

マンモグラムにおける腫瘍性病変検出システムの基礎研究

岩坂和彦*・島田哲雄*・児玉直樹*・歸山智治*・暉和彦*
金子智之*・田中啓之*・佐藤敏輝*・福本一朗*

A basic study of mass detection systems in a mammograms

Kazuhiko IWASAKA*, Tetsuo SHIMADA*, Naoki KODAMA*, Tomoharu KAERIYAMA*, Kazuhiko TERU
Tomoyuki KANEKO*, Hiroyuki TANAKA*, Toshiki SATO*, Ichiro FUKUMOTO

Abstract : In this study, a new technique to detect mass is proposed paying attention to normal glandula mammaria tissue in mammogram. The normal glandula mammaria tissue of each pixel is calculated in this technique first. Then, the difference is calculated from the concentration of original image and normal glandula mammaria tissue image. A mass emphasis image is created by this procedure. It is the procedure of detecting mass, by binarization to a mass emphasis image. Consequently, we have obtained good result with the sensitivity was 89% with 0.61 FP (False Positive) detections per image. It was may be useful for the detection breast mass screening.

Key words : background concentration, mammogram, mass detection,

1. はじめに

現在、わが国における乳癌患者数は急激な増加傾向にあり、治療予後は病変の進行程度に大きく関わるため検診による早期発見が重要視されている。また、視・触診だけでは病変を見落とすことも少なくないと言われている。そのため、これらの病変に対しても検出できるマンモグラム（乳房X線写真）を用いた検診が定着してきている。その際、医師による読影には熟練が必要とされ個人差が大きく影響するのが現状である。そのため読影に不慣れな医師に対し、負担の低減と診断能の向上を目的としたコンピュータ支援診断（Computer-aided Diagnosis:CAD）システムの開発が要望されている。

病変部のX線像は主に微小石灰化像と腫瘍性病変の二つに分類される。実際、日本でも臨床現場でのCADシステムを用いた知見が多く得られており、微小石灰化病変の検出感度はほぼ満足できるものとの報告がある。これに対し、腫瘍性病変の検出感度は低いため、こちらの感度を向上することが残された課題とされている。同時に偽陽性候補の低減も課題とされている。

図1に示すように腫瘍性病変はパターンが非常に豊富であり、しかも正常乳腺組織の輝度が検出に影響するということが検出率低下の要因のひとつであるとさ

れている。腫瘍性病変の検出に関する研究は多くの研究機関で行われてが、検出法として、アイリスフィルタ法^{[1][2]}やトップハット変換を使ったQuoit法^[3]など、その多くは輝度の勾配に着目した検出方法であり、正常乳腺組織の輝度に着目したものは少ない。そこで我々は正常乳腺組織の輝度を除去することにより腫瘍性病変の検出率を上昇させる手法について検討を行ったので、報告する。

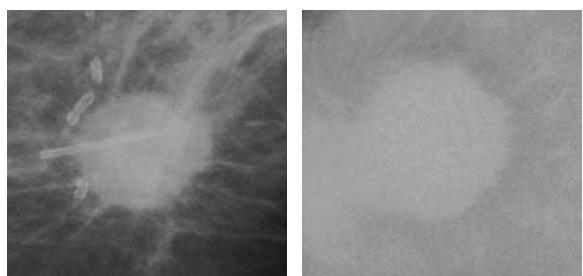


図1 腫瘍性病変の例

2. 対象画像と解析方法の検討

今回、本研究では腫瘍性病変を1つずつ含む36枚のマンモグラムを用いた。そのうち11枚はコンピュータ支援画像診断学会のマンモグラフィーデータベースである。サンプリング間隔0.1mm、階調数1024（10bit）であり、すべて確定診断付きである。残りの25枚は長岡中央病院のマンモグラムであり、ディジタイザ（Vidar社製 Film Digitizer VXR-12）を用いて0.08mm

