

デジタルマンモグラフィの診断支援システムの高度化

東京農工大学 小畑秀文、清水昭伸、萩原義裕
共同研究者： 国立がんセンター東病院 縄野 繁
共同研究者： 富士写真フィルム（株） 武尾英哉、志村一男

1. 本年度の研究目標

(1) システムの実用化

我々が開発をすすめてきたシステムは現在、複数の医療施設に於いて実験的に利用されている。実用化にあたっては、撮影条件が施設ごとに大きく異なり、従来のシステムをそのまま他施設のデータに適用すると大幅に性能の低下をきたすことが明らかとなったが、それへの対応も一応整え、施設間での性能の変動をかなりな程度縮小できるまでになっている。本年度は、さらにシステムの向上をはかり、実用化システムの実現を目指す。

(2) 微小石灰化像検出処理の高度化

昨年度は粗大石灰化像の一部が誤って微小石灰化像として検出されることを防ぐ手法の開発を行い、一定の成果をあげることができた。今年度は新たに微小石灰化像の強調処理手法の検討を行い、コントラストの淡い微小石灰化像の検出率の一層の向上を図ると共に、偽石灰化像の検出率の低下を実現し、システムの一層の向上をはかる。

(3) 腫瘍判定法の改良

従来のシステムでは腫瘍候補領域の検出と、特徴量を用いたがん陰影の同定処理の2段階処理が採用されている。この中では後者の処理に改良の余地があり、その改良により、擬陽性陰影検出率を大幅に削減できる見通しがある。今年度はがん陰影同定に利用されている特徴量の見直しを行い、システムの性能の大幅な向上を目指す。

2. 研究の現状

微小石灰化像検出システムの改良においては、昨年度開発した粗大石灰化像検出法に一部改良を加え、真微小石灰化クラスタの削減を防ぎ、かつ擬陽性クラスタの一層の削減を達成できる見通しを得た。具体的には、平滑化手法を変更したものであるが、詳細は発表にゆずる。

また、腫瘍影検出システムの高度化については、特徴量の見直しについての検討を開始しており、予備実験の結果では擬陽性陰影の検出率を1カ所/画像程度まで削減できる見通しを得ている。詳細は次ページ以降に示す。今後は本格的な検討を通して、さらに擬陽性陰影の削減を実現する予定である。

3. 文献リスト (2001.1-現在)

- 1) 魏 軍, 萩原 義裕, 清水昭伸, 小畑 秀文: 勾配ベクトルの点集中性フィルタの特性解析, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J84-D・II, No.7, pp.1289-1298, 2001.
 - 2) 吉永幸靖, 小畑秀文: 集中度評価法とベクトル集中度フィルタ, 日本医用画像工学会誌, 第9巻, 第3号, pp.154-160, 2001.
 - 3) 小畑秀文: 3次元画像とモロフォロジー, 日本医用画像工学会誌, 第9巻, 第3号, pp.168-173, 2001.
- 口頭発表:
- 1) 釣崎宏, 鈴木康弘, 清水昭伸, 小畑秀文: 可変形状モデルを利用した3次元胸部CT像からの気管支抽出法の開発, 信学技報, MI2000-95, pp.103-108, 2001
 - 2) 岡田 裕, 鈴木康弘, 清水昭伸, 小畑秀文, 鳥脇純一郎: 肺がん陰影の検出の容易さに関する胸部3次元CT像と2次元投影像の比較評価, 信学技報, MI2000-94, pp.97-102, 2001
 - 3) Hidefumi Kobatake: CAD System as a Second Reader —Present and Future—, Proc. Korea-Japan Joint Conference on Bio-Medical Engineering, p.131, 2001.
 - 4) 魏軍, 萩原義裕, 小畑秀文: 適応リングフィルタを用いた胸部 X 線像処理による腫瘍影検出システム, 信学技報, MI2001-11, pp.75-82, 2001.
 - 5) 魏軍, 古屋早知子, 萩原義裕, 清水昭伸, 小畑秀文: マンモグラム上の腫瘍判別のための特徴量選択, 信学技報 (MI研), 平成13年7月.

