

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：82675

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25871217

研究課題名(和文) 視認性の低い形態情報の顕著化：マンモグラフィ画像における病変領域の検出

研究課題名(英文) Specific enhancement of barely-seen morphological information: detection of abnormal region in mammographic image

研究代表者

木森 義隆 (Kimori, Yoshitaka)

大学共同利用機関法人自然科学研究機構(新分野創成センター)・新分野創成センター・特任助教

研究者番号：10585277

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、rotational morphological processingに基づくマンモグラフィ画像解析手法の創出を目的として、1) 乳房辺縁領域の自動抽出手法、2) 腫瘤領域、石灰化領域、乳腺構築等の形態特徴の抽出手法、3) 病変領域の自動検出手法、4) 病変等の形態情報を容易に把握できるような抽出手法の開発を実施した。

研究成果の概要(英文)：In this study, a mammographic image analysis methods using rotational morphological processing have been developed. The project addressed the following tasks: (1) automatic extraction of breast border, (2) extraction of morphological features of masses, calcifications and architectural distortion, (3) automatic detection of lesion region, and (4) effective visualization of morphological features in abnormal region.

研究分野：画像科学

キーワード：医用画像処理 mathematical morphology 画像情報学

1. 研究開始当初の背景

乳がんは女性のがん罹患率の第1位であり、死亡者数も年々増加傾向にある。ただ、早期発見により適切な治療が実施されれば、良好な結果が期待されるため、定期的検診が重要となる。2004年に厚生労働省より、マンモグラフィを導入した乳がん検診の推進が提言されて以来、全国の地方自治体で40歳以上の女性に対し、マンモグラフィと視触診の併用診断が実施されている。しかし、これに対し、診断医の不足は深刻な問題となっており、検診の促進による医師の負担は大きなものとなっている。さらに読影には経験や専門知識が不可欠であり、個人差が大きく影響することも現状の問題として存在する。このような問題を解決するためには、病変領域の自動検出に基づいたCAD(Computer-Aided Diagnosis, コンピュータ支援診断)システムの開発が必要となってくる。

これまで、腫瘤陰影、異常石灰化の検出に関し、欧米を中心として、CADシステムの開発が活発に行われている。ただ、実用に際しては、未だ、病変領域の形状パターンの多様性や周辺組織の影響などにより、偽陽性候補が多く、検出感度が低いという深刻な問題がある。また、システムで用いる処理手法は互いに無関係な技術要素で構成されており、システム自体に論理的な一貫性が乏しくなっていることは否めない。つまり、ある処理を実行するために場当たり的、経験的にパラメータ等の選定がなされ、その選定に客観的な指標が見いだせない場合が多い。このことは、ひいては、画像データの解釈に対する客観性の確立に関し、不十分な結果を与えることにつながる。

このような問題を解決するためには、まずは、低コントラストな病変領域を顕著化し、その多様な形態情報の処理手法の確立が必須であると考えられる。そしてそれらは、論理的な一貫性を持った技術要素で構成される必要がある。

当該研究代表者は、これまでにマンモグラフィ(乳房X線検査)画像、胸部X線画像、眼底画像等の医用画像を対象として、Mathematical morphologyに基づく新規の画像処理手法を開発してきた。Mathematical morphologyは、集合論を基盤とし、様々な処理を一貫した論理で表現し、実行しうる数理体系である。この研究では、従来の理論を拡張した独自の画像処理演算(Rotational Morphological Processing, 以降RMP)を用い、医用画像処理に適合した形態情

報抽出フィルタを設計した。これによって、複雑な背景から病変領域のみの強調や構造パラメータを変化させることによる粒子状、繊維状等、形態の異なる病変領域の強調など、病変領域の大きさ、濃淡値において、目視では検出困難な病変領域の顕著化を実現する技術要素を確立した。

本研究では、これまでに開発したRMPの数理論に基づく画像処理手法を駆使し、マンモグラフィの診断に必要な、形態情報の頑健かつ汎用的な抽出手法を確立し、そのうえで、病変領域を自動検出する手法の開発を行う。