原稿受付：平成15年5月16日

*長岡技術科学大学大学院工学研究科生物機能工学専攻

のサンプリング間隔、階調数4096（12bit）にデジタル化した。こちらのマンモグラムについてはすべて放射線科医による確定診断を行ったものである。今回、処理を簡単にするために濃度分解能を8bitに変換した。まず、処理時間短縮のため乳房領域の抽出を行い、抽出された乳房領域に対して腫瘍の検出を行った。その後、偽陽性候補の低減を行った。

2. 1 乳房領域

図2にマンモグラムの原画像を示す。原画像には、輝度の高い乳房領域と輝度の低い背景が含まれている。乳房領域と背景を分割するには閾値を設定し、二値化を行えばよいが、背景の輝度は一定でなく、多少のばらつきがある。そこで図3に示すROIの中から平均輝度が最低となるROIを検出し、その中から最も高い輝度の値を閾値に設定し、二値化することで乳房領域を抽出した。抽出した乳房領域を図4に示す。なお、この処理は乳房の領域が確認できれば処理を行うことができるため、サンプリング間隔1mmの画像にて行った。これ以後の処理はこの抽出された乳房領域のみを対象とした。

2. 2 腫瘍性病変の自動検出

画像上では乳房領域内において、腫瘍性病変は比較的輝度が高くなっている。しかし、その輝度は一定ではない。これは腫瘍性病変に重なる正常乳腺組織の輝度が影響しているためである。特に日本人のマンモグラムでは、正常乳腺組織が白い影として広範囲にわたって存在するデンスプレストの割合が高く、そこに腫瘍性病変が存在する場合には正常乳腺組織が重なり、本来の輝度に影響を及ぼす場合がある。このため、本

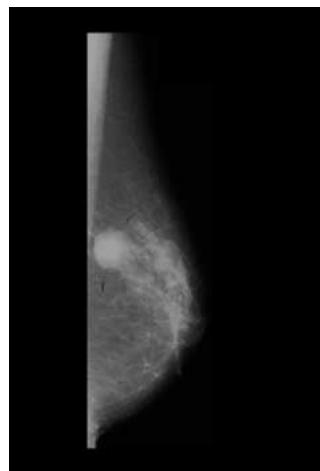


図2 マンモグラム原画像

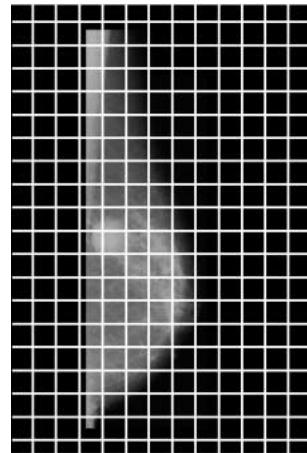


図3 ROI設定図



図4 乳房領域

研究では、正常乳腺組織画像を作成し、原画像との差を算出することにした。腫瘍性病変の輝度が周囲の輝度より高ければ高いほど値は大きくなるので、閾値を決定して二値化を行い、候補を検出することができる。これらの処理にはサンプリング間隔0.08~0.1mmの高解像度は必要なく、処理時間短縮のためにサンプリング間隔0.8mm相当の画像に縮小した画像を利用した。

2. 2. 1 正常乳腺組織画像の作成

それぞれの画素において最も正常乳腺組織の輝度に近い輝度を算出することにより、正常乳腺組織画像を作成した。正常乳腺組織画像を作成する際の説明図を図5に示す。

画素 p に着目したとき、 r_1 離れた位置に半径 r_2 の領域 A を10個設定し、領域 $A_{1 \sim 10}$ の平均輝度をそれぞれ算出する。この中から最も画素 $p(i,j)$ の輝度に近い値が正常乳腺組織画像の画素 $p(i,j)$ の値となる。これをすべての画素に対して行うことにより、正常乳腺組織画像