マンモグラム上の腫瘍判別のための特徴量選択

あらまし： 判別システムを構築する際、入力特徴量の選択は重要な役割を果たしている。本論文では、マンモグラム上の腫瘍検出のためのCADシステムの性能向上を目的として、多数の特徴量から組織的に有効なものを選択する手法について述べる。本研究では29個の特徴量を検討対象とした。これらの特徴量のほとんどは既に乳がん診断支援システムの中で用いられているものである。本論文では、最適な特徴量セットの選択法としては逐次選択法を用い、その手法の評価値としてROC曲線の下面積を使用した。選択された特徴量の有効性を評価するために、208枚のマンモグラムを使って従来の特徴量セットとの比較実験を行った。

1. まえがき

近年、マンモグラム上の乳がんの早期発見を目的とするコンピュータ診断支援(CAD)システムは、盛んに研究が行われてきた[1][2][3][4][5]。本研究は、マンモグラム上の悪性腫瘍を検出する既存CADシステム[6,7]の性能向上を目的として、多数の特徴量から組織的に有効なものを選択する手法について述べる。

2. 方法

2.1 システム構成

提案するシステムの構成をFig. 1に示す。まず、勾配ベクトル集中度の一種である適応リングフィルタを原画像に適用し、その出力がローカルピークとなる候補点を上位7位まで検出する[7]。次に、各候補領域(SR)を抽出するために、Irisフィルタを用いてSRの辺縁領域の抽出を行う[6]。それから、各SRに対して特徴量の測定を行う。最後にSR領域を正常/異常2つのクラスに分類する[6]。

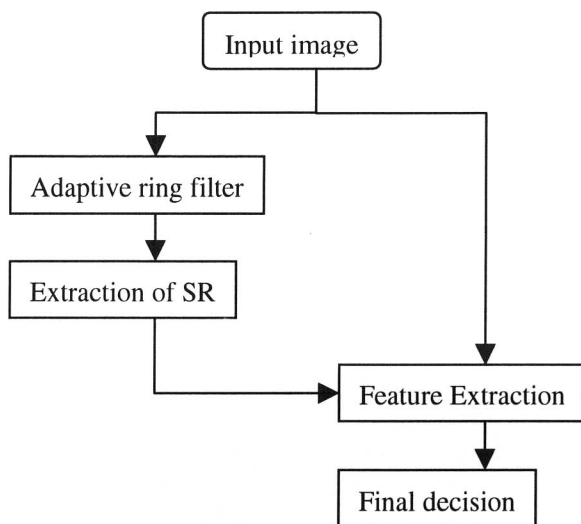


Fig. 1 A flow chart of our CAD system

2.2 特徴解析

2.2.1 特徴量の測定

本研究では、各SR領域ごとにおいて29個の特徴量を算出し、特徴空間を構築した。各特徴量の詳細は以下のようになる。

(1) 幾何学特徴量

本研究では、抽出された候補領域の形状を評価するパラメータとして Spreadness を用いた。その定義式は以下のようになる。

$$SPR = \frac{\sum_i \sum_j S(i,j)(i-i_0)^2 + \sum_i \sum_j S(i,j)(j-j_0)^2}{\sum_i \sum_j S(i,j)}$$

(2) 一次統計量

一次統計量は統計的なテクスチャ特徴の代表的な計算法の一つであり、濃淡の統計情報を計算する手法である。本研究では、原画像にある候補領域の内部(IM)およびその周辺近傍領域(OUT)を対象領域として、平均(μ)、標準偏差(σ)、コントラスト(con)、歪度(s)、尖度(k)、エネルギー($Energy$)、エントロピー($Entropy$)の7種類を計算した。

(3) 二次統計量

二次統計量はある程度離れた二つの画素の濃淡関係を統計量として評価する手法である。これによって、濃淡の統計情報を空間情報も考慮して計算されるようになっている。本研究では、Haralick法[8]を使って計14個の特徴量を計算した。

2.2.2 特徴量の選択

特徴量のすべての組み合わせをテストすることによって、最適なものを選ぶ方法は特徴量選択法の最も基本である。しかし、この方法は特徴量の数の増加に従い、計算量が莫大になる。計算量を減少させるために、適切な評価基準を設定して逐次的に特徴量を選択するのが逐次選択法である。選択の方法は評価基準をベースに既に選択済みの特徴量との組み合わせを最良にするように一つの特徴量を選択する。本研究ではROC曲線の下面積 A_z を評価に用いた。

3. 実験及びその結果

選択された特徴量 SUBSET を評価するために、52症例(一症例に対して4枚の画像を撮影した)、計208枚のマンモグラムを用いて実験を行った。原画像はすべて空間解像度0.1mm/pixel、サイズ2370×1770、階調数10bitsである。選択された特徴量 SUBSET を使用したCADシステムのROC曲線をFig. 2に示す。真陽性率(TPR)90.9%の時、一画像あたりの偽陽性数(FP数)は約0.96個であった(Fig. 3に実

