

## マンモグラムにおける医学的知見に基づく構築の乱れの 自動検出法の開発

伊藤 彰宏<sup>†</sup> 松原 友子<sup>‡</sup> 角森 昭教<sup>‡‡</sup> 原 武史<sup>†</sup> 村松 千左子<sup>†</sup>  
遠藤 登喜子<sup>‡‡‡</sup> 藤田 広志<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 岐阜大学 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

<sup>‡</sup> 名古屋文理大学 〒492-8520 愛知県稲沢市稲沢町前田 365

<sup>‡‡</sup> コニカミノルタ株式会社 〒192-8505 東京都八王子市石川町 2970

<sup>‡‡‡</sup> 国立病院機構東名古屋病院 〒465-8620 愛知県名古屋市名東区梅森坂 5 丁目 101 番地

E-mail: <sup>†</sup> {aito, hara, chisa, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp, <sup>‡</sup> matsubara.tomoko@nagoya-bunri.ac.jp

<sup>‡‡</sup> akinori.tsunomori@konicaminolta.com, <sup>‡‡‡</sup> endot@hosp.go.jp

**あらまし** 構築の乱れは乳がんの重要な所見の1つであるが、医師の読影技術のばらつきが大きく Computer aided detection(CAD)システムの感度も低い。そこで、我々は構築の乱れの検出に特化した CAD システムの開発を行った。本システムは、高い検出率を示す一方で、実用化に向けては偽陽性数の減少が課題となっている。本研究では、読影の際に用いられる医学的知見に基づいて、線成分の分布と中心濃度から定義される、偽陽性削除に有効な新しい特徴量を提案する。一次検出で検出された 221 個の真陽性領域を含む 12,838 個の候補領域を提案する特徴量で識別したところ、7 割の真陽性領域を残しつつ、7 割以上の偽陽性領域を削除することが可能であった。

**キーワード** マンモグラム, コンピュータ支援検出システム, 構築の乱れ, 医学的知見

## Development of automated detection method for architectural distortion based on the medical knowledge on mammograms

Akihiro ITO<sup>†</sup> Tomoko MATSUBARA<sup>‡</sup> Akinori TSUNOMORI<sup>‡‡</sup> Takeshi HARA<sup>†</sup>  
Chisako MURAMATSU<sup>†</sup> Tokiko ENDO<sup>‡‡‡</sup> and Hiroshi FUJITA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1193 Japan

<sup>‡</sup> Nagoya Bunri University 365 Maeda, Inazawa-cho, Inazawa-shi, Aichi, 492-8520 Japan

<sup>‡‡</sup> KONICA MINOLTA, INC. 2970 Ishikawa-cho, Hachioji-shi, Tokyo, 192-8505 Japan

<sup>‡‡‡</sup> National Hospital Organization Higashi Nagoya National Hospital 5-101 Umemorizaka, Meito-ku, Nagoya-shi, Aichi, 465-8620 Japan

E-mail: <sup>†</sup> {aito, hara, chisa, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp, <sup>‡</sup> matsubara.tomoko@nagoya-bunri.ac.jp

<sup>‡‡</sup> akinori.tsunomori@konicaminolta.com, <sup>‡‡‡</sup> endot@hosp.go.jp

**Abstract** Architectural distortion is one of very important findings in interpreting breast cancer on mammograms. However, one of the commonly missed signs of breast cancer is architectural distortion, and sensitivity of computer aided detection (CAD) systems for this finding is low. Therefore, we have been developing the CAD system that focuses on architectural distortion. Our system shows high sensitivity, but it is necessary to reduce the number of false positives (FPs) for practical use. In this study, to eliminate FPs we propose an effective new feature defined by both the distribution of linear structure and the central density based on the medical knowledge that physicians take into consideration in interpretation. This new feature is applied to 12,828 candidate regions including 221 true-positive (TP) regions that were detected at the initial pick-up stage of our CAD system. As a result, it is possible to eliminate more than 70% of FP regions keeping 70% of TP regions.