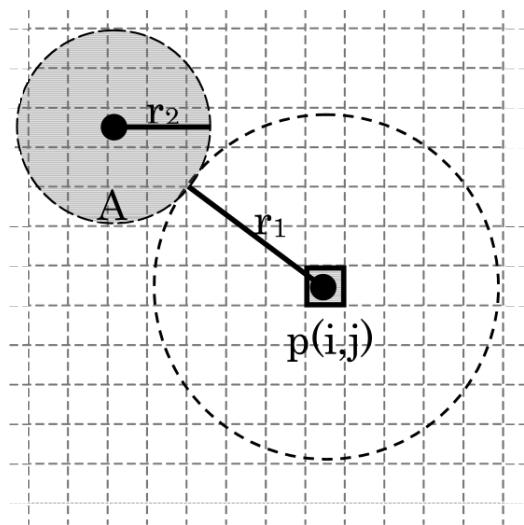


図5 正常乳腺組織画像作成の説明

を作成した。なお、本研究では $r_1=30\text{pixel}$ 、 $r_2=30\text{pixel}$ を採用した。これは2名の放射線技師による検出精度の評価により、最も正確に検出できると判定されたフィルタサイズである。

2. 2. 2 候補検出

本研究では原画像から正常乳腺組織画像の輝度を引くことにより差分画像を作成し、腫瘍性病変候補を検出する。二値化を行うに際して、腫瘍性病変のようにある程度高い値が選択されるように閾値を決定する必要がある。そこで差分画像において1以上の値を持つ画素の平均値を閾値に設定した。これにより二値化した画像を図6に示す。二値化画像では細かな点が無数に存在するため、収縮・膨張処理を施してこれらを削除し、最終的に残った集合体一つ一つを候補として検出した。検出結果例を図7に示す。

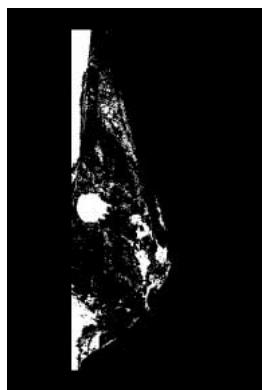


図6 二値化画像

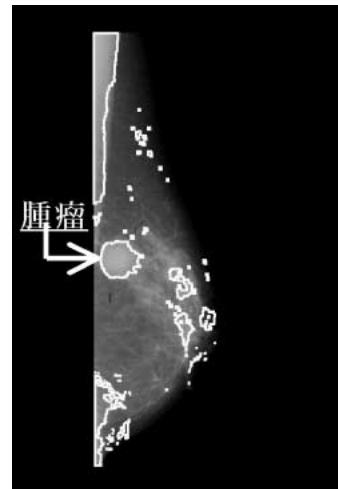


図7 検出結果例

2. 3 偽陽性候補の削除

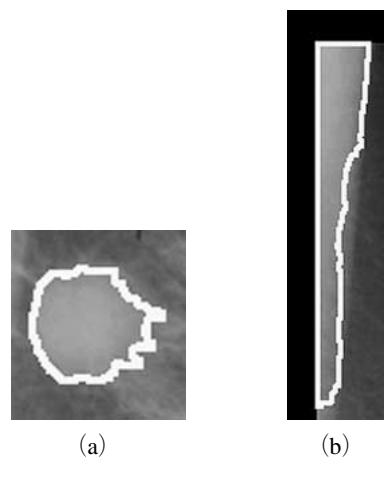
図7に示す検出結果の段階では腫瘍性病変のほかに多くの偽陽性候補を含んでいる。そこで、以下の特徴量を用いて偽陽性候補の削除を行った。

1) 面積

腫瘍性病変の最小面積を設定し（ここでは、直径0.8 mmの円であると設定）、この面積よりも小さい候補は削除する。

2) 長径短径比

候補の重心から輪郭線までの最短距離を短径(r_{min})、最長距離を長径(r_{max})としたとき、図8(a)のようないくつかの候補が腫瘍性病変である場合、 r_{min} と r_{max} の比は1:1に近