験例を示す)。

4. まとめ

本研究では、マンモグラム上の腫瘍陰影を検出する CAD システムの性能を向上するために、逐次選択法を導入して最適な特徴量 SUBSET を選択して、旧特徴量 SUBSET との比較実験を行った。その結果、本システムの性能は ROC 曲線の下面積 A_z は 0.94、腫瘍陰影検出率 90.9% のとき、誤って検出された正常陰影の数は一画像あたり 0.96 個であり、その有効性を確認した。システムの性能をさらに向上するために、多量な特徴量の導入や分類手法の改良が考えられる。

参考資料：

- [1] S. M. Lai, X. Li, and W. F. Bischof, "On techniques for detecting circumscribed masses in mammograms," *IEEE Trans on Med. Imag.*, Vol. 8, pp. 377-386, 1989.
- [2] N. Karssemeijer and G. M. Brake, "Detection of stellate distortions in mammograms," *IEEE Trans on Med. Imag.*, Vol. 15, pp. 611-619, 1996.
- [3] M. L. Giger, Z. M. Huo, D. E. Wolverton, C. J. Vyborny, C. Moran, R. A. Schmidt, H. Al-hallaq, R. M. Nishikawa, K. Doi, "Computer-aided diagnosis of digital mammographic and ultrasound images of breast mass lesions," *Computational*

imaging and vision on Digital Mammography, pp. 143-147, Nijmegen, 1998.

[4] T. Matsubara, H. Fujita, T. Hara, S. Ksai, O. Otsuka, Y. Hatanaka and T. Endo, "Development of a new algorithm for detection of mammographic masses," *Computational imaging and vision on Digital Mammography*, pp. 139-142, Nijmegen, 1998.

[5] M. Sameti, J. Morgan-parkes, R. K. Ward and B. Parlcic, "Classifying image features in the last screening mammograms prior to detection of a malignant," *Computational imaging and vision on Digital Mammography*, pp. 127-134, Nijmegen, 1998.

[6] H. Kobatake, M. Murakami, H. Takeo and S. Nawano, "Computerized detection of malignant tumors on digital mammograms," *IEEE Trans on Med. Imag.*, Vol. 18, No. 5, pp. 369-378, 1999.

[7] H. Sakai, A. Shimizu, Y. Hagihara, H. Kobatake, S. Nawano and H. Takeo, "Improved Detection Method of Tumor Candidates on Digital Mammograms," *Proc. IWDM*, June 2000.

[8] R. M. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural features for image classification," *IEEE Trans. Syst., Man, Cybern.*, Vol. SMC-3, No. 6, pp. 610-621, 1973

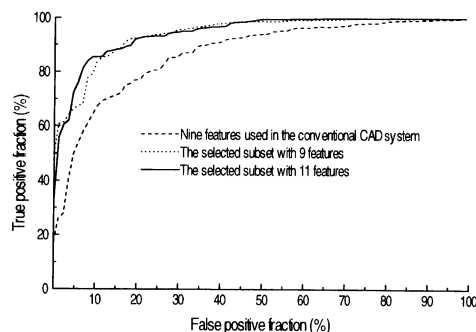


Fig. 2 ROC curves for the three different feature subsets

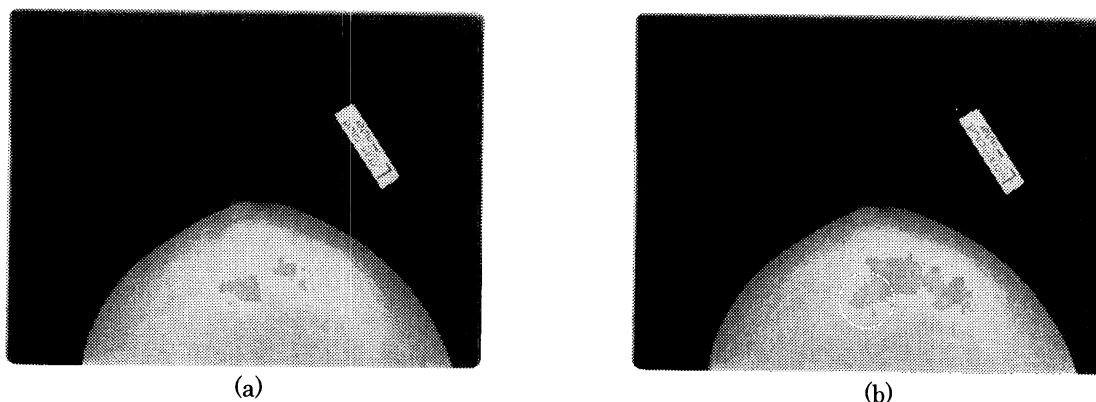


Fig. 3 A processing example using the selected feature subset of eleven features. Here, (a) is an original image with one cancer and (b) is the detection result of the malignant tumor marked by a circle.