**Keywords** Mammogram, CADe(computer-aided detection), Architectural distortion, Medical knowledge

## 1. はじめに

わが国において、女性におけるがんの部位別罹患数は乳房が最も高く、近年では毎年5万人を超える女性が乳がん罹患している。

乳がんの早期発見に有効な診断法の1つとして、マンモグラム(乳房X線画像)が挙げられる。マンモグラムでは、これまで発見が困難であった早期の小さながんも発見可能である。しかし、集団検診の場合、画像枚数が膨大な上に、その多くが正常な画像であることから読影医の負担は非常に大きく、疲労などによる病変部の見落とし、誤診などが起こる可能性が高い。そこで、医師の読影の補助を目的としたコンピュータ支援診断(Computer-Aided Diagnosis:CAD)への期待が大きくなっている。

構築の乱れは、腫瘍陰影、微小石灰化クラスタと並び、乳がんの重要所見の1つであるにもかかわらず、読影が困難な症例が多い傾向にある[1]。そのため、CADシステムの導入が期待されているが、商用化されているCADシステムにおける構築の乱れの検出性能は十分ではない[2]。

構築の乱れに特化した検出アルゴリズムの開発は、国内外のいくつかの研究チームで行われており、国内では、Gaborフィルタ[3]や線陰影の特性[4]を用いた手法などが提案されている。また、国外でも発散の指標[5]やガウス混合モデル[6]などを用いた様々な手法が報告されている。

我々も構築の乱れに局所的な集中が認められることに着目し、方向性に基づく線構造の解析法を用いて乳腺構造を解析し、そこから算出される集中度と等方位指数が共に高い値をもつ領域を真陽性候補領域と決定するspiculationの検出方法[7]を提案してきた。本手法は高い真陽性率を示すが、実用化のためには偽陽性数の減少が課題である。そこで本研究では、構築の乱れと偽陽性の識別性能を向上させるため、医学的知見に基づく特徴量を提案し、その有用性を検証することを目的とする。

## 2. 構築の乱れと偽陽性を識別する医学的知見

構築の乱れは、悪性度が高くがんの存在が疑われる重要な所見である。正常な乳房の乳腺は、乳頭から放射状に分布しているのに対して、構築の乱れを含む乳の乳腺は、一部が点または領域に向かう局所的な集中として観察される。

構築の乱れは、読影が難しく医師による見落としが多い症例だが、そのためoverreadingにもなりやすい。そこで医師は、以下の4つの医学的知見を参考に構築の乱れと単なる乳腺の重なり(偽陽性)を見分けている[8]。

知見1：線状影は中心濃度の内部を関係なく通過していくか(図1(a))。

知見2：腫瘍様にみえる部分に線状影がどのような角度ではいって行くか(図1(b))。

知見3：中心濃度は正常乳腺に比較して高濃度か。

知見4：濃度の高い部分は引きつれ様の部分の中心部にあるか(図1(c))。

本研究では、初期検討として知見1を用いて偽陽性削除を試みる。

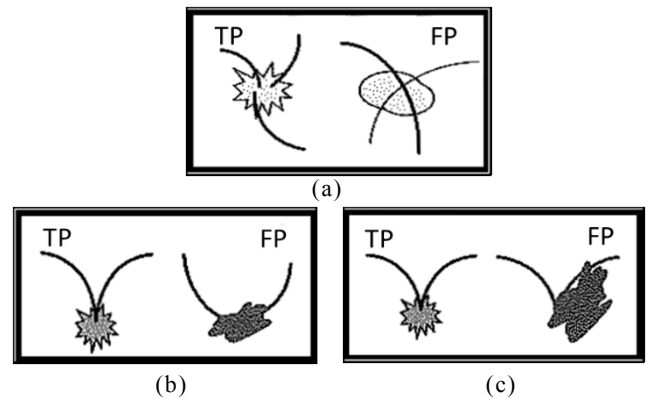


図1 医師が診断に用いる医学的知見の模式図 (a)知見1, (b)知見2, (c)知見4

## 3. 対象と方法

### 3.1. 対象データ

今回の実験で用いるデータベースは174個の構築の乱れを含む748枚の画像である。詳細を表1に示す。

表1 データベースの詳細

画像数	748画像 (abnormal 168画像, normal 580画像)
撮影機器	Mermaid (コニカミノルタ)
サンプリング間隔	25 $\mu\text{m}$
濃度分解能	12 bits (4096 階調)

なお、実験では、乳房領域内の線構造の解析にダウンサンプリングした200  $\mu\text{m}$ の縮小画像を用い、それ以降の処理にはダウンサンプリングした100  $\mu\text{m}$ の縮小画像を用いた。

### 3.2. 方法

今回の実験では、既存の検出システム[7]で検出される候補領域から知見1に基づく新たな特徴量を算出する。検出システムの流れと新たな特徴量の算出処理の

流れを、それぞれ図2と図3に示す。

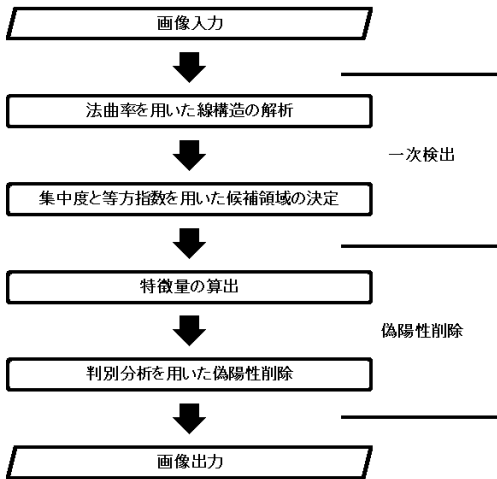


図2 検出システムの流れ

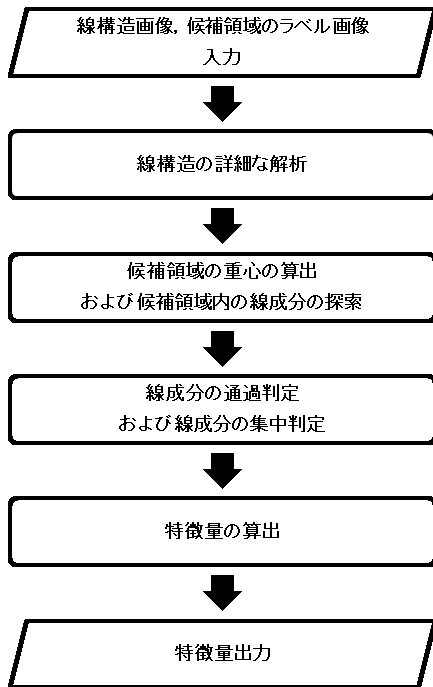


図3 新たな特徴量の算出処理の流れ

### 3.2.1. 構築の乱れの検出システム

まず、方向性に基づく線構造の解析法を用いて、乳房領域内の線構造を解析し、集中度と等方指数[9]を用いて候補領域を決定する。次に、候補領域から5個の特徴量(平均集中度、平均等方指数、面積、平均画素値、コントラスト)を、候補領域内のパワースペクトル画像から4個の特徴量(RMS変動値、1次モーメント、角度ごとのパワースペクトルの平均の差、角度ごとのパワースペクトルの傾きの差)を算出する。最後に、得られた9個の特徴量を用いて線形判別分析を行い、偽陽性を削除し、最終的な結果を得る。

### 3.2.2. 医学的知見に基づく特徴量

本研究では、2.の知見1に基づく新たな特徴量  $L$  を提案する。

$$L = b - a \quad (1)$$

ここで、 $a$ は候補領域内を通過している線成分の本数、 $b$ は候補領域内を通過せず、かつ候補領域の重心を向いている線成分の本数とする。特徴量  $L$  は、通過している線成分( $a$ )が少なく、通過せず、かつ領域の重心を向いている線成分( $b$ )が多い(True Positive: TP)とき高い値を、逆に、通過している線成分( $a$ )が多く、通過せず、かつ領域の重心を向いている線成分( $b$ )が少ない(False Positive: FP)とき低い値を示す。

ここで、「線成分が候補領域内を通過する」と「線成分が候補領域の重心を向いている」は以下のように定義する(図4)。

$S$ を候補領域、 $l$ を線成分、候補領域  $S$  の輪郭と線成分  $l$  との交点を  $A$ 、候補領域  $S$  の重心を  $O$  とする。また、候補領域  $S$  を線分  $AO$  に垂直な線で分割するとき、交点  $A$  が存在する領域を  $S1$ 、もう一方の領域を  $S2$  とする。このとき、線成分  $l$  と領域  $S2$  の輪郭に交点が存在するならば、「線成分  $l$  は候補領域  $S$  を通過している」と判定する。また、線成分  $l$  と線分  $AO$  のなす角を  $\theta$  とするとき、 $\cos \theta$  が 0.8 以上であれば、「線成分  $l$  は候補領域の重心を向いている」と判定する。

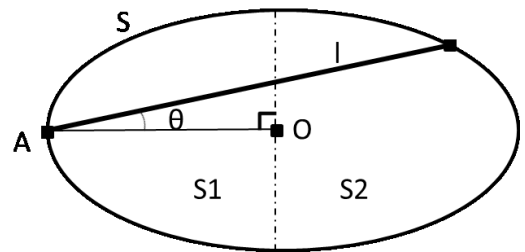


図4 候補領域と線成分の模式図

## 4. 結果と考察

### 4.1. 結果

我々のデータベースを検出システムに適用したところ、一次検出において 12,838 個の候補領域が検出された。うち、221 個が TP 領域、12,617 個が FP 領域である。これらの領域から特徴量  $L$  を算出する。TP 領域と FP 領域における特徴量  $L$  の分布を図5に示す。

図5から、特徴量  $L$  は、TP 領域では比較的高い値を、FP 領域では比較的低い値を示すことが確認できる。また、特徴量  $L$  の閾値を 11 に設定した場合、TP 領域を 70.0%残しつつ、72.6%の FP 領域の削除に成功した(図6)。

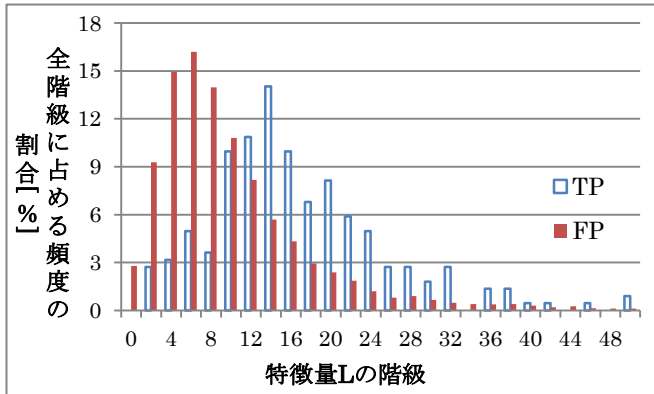


図 5 TP 領域と FP 領域における特微量 L の分布

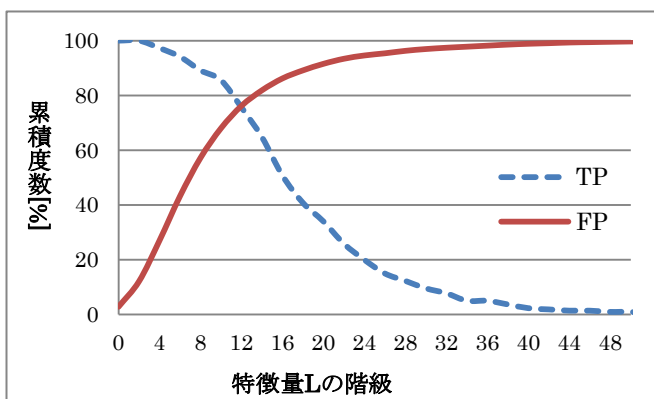


図 6 TP 領域と FP 領域における特微量 L の累積度数分布

#### 4.2. 考察

一次検出において検出された候補領域の特微量 L は、TP 領域においては高い値を、FP 領域においては低い値を示す傾向が認められた。これにより、TP 領域と FP 領域の判別において、提案手法の妥当性が示されたと考えられる。

一方で、TP 領域でも低い値を、FP 領域でも高い値を示す場合があった。この原因は 2 点考えられる。1 点目は、一次検出において一部の TP 領域が正確に検出されていないためである。周辺の正常領域が過抽出された TP 領域は、候補領域の重心が中心濃度から大きくずれ、また、本来構築の乱れの関連しない線成分が評価対象になり、TP の知見を正しく特微量 L に反映できないことが確認された。よって、候補領域をより正確に抽出できるようになれば、識別性能の向上が期待できる。2 点目は、FP 領域でも線成分が通過しない場合があるためである。これは、2 で示した知見が傍証であり、実際の読影現場では、知見 1 のみではなく、知見 1~4 の全てを総合的に判断し、かつそれ以外に積極的に異常といえる知見が見当たらない場合に FP と

判断している。よって、2.の知見 2 から 4 を実装し、4 つの知見を用いた偽陽性の削除処理により、より偽陽性数の減少が可能になると考えられる。

#### 5. まとめ

構築の乱れの検出システムにおける偽陽性削除を目的とした医学的知見に基づく新たな特微量を提案した。1 次検出で検出された候補領域に適用したところ、TP 領域においては高い値を、FP 領域においては低い値を示す傾向にあり、約 7 割の識別が可能であった。よって、提案した特微量は、構築の乱れ検出における偽陽性削除に有用な特微量である可能性が示唆された。

#### 文 献

- [1] 畑中裕司, 松原友子, 藤田広志 他, “医師のマンモグラム読影自習における乳がん検出と CAD システムの検出結果との比較,” 日本放射線技術学会雑誌, vol.58, no.3, pp.375-382, Mar.2002.
- [2] Baker JA, Rosen EL, Lo JY, et al., “Computer-aided detection(CAD) in screening mammography: sensitivity of commercial CAD systems for detecting architectural distortion,” AJR Am J Roentgenol, vol.181, no.4, pp.1083-1088, Oct.2003.
- [3] R. Yoshikawa, A. Teramoto, T. Matsubara, H. Fujita, “Automated Detection of Architectural Distortion Using Improved Adaptive Gabor Filter,” Proc. of IWDM2014, no.LNCS8539, pp.606-611, June.2014.
- [4] M. Nemoto, S. Honmura, A. Shimizu et al., “A pilot study of architectural distortion detection in mammograms based on characteristics of line shadows,” Int J Comput Assist Radiol Surg, vol.4, no.1, pp.27-36, Jan.2009.
- [5] R. M. Rangayyan, S. Banik, J. E. L. Desautels, “Measures of Divergence of Oriented Patterns for the Detection of Architectural Distortion in Prior Mammograms,” Int J Comput Assist Radiol Surg, vol.8, no.4, pp.527-545, July.2013.
- [6] S. K. Biswas, D. P. Mukherjee, “Recognizing Architectural Distortion in Mammogram: A Multi-Scale Texture Modeling Approach with GMM,” Proc. of IEEE2011, vol.58, no.7, pp.2023-2030, July.2011.
- [7] T. Matsubara, A. Ito, H. Fujita, et al., “An automated method for detecting architectural distortions on mammograms using direction analysis of linear structures,” Proc. of IEEE2015, pp.2661-2664, Aug.2015.
- [8] 角田博子, “構築の乱れ architectural distortion の読み方のコツ,” 乳癌診療二項の秘訣, 光山晶珠(編), pp.88-89, 金原出版株式会社, 東京, 2004.
- [9] 目加田慶人, 尾坐幸一, 長谷川純一, 他, “線図形における局所的集中パターンの特微量とその応用,” 電気情報通信学会論文誌 D-II, vol.J77-D-II, no.9, pp.1788-1796, Sept.1994.

#### 謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費・新学術領域研究 (No.26108005) の助成で行われました。