2. 研究の目的

本研究は、マンモグラフィ画像診断において、医師の読影負担の軽減と診断能の向上を実現し得る画像処理技術要素を開発することを目的とする。研究期間内での研究課題を、(1). 乳房辺縁領域の自動抽出手法の開発、(2). 腫瘤領域、石灰化領域、乳腺構築等の形態特徴の抽出手法の開発、(3). 病変領域の自動検出手法の開発、(4). 病変等の形態情報を容易に把握できるような描出手法の開発、の4項目に分ける。項目(1)および(2)によって、乳房辺縁領域、腫瘤領域、石灰化領域、乳腺構築といった、乳がんの所見で重要となる形態情報の強調・抽出手法を確立する。項目(3)では、項目(2)で抽出された特徴を精査し、病変に該当する領域を検出する手法を開発する。項目(4)では、検出した複数の病変領域およびその形態特徴の位置関係等を容易に認識し得る、効果的な描出手法を開発する。

本研究における開発手法は、RMPの理論体系にのっとった、処理技術自体に論理的な一貫性を持ったものであり、さらに、複数の形態情報を一括して抽出し、同時に描画し提示するという特徴を持つ。本研究課題を達成することにより、マンモグラフィ画像の診断において、「読影時間」、「見落とし率」、「経験による差異」を減少し得る技術要素が確立する。このことは、とりわけ、早期発見が重要になってくる乳がん検診において必須の要素といえる。

3. 研究の方法

(1): 乳房辺縁領域の自動抽出手法の開発

乳房領域のセグメンテーション(背景から乳房領域を切り出すこと)は病変部位の探索領域を限定するために必須の処理である。また、乳房形

状の変形(皮膚陥没や皮厚による異常)を検知することは、がんを認識するために重要である。このような処理の成否は、乳房辺縁領域(乳房の輪郭, Skin-line)の抽出精度に直接依存する。しかし、コントラストの低下、輝度の不均一な背景、さらに画像を管理するためのラベル、タグなどのアーチファクト、様々なノイズなどにより、その抽出は困難なものになっている。

また、辺縁領域上にある乳頭の位置情報は、乳腺陰影と腫瘍陰影の区別、微小石灰化の良悪性鑑別、左右の乳房のマンモグラムの比較観察の際の位置合わせなどに必須のものとなっている。しかし、この部位は特にコントラストが低いいため、汎用的な自動検出手法が確立されていない。

本研究項目では、RMP に基づく形態特徴強調フィルタを用い、乳房辺縁領域を強調し、自動閾値法によりセグメンテーションする手法を開発する。この際、乳頭の位置の正確な抽出を実現することに注力する。ただ、アーチファクトやノイズが乳房辺縁領域近傍に存在する場合は、それらの除去に対する特別な処置が必要である。このために RMP に基づく平滑化、領域分割手法などを組み合わせた多段階処理のアルゴリズムを設計し、より頑健性、汎用性がある手法を開発する。

(2): 腫瘍領域, 石灰化領域, 乳腺構築等の形態特徴の抽出手法の開発

本研究項目では、RMP に基づく、形態情報の抽出手法を拡張することにより、腫瘍領域、石灰化領域、乳腺構築等の構造特徴を強調・抽出手法を確立する。病変領域の形態パターンに最適なフィルタを設計するため、構造パラメータの形状、大きさ等の最適化を検討する。

(3): 病変領域の自動検出手法の開発

本研究項目では、項目(2)で抽出された特徴を精査し、病変に該当する領域を自動検出する手法を開発する。ここでは、スピキュラおよび、それを中心とした乳腺構築の乱れを検出することを最終目的とする。これらは、浸潤がんであり、適切な処置が必要となる、臨床的に重要な病態である。しかし、形状が多様であり、コントラストも低いため、これらの認知は困難な場合が多い。しかし、RMP に基づく、形態情報の抽出手法では、この領域も顕著化することが可能である。強調されたスピキュラの構造を自動検出し、セグメンテ

