豊, 上原 久和, 増山 理, "拡張期 Color Kinesis 画像からの心機能特徴量の抽出," 第 3 回情報科学技術フォーラム講演論文集, H-013, 2004.
- [5] 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 回日超医抄録集, vol.24, no.9, p.403, 1997.
- [6] M. Kass, A. Witkin, D. Terzopoulos, "Snakes: active contour models," *Int.J.Computer Vision*, pp.321-331, 1988.
- [7] R. M. Centor, "The use of ROC curves and their analyses," *Med.Decis.Making*, vol.11, no.2, pp.102-106, 1991.