(a) 腫瘍性病変

(b) 偽陽性候補

図8 腫瘍性病変と偽陽性候補

い値を示すことが多い。このため、それぞれの候補の r_{min} と r_{max} を調べ、 r_{min} を分子、 r_{max} を分母とすることにより、長径と短径の比を表す特徴量とする。この特徴量は、候補が真円であれば1であり、長細くなるに従って0に近づく。長径短径比の最小値（ここでは0.2）を設定し、図8（b）に示す偽陽性候補のようにこの値より小さい候補は削除する。

3. 解析結果

36枚の画像に対して前章で示した方法に基づき、腫瘍性病変の検出処理、並びに偽陽性候補削除を行った。その結果、腫瘍性病変の検出率は89%（36個中32個の腫瘍性病変を検出）であり、一画像あたりの偽陽性候補数は0.61個（36枚の画像中に22個の偽陽性候補）であった。検出結果の例を図9に示す。すべて腫瘍性病変であり、(a) (b) (c) についてはほぼ境界線で検出されていた。しかし、(d)、(e) の腫瘍性病変は検出できなかった。

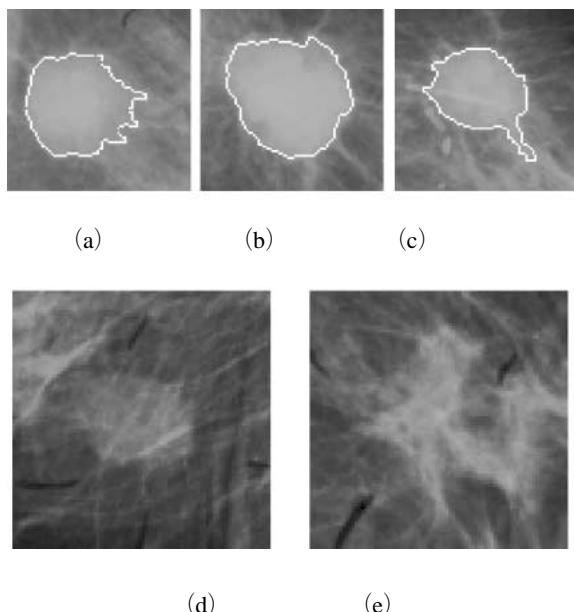


図9 腫瘍性病変検出結果

4. 考 察

本研究では乳房領域の各画素に注目し、一定距離離れた位置から架空の正常乳腺組織を算出し、原画像から正常乳腺組織を除去することにより腫瘍性病変を検出した。今回提案した手法により、検出率は89%であった。他の報告と比較してみると対象数は少ないものの、高い検出率である^[9, 13]。通常12bitの濃度分解能を

用いて行う腫瘍性病変の検出に比べ、本研究ではそれよりも情報量の少ない8bitで検出したことも考慮すれば、本手法は腫瘍性病変の検出のための有用な手法である。

しかし、36例中4例の見落としがあった。これは検出する際に腫瘍性病変と正常乳腺組織が分類できなかつことや、腫瘍性病変の近くに同程度の輝度を持つ集団組織（胸筋など）が存在し、正確な正常乳腺組織画像が得られなかつたことが原因と考えられる。

また、境界の特徴は腫瘍性病変を悪性・良性判別するのに非常に重要であるが、本手法では正確な境界線までは検出できない。しかし、位置を特定することは可能なので、縮小した画像でこの処理を行い原画像に対応させて輪郭線から再度正確な輪郭抽出を行えばよい。これは輪郭だけでなく、他の特徴を調べる際にも同様にして有効である。

また、本研究において長径短径比、一定面積以下の候補は偽陽性候補として削除した。長径短径比、面積の設定によっては微小な腫瘍性病変や複雑な形状の腫瘍性病変は偽陽性候補として削除されてしまう場合がある。スピキュラを伴う腫瘍性病変や原画像上で一部欠けて撮影されているものにおいても同様である。乳房X線写真上で一部欠けている欠損腫瘍性病変の検出に関しては、他研究機関でも研究されている。乳房X線写真の胸壁側に存在する欠損腫瘍陰影への扇形モデルによる自動検出法^{[6] [7]}では、真陽性率が93%という高い検出率を達成している。しかし、この検出法は欠損腫瘍性病変のみに対応した手法である。一方、本研究の手法は乳房領域全体に対応した手法であるので、欠けた腫瘍性病変にも考慮した候補削除を行えば、乳房領域全体の強調画像からこれらも検出できる可能性がある。