ーションする手法を開発する。

(4): 病変等の形態情報を容易に把握できるような描出手法の開発

本研究項目では、他の研究項目で抽出した乳房の形態特徴や、検出した複数の病変領域に対し、その位置や空間的な関係を一目して把握し得る、効果的な形態情報の描出手法を開発する。これにより、診断精度の向上を目指す。

4. 研究成果

(1): 乳房辺縁領域の自動抽出手法の開発

本課題では、RMP に基づく形態特徴強調フィルタを用い、乳房辺縁領域を強調し、自動閾値法によりセグメンテーションする手法を開発した。

乳房辺縁領域は、極めてコントラストが弱いいため、原画像をそのまま強調しても正確な輪郭線の抽出ができない。そこで、本課題では、まず、前処理として原画像に対し、モルフォロジカルグラディエント演算を適用し、輪郭線を抽出した。

次に自動閾値法により輪郭線を二値化し、ノイズの除去等の後処理を行い、乳房辺縁領域をセグメンテーションした。本手法により、乳房の輪郭線および、乳頭の位置の正確な抽出が可能になった。図1に結果を示す。

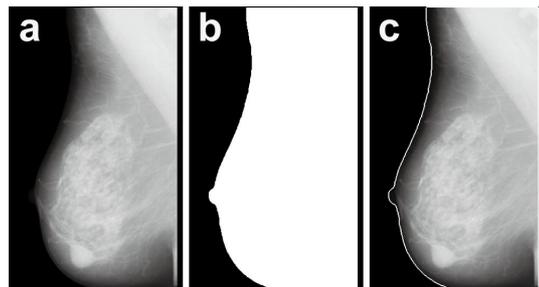


図1 乳房辺縁領域の抽出。(a)原画像。画像データは、Mammographic Image Analysis Society (MIAS)データベース (<http://peipa.essex.ac.uk/info/mias.html>)より取得。(b)乳房領域のセグメンテーション。(c)乳房の輪郭線の抽出結果(白線で示す)。

(2): 腫瘍領域, 石灰化領域, 乳腺構築等の形態特徴の抽出手法の開発

本研究項目では、RMP に基づく、形態情報の抽出手法を拡張することにより、腫瘍領域等の病変領域の構造特徴を強調・抽出手法を確立した。病変領域の形態パターンに最適なフィルタを設計するため、構造パラメータの形状、大きさ等の最適化を検討した。

その結果、形状としては、腫瘍領域および石灰化領域の抽出には、線形状の構造要素が、乳腺構築には、円形状の構造要素が最適であった。大きさは、いずれも対象領域の定義域より

も大きい値に設定.

(3): 病変領域の自動検出手法の開発

本研究では乳腺構築が乱れている部位の自動検出手法の開発を実施した. とりわけ, 本邦の女性のマンモグラフィ画像にも対応可能なよう, 特に乳腺密度の高い領域の処理に焦点を当てた. RMP に基づく, 低コントラストな病変領域の抽出手法を開発した. 病変領域の自動抽出結果を図 2 に示す. (a)は原画像であり, 自動抽出した乳房辺縁領域(スキンライン)を白線で示す. 病変領域候補を強調した結果を(b)に, 病変領域の検出結果を(c)に示す. 強調画像(b)において, 領域の面積と輝度値を特徴量として用い, 病変領域を検出した. 病変陰影はその候補と比べ, 領域のサイズが大きく, 輝度値が高いという特徴があった. 検出した病変領域の輪郭を原画像に重ねて示す. 検出領域はデータベースの Annotations(診断結果)と一致している. (d)に乳腺構築の強調結果を示す. 病変の検出領域付近を丸で囲んだ. スピキュラ(放射状の構造)を伴う病変であることがわかる. 本開発手法によって, 周辺領域とのコントラストが極めて低い病変陰影でも強調し, 検出することが可能になった.

