

## マンモグラムにおけるカテゴリー判定支援システムの開発と その結果の提示方法に関する検討

松原 友子<sup>†</sup> 原 武史<sup>‡</sup> 篠原 範充<sup>\*1</sup> 森田 孝子<sup>\*2</sup>  
丹羽 多恵<sup>\*3</sup> 遠藤 登喜子<sup>\*2</sup> 藤田 広志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 名古屋文理大学情報文化学部 〒492-8520 愛知県稲沢市稲沢町前田 365

<sup>‡</sup> 岐阜大学大学院医学系研究科 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

<sup>\*1</sup> 岐阜医療科学大学保健学部 〒501-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1

<sup>\*2</sup> 名古屋医療センター 〒460-0001 愛知県名古屋市中区三の丸 4-1-1

<sup>\*3</sup> 豊田厚生病院 〒470-0396 愛知県豊田市浄水町伊保原 500-1

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

**あらまし** 商品化されている CAD (computer-aided detection) システムは、コンピュータの出力結果のみを提示する。しかし、その出力結果に至るための論理が読影者に理解されれば、CAD システムへの十分な信頼が得られ、さらなる診断の向上が期待できる。そこで本研究では、マンモグラムにおける微小石灰化と腫瘤陰影のカテゴリー判定システムを開発し、その結果の提示方法が診断精度に与える影響を検討することを目的とする。微小石灰化の判定システムは、検出された微小石灰化の分布の状態を4つに、形状を4つに分類し、その組み合わせでカテゴリーを判定する。腫瘤陰影の判定システムは、辺縁の形状解析の結果などを用いてカテゴリーを判定する。これらのシステムの出力結果の有効な提示方法を検討するために、画像のみ、画像とカテゴリー、画像とカテゴリーと判定理由、の3種類の提示方法で読影実験を行った。その結果、カテゴリーのみの提示でも、正解との一致率が向上し、また、カテゴリーのみでなく判定理由を提示した場合には、読影者間の一致率の変動が減少することが確認できた。

**キーワード** コンピュータ支援判定, マンモグラム, 微小石灰化, 腫瘤陰影, 観察者実験

## Development of computer-aided classification system on mammograms and study on method of presenting CAD output

Tomoko MATSUBARA<sup>†</sup> Takeshi HARA<sup>‡</sup> Norimitsu SHINOHARA<sup>\*1</sup> Takako MORITA<sup>\*2</sup>  
Tae NIWA<sup>\*3</sup> Tokiko ENDO<sup>\*4</sup> Hiroshi FUJITA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> School of Information Culture, Nagoya Bunri University 365 Maeda, Inazawa-cho, Inazawa-shi, 492-8520 Japan

<sup>‡</sup> Graduate School of Medicine, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, 501-1194 Japan

<sup>\*1</sup> Gifu University of Medical Science 795-1 Nagamine, Ichihiraga, Seki-shi, 501-3892 Japan

<sup>\*2</sup> Nagoya Medical Center 4-1-1 Sannomaru, Naka-ku, Nagoya-shi, 460-0001 Japan

<sup>\*3</sup> Toyota Kosei Hospital 500-1 Ibobara, Jyousui-cho, Toyota-shi, 470-0396 Japan

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

**Abstract** Commercialized CAD (computer-aided detection) systems present only the output of the computer. If physicians understand the process for calculating results, they can increase their confidence for CAD output. Then, the higher sensitivity will be expected. The purpose of this study is to develop a computer-aided classification system on mammograms and to investigate the effective presentation method of CAD output. The system for microcalcifications classifies microcalcifications into one of the four distribution types and one of the four shape types. Then, the category is defined by combination of distribution and shape types. The system for mass categorizes by using mainly shape analysis of mass border. Observer study was performed in three modes, only mammogram, mammogram with category by CAD, and mammogram with both category and analytical result by CAD, in order to investigate effective presentation method of CAD output. As a result, the presentation of the CAD-computed category is sufficient to improve accuracy rate. In addition, significant improvements of classification performance among physicians are observed.

**Keywords** Computer-aided classification, mammograms, microcalcifications, mass, observer study

# 1. はじめに

近年、多くのマンモグラフィ CAD システムが商品化され、その臨床的な有効性が多く報告されている[1]. 商品化されている CAD システムは、コンピュータの出力結果のみを提示する方法であることから、その論理は読影者には理解されない。そのため、CAD システムの出力に十分な信頼が得られず、診断への反映が容易ではない可能性がある。

マンモグラムの診断に用いられるカテゴリー分類は、カテゴリーが上がるに従って、悪性の疑いが高くなる[2]. マンモグラムにおける重要な所見は、微小石灰化、腫瘍陰影、構築の乱れであるが、カテゴリー判定の基準は、微小石灰化と腫瘍陰影に対して提案されている。我々は、この微小石灰化と腫瘍陰影のカテゴリー判定に関連する所見の検出法の開発に取り組んできた[3-5].

本研究では、マンモグラムにおいてカテゴリーを判定するアルゴリズムを開発すると共に、その解析結果の有効な提示方法を検討することを目的とする。

## 2. 手法

### 2.1. カテゴリー判定システム

#### (1) 微小石灰化のカテゴリー判定システム

微小石灰化のカテゴリー判定基準を表 1 に、この基準に基づき、我々が開発した微小石灰化のカテゴリー判定システムの流れ図を図 1 に示す。

分布の判定に用いた特徴量は、微小石灰化の個数と位置、および乳頭からの方向性を示すバンド状フィルタの出力値、また、微小石灰化クラスターの位置、形状、密度である。これらの特徴量を用いて、正準判別分析により、4 種類の分布に分類する。

形状の判定は、微小石灰化クラスターが悪性の可能性が高いことから、クラスター内の微小石灰化のみを対象とする。円形度とコントラストの平均値と分散、面積と密度の平均値と分散を用いて、正準判別分析により 4 つの形状に分類する。

最後に、分布と形状の分類結果に重回帰分析を適用することで、カテゴリーを決定する。

#### (2) 腫瘍陰影のカテゴリー判定システム

腫瘍陰影のカテゴリー判定基準を図 2 に示す。

この判定において、辺縁の分類は重要な要素であることから、鋸歯形状特徴量、浸潤性特徴量、スピキュラ特徴量を用いて辺縁の形状を分類する。鋸歯形状特徴量とは、辺縁全体に対する鋸歯形状領域の割合である。鋸歯形状領域は、辺縁における注目画素とその近傍における辺縁画素とを結ぶ 2 本の線分の傾きが異なる符号である領域と定義する[4]. 浸潤性のある領域は、腫瘍の内から外に向かうテクスチャに方向性があるこ

表 1 微小石灰化のカテゴリー判定基準.

		形状			
		微小円形	淡く不明瞭	多形性不均一	微細線状分枝状
分布	びまん性領域性	2	2	3	5
	集ぞく性	3	3	4	5
	線状区域性	3 or 4	4	5	5

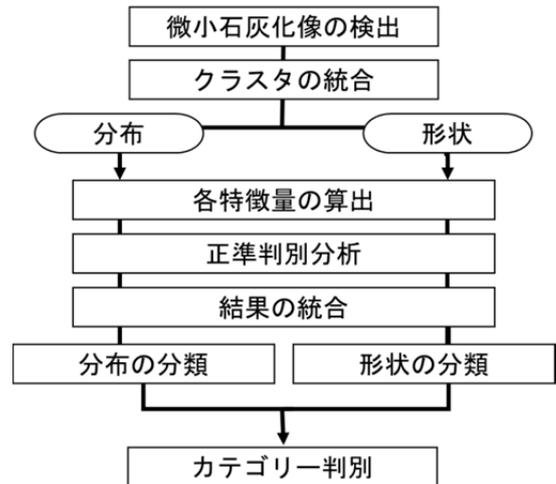


図 1 微小石灰化のカテゴリー判定システムの流れ図.

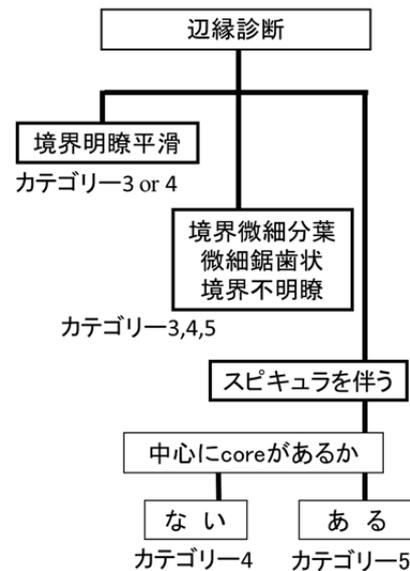


図 2 腫瘍陰影のカテゴリー判定基準.

とに着目し、濃度生起行列を用いてその方向性の有無を ROI (region of interest) ごとに判断する。浸潤性特徴量は、ROI の総数に対して方向性がある ROI の個数

の割合と定義する．また、スピキュラ特徴量は、多段階振り子型フィルタ[5]により検出された腫瘍領域の重心から放射状に伸びる線状陰影と重なる画素数とする．これらの3つの特徴量からどの辺縁に分類されるかは、正準判別関数の判別得点によって決定する．

coreの有無は、腫瘍陰影の面積に基づき判定する．

## 2.2. 解析結果の提示方法の検討

### (1) 微小石灰化の解析結果の提示内容

微小石灰化の解析結果の提示内容を図3に示す．画像上で、検出された微小石灰化は丸で囲まれ、微小石灰化クラスタは雲状に表示される．また、乳頭からクラスタへの方向は線で示されている．

分布と形状の分類結果は、分布に関しては、びまん性・領域性、集ぞく性、線状・区域性、形状に関しては、微小円形、淡く不明瞭、多形性・不均一、微細線状・分枝状のそれぞれである可能性を百分率のレーダーチャートで表示する．

最終的なカテゴリーは、カテゴリー判別表に基づいて表示する．この症例は、分布は区域性、形状は多形性・不均一と分類され、カテゴリーは5と判定される．

### (2) 腫瘍陰影の解析結果の提示内容

腫瘍陰影のカテゴリー判定では、辺縁の解析は重要な要素である．そのため、鋸歯形状領域の認識結果は色を変えた辺縁で、浸潤性領域の認識結果は浸潤性領域有りと判断されたROIの表示で、スピキュラの検出結果は、検出された線成分の表示で示す．同時に、どの辺縁であるかの可能性を百分率で示す．また、最終的なカテゴリーまでカテゴリー判定基準においてどのように分岐したかが分かるように提示する．この症例は、スピキュラを伴い、中心にcoreがあると判定され、カテゴリーは5となる．

### (3) 観察者実験

微小石灰化、腫瘍陰影のカテゴリーの判定理由の提示が読影結果に与える影響を調査するために、以下の3つの方法で連続的に読影する．まず、1回目は、病変部位の存在するマンモグラムのみを提示する．2回目は、マンモグラムとCADが出力するカテゴリーのみを提示、3回目は、マンモグラムとCADが出力するカテゴリーとその判定理由を提示する（以下、それぞれ、1回目、2回目、3回目とする）．

この観察者実験は、カテゴリー3、4、5である症例を、微小石灰化でそれぞれ10症例、腫瘍陰影でそれぞれ10症例、合計60症例を用いて、経験の浅い放射線技師10名、経験の豊富な医師7名に対して行った．経験の浅い放射線技師のうち、1回目のCADなしでの読影の結果と正解との一致率の有意確率 ( $p < 0.01$ ) が高い読影者は読影能力が低いと考えられるため、解析

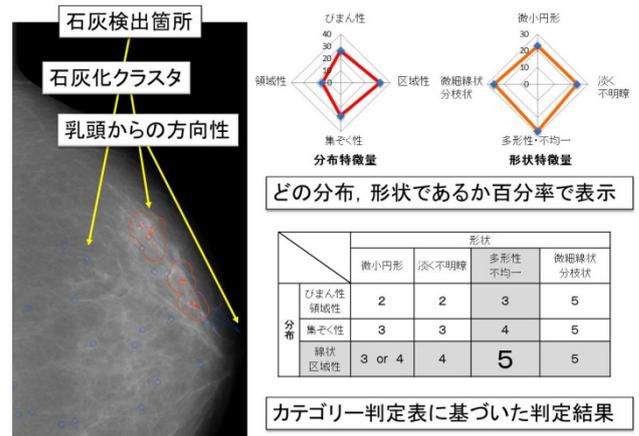


図3 微小石灰化の解析結果の提示内容．

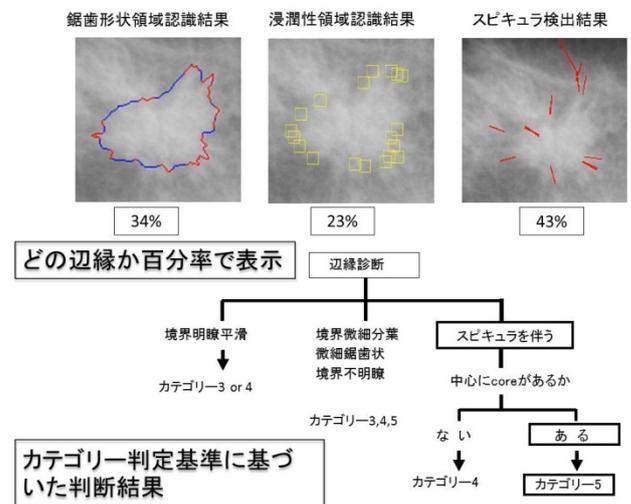


図4 腫瘍陰影の解析結果の提示内容．

から除外する．そのため、経験の浅い放射線技師の10名中、微小石灰化において7名、腫瘍陰影において8名のデータを対象とする．

なお、マンモグラムの提示には、解像度3M、濃度分解能8bitのディスプレイを用いた．CADのカテゴリー判定の精度は80%であるが、これは読影者には伝えなかった．また、本読影実験の前に、10症例を用いてトレーニングを行った．

## 3. 結果と考察

表2に経験の浅い放射線技師の、一致率(Kappa値)の平均値とその多重検定 ( $p < 0.05$ ) を行った結果を、正解との一致率と読影者間の一致率、微小石灰化と腫瘍陰影のそれぞれで示す．正解との一致率では、微小石灰化、腫瘍陰影ともに、1回目と2回目、1回目と3回目の読影で、有意差が認められた．また、読影者間の一致率では、微小石灰化、腫瘍陰影ともに、すべての組み合わせの読影で、有意差が認められた．この

ことは、初学者にとっては、カテゴリーの提示のみでも正解との一致率を向上させることができ、また、読影者間の変動を有意に減少させるためには、カテゴリーのみでなくその判定理由も提示することが有用であることを示している。

表3に医師の結果を同様に示す。正解との一致率では、微小石灰化にすべての組み合わせの読影で有意差が認められたが、腫瘍陰影では、すべての組み合わせの読影で認められなかった。このことから、微小石灰化は、カテゴリーのみでなく判定理由を提示することが一致率の向上に有効であると言える。一方、腫瘍陰影はいずれの提示方法でも向上が認められなかった。これは、CADなしでもカテゴリーの判定精度が高かったことによると推測される。また、読影者間の一致率では、腫瘍陰影の2回目と3回目の読影に有意差が認められたことから、腫瘍陰影ではカテゴリーの提示のみよりも判定理由も提示した方が読影者間の変動を減少させることができる可能性を示している。

また、経験の浅い放射線技師であっても、CADを用いるとカテゴリーの正確度が医師のレベルに近づく可能性があると言える。

#### 4. まとめ

マンモグラムにおける微小石灰化と腫瘍陰影のカテゴリー判別システムを構築した。また、経験の浅い放射線技師と医師を対象に、画像のみ、画像とカテゴリー、画像とカテゴリーと判定理由を提示する3つの方法でカテゴリーを判定する読影実験を行った。その結果、経験の浅い放射線技師では、カテゴリーの提示のみでも正解との一致率を向上させることができることが明らかとなった。また、読影者間の変動を有意に減少させるためには、カテゴリーのみでなくその判定理由も提示することが有用であり、その傾向が特に経験の浅い放射線技師に強く認められた。よって、カテゴリー判定のCADシステムにおいて、判定理由の提示は読影者間の変動を減少させることができ、ひいては読影精度の向上に寄与できるといえる。

#### 文 献

[1] M. Gromet, "Comparison of computer-aided detection to double reading of screening mammograms: Review of 231,221 mammograms," *AJR, Am. J. Roentgenol.* vol.190, no.4, pp.854-859, 2008.

[2] (社)日本医学放射線学会 / (社)日本放射線技術学会 (編), マンモグラフィガイドライン, 医学書院, 2004.

[3] 原 武史, 篠原範充, 大江祥隆, 他, "乳房X線写真における微小石灰化の良悪性鑑別法の開発," 電子情報通信学会技術研究報告, vol.101, no.310, pp.1-5, 2001.

表2 経験の浅い放射線技師の結果。

読影		1回目	2回目	3回目
		画像	画像 カテゴリー	画像 カテゴリー 判定理由
正解との一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.41	0.61	0.61
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.033*		0.666
		0.018*		
正解との一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.51	0.65	0.68
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.020*		0.102
		0.016*		
読影者間の 一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.3	0.69	0.75
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.000*		0.002*
		0.000*		
読影者間の 一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.33	0.59	0.68
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.000*		0.000*
		0.000*		

表3 医師の結果。

読影		1回目	2回目	3回目
		画像	画像 カテゴリー	画像 カテゴリー 判定理由
正解との一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.44	0.49	0.54
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.034*		0.034*
		0.017*		
正解との一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.62	0.62	0.64
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.713		0.705
		0.492		
読影者間の 一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.53	0.51	0.52
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.593		0.109
		0.285		
読影者間の 一致率 (Kappa値)	一致率の 平均値	0.67	0.65	0.68
	多重検定 ( $p < 0.05$ )	0.614		0.017*
		0.531		

[4] 中川俊明, 桜井寛之, 原 武史, 他, "乳房X線写真における腫瘍陰影の自動良悪性鑑別システムの開発 - 腫瘍辺縁形状認識のための鋸歯形状領域検出法 -, " 生体医工学, vol.43, no.3, pp.437-445, 2005.

[5] 五藤三樹, 森川聡久, 藤田広志, 他, "乳房X線写真におけるスピキュラ自動検出のための多段型振り子フィルタの開発," 医用電子と生体工学, vol.73, no.2, pp.171-177, 1999.