これらのことにより、本手法は腫瘍性病変を検出する手法として有効である。

文 献

- [1] 松本一男, 金華栄, 小畠秀文, “DR画像における腫瘍影検出—アリスフィルタ,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J75-D-II, pp.663-670, 1993.
- [2] Hidefumi Kobatake, Computerized Detection of Malignant Tumors on Digital Mammograms, IEEE Transactions on medical imaging, vol.18, no.5, pp.369-378, May.1999.
- [3] 磯部義明, 大久保なつみ, 山本眞司, 他, “孤立性陰影抽出用 Quoitフィルタの性質とその乳癌X線陰影抽出への応用,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J76-D-II (2), pp.279-287, 1993.
- [4] 大津展之, “判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法,” 電子情報通信学会論文誌, vol.J63-D, no.4, pp.349-356,

April.1980.

- [5] 五藤三樹, 遠藤登喜子, 藤田広志, “乳房X線写真上の腫瘍陰影の良・悪性鑑別ロジックに関する研究,” 医用電子と生体工学, vol.10, no.12, pp.352-357, December.1996.
- [6] 畠中裕二, 原武史, 藤田広志, 笠井聰, 遠藤登喜子, 岩瀬拓士, “乳房X線写真の胸壁側に存在する欠損腫瘍陰影への扇形モデルによる自動検出法,” 医用電子と生体工学, vol.15, no.12, pp.305-311, December.2001.
- [7] Yuji Hatanaka, Takeshi Hara, Hiroshi Fujita, Satoshi Kasai, Tokiko Endo, Takuji Iwase, Development of an Automated Method for Detecting Mammographic Masses With a Partial Loss of Region, IEEE Transactions on medical imaging, vol.20, no.12, pp.1209-1214, December.2001.
- [8] 大久保なつみ, 磯部義明, 山本眞司, 鳥脇純一郎, “乳房デジタルX線像における微小石灰化陰影の自動認識,” 医用電子と生体工学, vol.8, no.6, pp.112-120, June.1994.
- [9] 笠原聰, 松原友子, 藤田広志, 原武史, 畠中祐二, 遠藤登喜子, “マンモグラム上の乳腺領域周辺に存在する腫瘍陰影検出に特化したアルゴリズムの開発,” 医用電子と生体工学, vol.14, no.6, pp.111-117, June.2000.
- [10] 福岡大輔, 原 武史, 藤田広志, 遠藤登喜子, 岩瀬拓士, “乳房X線写真における腫瘍良悪性鑑別システムの開発,” 医用電子と生体工学, vol.15, no.3, pp.24-29, March.2001.
- [11] T.Matsubara, H.Fujita, T.Endo, K.Horita, C.Kido, M.Ikeda, and T.Ishigaki,Development of mass detection algorithm based on adaptive thresholding technique in digital mammograms Proc,Elsevier Science, pp.391-396,1996.
- [12] 笠原聰, 藤田広志, 原武史, 畠中祐二, 遠藤登喜子, “マンモグラム上の腫瘍陰影自動検出アルゴリズムにおける索状の偽陽性候補陰影の削除,” コンピュータ支援画像診断学会（インターネット上）, vol.3, no.2, 2000.
- [13] 松原友子, 藤田広志, 遠藤登喜子, 堀田勝平, 池田充, 木戸長一郎, 石垣武男, “乳房X線写真における腫瘍陰影検出のためのしきい値法に基づく高速処理アルゴリズムの開発,” 日本医用画像工学会, vol.15, no.1, pp.1-13, January.1997.