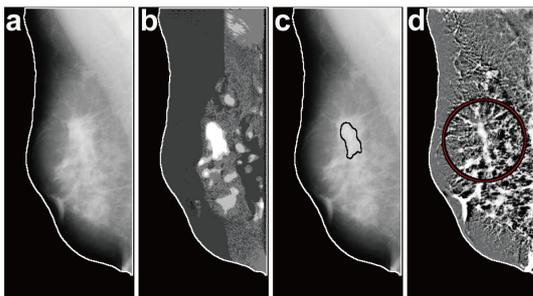


図 2 病変領域(乳腺構築の乱れ)の検出. (a)原画像. (b)病変候補領域の強調画像. (c)病変領域の検出結果. (d)乳腺構築の強調画像.

(4): 病変等の形態情報を容易に把握できるような描出手法の開発

本研究項目では, 抽出された複数の形態特徴を重ね合わせることによって, 乳房領域中の病変領域の位置や形態特徴を一目して把握できるような病変描出手法開発した. 図 3 に結果を示す. (a)は原画像であり, スキンラインも同時に示す. (b)は病変領域の検出結果であり, 乳腺構築を強調した結果は(c)である. これらの形態特徴を重ね合わせて描出した結果が(d)である. 乳房領域における, 乳頭の位置や乳腺構築さらには, 腫瘍の位置関係が同時把握できることがわかる.

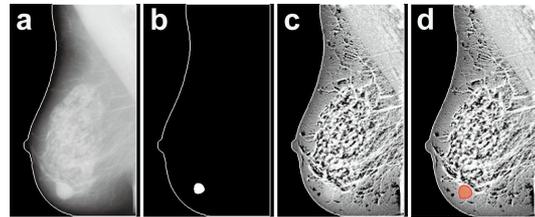


図 3 病変領域の描出. (a)原画像. (b)病変領域の検出結果. (c)乳腺構築の強調画像. (d)病変領域の重ね合わせ画像.

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

1. 木森義隆, 形状解析のための画像処理: mathematical morphology に基づく画像コンポーネントの抽出. *Cytometry Research*, **24**, 査読有, 2014, pp. 15-20. <http://cytometry.clicknet.jp/publication/journals>
2. Y. Kimori, Morphological Image Processing for Quantitative Shape Analysis of Biomedical Structures: Effective Contrast Enhancement, *J. Synchrotron Rad.*, 査読有, **20**, 2013, pp. 848-853. doi: 10.1107/S0909049513020761.

[学会発表](計 5 件)

1. 木森義隆, 数理形態学に基づく生物画像情報処理, 2014 年度サイエンス映像学会研究会, 2014 年 8 月 30 日, 法政大学 (東京都千代田区)
2. 木森義隆, 形状特徴の数値化を目的とした数理形態学的画像処理法, バイオイメージ・インフォマティクスワークショップ 2014, 2014 年 6 月 4 日, 岡崎カンファレンスセンター (愛知県岡崎市)
3. 木森義隆, Mathematical morphology に基づく医用画像処理: 構造特性の顕著化, 第 36 回日本分子生物学会年会ワークショップ「バイオイメージ・インフォマティクスの新展開」, 2013 年 12 月 6 日, 神戸国際会議場 (神戸市中央区)
4. 木森義隆, 生物医学画像における形態情報の形式知化: Mathematical Morphology による画像処理, 第 23 回日本サイトメトリー学会学術集会, 2013 年 6 月 23 日, 日本医科大 (東京都文京区)

5. Y. Kimori, Morphological image processing for quantitative shape analysis of biomedical structures, 4th International Symposium on Diffraction Structural Biology, 2013年5月28日・吹上ホール(名古屋市千種区)

[その他]

ホームページ

https://is.cnsi.jp/?page_id=58

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木森 義隆 (KIMORI YOSHITAKA)

大学共同利用機関法人自然科学研究機構(新分野創成センター)・新分野創成センター・特任助教

研究者番号: 10585277

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし