



Title	乳房の微小石灰化検出におけるコンピュータ支援診断- 自作乳房ファントムによる基礎的検討-
Author(s)	堀野, 研二
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1998, 58(7), p. 343-348
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16570
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

乳房の微小石灰化検出におけるコンピュータ支援診断 －自作乳房ファントムによる基礎的検討－

堀野 研二

産業医科大学放射線科学教室

Computer-Aided Diagnosis in the Detection of Simulated Clustered Microcalcifications on Mammography

Kenji Horino

The usefulness of a computer-aided diagnosis (CAD) using a mathematical morphology (Tophat method) for the detection of simulated clustered microcalcifications on mammography (MMG) was evaluated with an acrylic phantom as well as a specially made phantom breast. The sites of microcalcifications indicated by CAD were printed as dots on the films. With the acrylic phantom, CAD detected microcalcifications as small as 0.177mm, but with the specially made phantom breast the sensitivity decreased from 100% for microcalcifications of 0.250mm to 25% for those of 0.210mm. The detectability of microcalcifications was influenced by the contrast with background opacity. A receiver-operating-characteristic (ROC) study performed on 80 images of the phantom breast by 8 radiologists showed no significant difference between the results with and without CAD assistance. However, when the observers were divided into two groups according to the results of interpretation without CAD assistance, the detectability of microcalcifications with CAD significantly improved in the group with the poorer performance. The detection of microcalcifications was influenced by contrast with the surrounding substance in the phantom study. The usefulness of this CAD method presented for the detection of microcalcifications on MMG seems to be limited for inexperienced observers, but it may have potential to be widely applicable with further refinement of the technique.

はじめに

乳房X線検査(mammography: MMG)において微小石灰化像は乳癌を診断するうえで重要な所見の一つであり、予後の良好な非浸潤癌や早期の浸潤癌の発見において診断的意義が高い^{1),2)}。この微小石灰化像の読影にあたっては1枚1枚のフィルムの注意深い観察が必要であるが、その一方で見落としが存在し、Birdら³⁾によれば過去に乳癌検診としてMMGが施行されていて見直してみると異常が認められるという症例が14.7%で存在する。見落としをできるだけ少なくするために、検診の場では二重読影といった方法が採られているが完全になくすることはできない^{1),4)}。

コンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis: CAD)は画像のデジタル化に伴って発展してきた技術であり、画像データをコンピュータにより解析し、病変の可能性のある場所を示すことにより読影者の注意を喚起して病変の見落としを防ぐシステムである⁵⁾⁻⁷⁾。乳房領域においてはChanら⁵⁾や金ら⁶⁾によりCADによる乳房の微小石灰化検出手法が開発され、臨床特に検診の場への応用が期待されている。今回、自作乳房ファントムを用いて乳房X線画像を撮影し、mathematical morphologyを応用したコンピュータ処理により微小石灰化の検出を行い、ファントム実験におけるCADの有用性を評価したので報告する。

対象と方法

1. 使用装置とコンピュータ画像処理

撮影システムとしてコンピュータラジオグラフィ(CR)；FCR9000システム(富士写真フィルム)を使用した。X線撮影装置はMAMMOMAT(シーメンス)を用い、管電圧29kV、管電流200mA、曝射時間はフォトタイマーを用いて自動調節で撮影した。イメージングプレート(IP)はHR-V(サイズ20.0 × 25.2cm, ピクセル数2000 × 2510, グレイレベル10bit, ピクセルサイズ0.1mm)で、画像処理条件は左画像が従来のフィルム/スクリーン法に近い画像(GA: 1.2, GT: G, GC: 0.60, GS: 0.30, RN: 5, RT: P, RE: 1.0), 右画像が高周波成分を強調した画像(GA: 1.0, GT: A, GC: 0.60, GS: 0.00, RN: 5, RT: P, RE: 3.0)に設定した。撮影により得られた画像データは、デジタル情報としていったん画像編集用ワークステーションに保存された

Research Code No. : 207.I, 208.I, 521.9

Key words : Computer-aided diagnosis, Mammography

Received Jan. 13, 1998; revision accepted Apr. 27, 1998

Department of Radiology, University of Occupational and Environmental Health

後、順次画像記録装置中の光ディスクに保存される。コンピュータによる画像処理は、保存された画像データをシステム中に組み込まっている画像処理用ワークステーションCR station-1に転送し、さらにそこに含まれる画像処理ソフトVisilogに転送して処理を行った。なお画像処理ソフトの濃度分解能が8bit(256階調)であるのに対してCRの濃度分解能が10bit(1024階調)であるため、転送する際にbit数を10bitから8bitに変換する処理を行った。

画像処理ソフトによる微小石灰化候補の検出はmathematical morphologyの一種であるTophat処理を用いた⁶⁾。mathematical morphologyとは、本来はデジタル情報上における雑音(緩やかに変化している部分での急激な濃度変化)除去の際に用いられる数学的手法であり、dilation, erosion, opening, closingの4つの基本演算からなる。2値画像で考えた場合、dilationは1の画素の近傍を1に変え、erosionは0の画素の近傍を0に変換する。closingはerosionを行った後にdilationを行い、openingはdilationを行った後にerosionを行う。Tophat処理では原画像とclosing処理を行った画像との差分をとり、これに対して2値化を行い微小石灰化候補を検出している。金らの方法では微小石灰化が密に分布する領域を2値画像で表示しているが⁵⁾、今回の検討では2値画像として検出された微小石灰化候補にdilationによる拡大処理を加えた後で原画像上に重ねて表示した。さらにこの画像とコンピュータ処理を行っていない原画像とを見比べることができるように並べて配置した。またTophat処理におけるパラメータの設定は、繰り返し回数は1回、2値化の際の閾値は4とした。この閾値は、それよりも小さくすると無数の候補を検出してしまう可能な限りの小さな値に設定した。なお、技術上の制約からclosing処理の際に多重構造要素を用いる処理は行っていない。以上の画像処理が終了した後、レーザプリンタでフィルムへの出力を行った。画像処理用ワークステーションへの転送を開始してから最終的に処理後のフィルムを手にするまでに、1枚あたり約20分を要した。

2. 乳房ファントムにおける基礎的検討

1) ファントムの作成と撮影

予備実験として乳房ファントムには4cm厚のアクリル樹脂板を用いて、また微小石灰化として直径0.500, 0.354, 0.250, 0.210, 0.177, 0.122mmのグラスビーズ(SiO₂:70.8%, Na₂O:13.4%, CaO:8.7%, MgO:3.6%, Al₂O₃:0.33%, Fe₂O₃:0.27%)をそれぞれの大きさ別に1cm四方の中に10~12個ずつ集簇させ、2枚のセロハンで挟み、接着したものをアクリル樹脂板とIPの間に置いて撮影を行った。receiver operating characteristic(ROC)解析に使用する乳房ファントムは牛脂、牛肉の脂肪の部分と鶏肉ミンチを用いて自作した。牛脂を土台として使用できるように乳房陰影の形状に整え、また鶏肉ミンチに10%程度の牛脂を混ぜたものを乳腺陰影の形状に整えた。撮影は土台となる牛脂の上にミンチを重ねて行った。牛脂、ミンチはそれぞれ厚さを変えて3種類ずつ準備し、撮影の際にはこれらを組み合わせることで9種類、さらにdenseな乳房を再現するために牛脂の上にミンチを3枚重ね合わせたものを加えた合計10種類の厚さの異なる乳房ファントムを作成した。微小石灰

Table 1 Location of simulated microcalcifications on breast phantom

	0.354mm	0.250mm	0.210mm	Total
beef suet	0	0	5	5
boundary zone	0	3	8	11
ground chicken	9	6	3	18
dense area	1	1	4	6

化は直径0.354, 0.250, 0.210mmのグラスビーズを大きさ別に前述の方法で集簇させたものを用いた。微小石灰化を含む乳房ファントムを40例、微小石灰化を含まない乳房ファントムを40例撮影した。なお、一つの乳房ファントムには一つの集簇した微小石灰化巣を含み、その存在部位はファントムにより異なるようにした。微小石灰化集簇巣の配置をTable 1に示した。

2) アクリルファントムによる予備実験

0.500mmから0.122mmまでの6種類の微小石灰化集簇巣をアクリルファントムに重ねて撮影し、MMGにおける微小石灰化の描出とコンピュータ処理による検出について評価した。

3) 自作乳房ファントムによるROC解析

微小石灰化を含む乳房ファントム40例、微小石灰化を含まない乳房ファントム40例を用いてROC解析を行った。観察方法はMMG単独読影とCADを併用した読影であり、観察順序はMMG単独読影とCAD併用読影が混在するように提示した。確信度の判定は連続確信度法⁸⁾を用い、集簇した微小石灰化の有無について必ずあると確信した場合を100点として0~100点の判定を行わせた。観察に当たり、0点(明らかに異常信号を認めない), 50点(どちらともいえない), 100点(明らかに異常信号を認める)の3枚のフィルムを用いてトレーニングを行った。観察者は放射線科医8名であり、2名が卒後5年の放射線科医、6名が卒後6年以上の放射線科専門医である。観察時間は30秒とした。観察結果はMetzのLABROCを用いて観察者毎のROC曲線下の面積(Az)を推定し、Paired-t検定を用いてMMG単独読影とCAD併用読影における有意差検定を行った。次にROC解析で得られたデータを用いて各フィルム毎の正誤診によりsensitivity, specificity, false negative rate, accuracyを算出した。判定基準は微小石灰化集簇巣を含むフィルムは61点以上、含まないフィルムは40点以下を正解とした。また、MMG単独読影における乳房の背景別微小石灰化集簇巣の検出率を求めた。判定基準は61点以上を検出したものとした。

結 果

1. アクリルファントムによる予備実験

結果をTable 2に示す。MMGにおいて微小石灰化は0.177mmのものまでは集簇巣を構成する個々の微小石灰化が全て描出されたが、0.122mmのものでは全く描出されなかつた。コンピュータ処理において0.210mmのものまでは集簇巣を構成する個々の微小石灰化が全て検出されたが、0.177mmのものでは12個の微小石灰化中4個が検出される

Table 2 Detection of simulated microcalcifications on acrylic phantom by size

	MMG	CAD
0.500mm	10/10	10/10
0.354mm	10/10	10/10
0.250mm	10/10	10/10
0.210mm	10/10	10/10
0.177mm	12/12	4/12
0.122mm	0/12	0/12

MMG: mammography, CAD: computer-aided diagnosis

にとどまった。0.122mmのものでは全く検出されなかった(Fig.1)。

2. 自作乳房ファントムによる検討

1) コンピュータ処理による微小石灰化候補陰影の検出

微小石灰化を含めて撮影した乳房ファントム40例におけるコンピュータ処理による微小石灰化集簇巣の検出率をTable 3に示す。なお、今回のコンピュータ処理に用いた方法では個々の微小石灰化候補が検出されるのみで集簇巣としては指摘し得ない。そこで、1cm²に3個以上の微小石灰化候補が検出された場合に一つの集簇巣が検出されたものとして判定した。sensitivityは0.354mm、0.250mmでは100%であり(Fig.2)，0.354mmでは背景がdenseな領域においても個々の微小石灰化が全て検出されていた(Fig.3)。0.210mmのsensitivityは25%であった(Fig.4)。また、1cm²に2個以上の偽陽性の微小石灰化候補が検出された場合に一つの偽陽性の集簇巣が検出されたものとすると、偽陽性の微小石灰化集簇巣は1例当たり平均1.1個であった。

2) 微小石灰化集簇巣検出におけるROC解析

8名の観察者全体の検出能はCAD併用読影において優れる傾向が認められたが、有意差はなかった(Table 4)。次に

Table 3 Detection of simulated microcalcifications on breast phantom by size

	sensitivity
0.354mm (n = 10)	100%
0.250mm (n = 10)	100%
0.210mm (n = 20)	25%
total (n = 40)	63%

MMG単独読影におけるAzにより、観察者のAzを0.9以上および0.9未満の2群に分けて読影法別の検出能を比較した。Az ≥ 0.9群では読影法により有意差はなかったが、Az < 0.9群ではCAD併用読影において有意に検出能が良好であった(Table 5)。またAz ≥ 0.9群ではCAD併用読影によりsensitivity, false negative rateは向上していたが、specificity, accuracyの向上は認めなかった。Az < 0.9群ではsensitivity, specificity, false negative rate, accuracyともCAD併用により向上し、specificity, accuracyは検出能の比較的高い群(Az ≥ 0.90)の値に近づいていた(Table 6)。背景別微小石灰化集簇巣の検出は、0.250mmではdenseな領域で低下していた。0.210mmでは脂肪部分を除いて低下していた(Table 7)。

考 察

一般に放射線科医がX線画像を読影する際における異常の検出は、病変部と背景とのコントラストに寄与する所が大きい⁹⁾。MMG用性能評価用ファントムに使用されている材質はアクリル樹脂であるが、石灰化の検出を目的とする検討を行う場合には病変とのコントラストが極めて良好となり適切でない。今回のCADのファントム実験にあたっては、実際に臨床例で経験される様々な背景を呈する乳腺陰影をできるだけ再現する必要があり、このためにはファントム中の部位により病変部と乳腺部分のコントラストが異なり、さらに単一ではなく複数のファントムを準備することが望ましいと考えられた。

このような条件を満たすものとしてHigashidaら¹⁰⁾の検討では9例の手術にて切除された人体乳房を使用しているが、人体以外の物質を乳房ファントムに応用した報告はこれまでにない。今回の検討では新たに牛脂およびミンチを使用した乳房ファントムを考案し、実際の乳房X線像でみられる複雑な背景に近い画像を再現した。また、牛脂およびミンチのそれぞれについて厚さを変えたものを準備しそれらを組み合わせることで、脂肪に富んだradiolucentな乳房から乳腺の緊満したdenseな乳房までを再現することができた。微小石灰化としては、乳房撮影用X線装置の画質評価用に作成されたグラスビーズを使用した。グラスビーズの化学組成は臨床例で実際に観察される微小石灰化の組成に近付けてあり、主成分としてSiO₂を70.8%含有し、またCaOが8.7%含まれている。大きさは0.122～0.500mmの6種類であり、

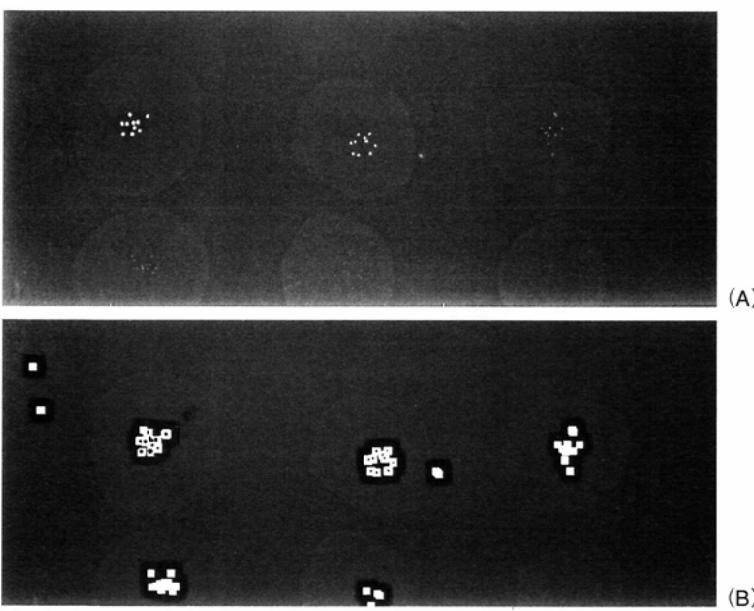


Fig.1 Images of simulated clustered microcalcifications on the acrylic phantom. (A)original image. (B)processed image.

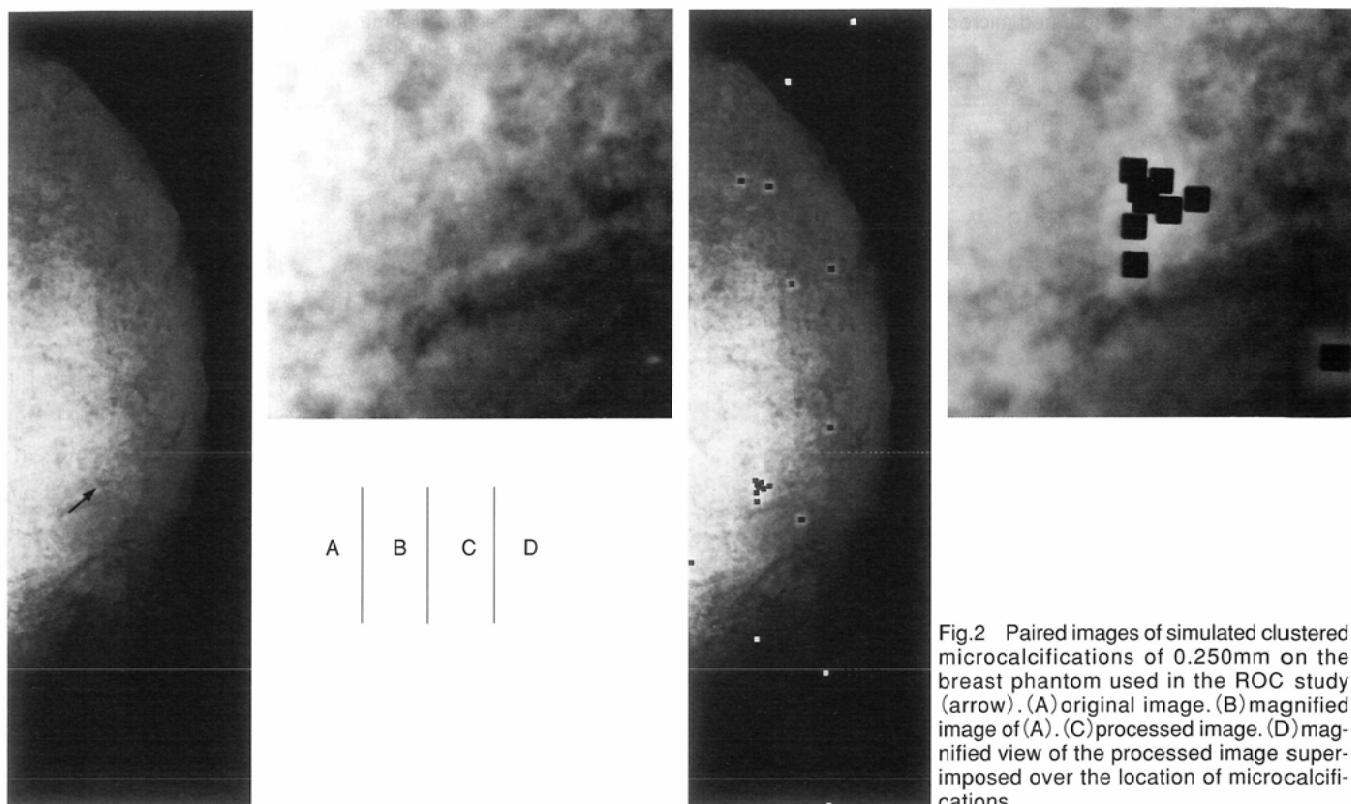


Fig.2 Paired images of simulated clustered microcalcifications of 0.250mm on the breast phantom used in the ROC study (arrow). (A) original image. (B) magnified image of (A). (C) processed image. (D) magnified view of the processed image superimposed over the location of microcalcifications.

それぞれの大きさ別に10~12個を1cm四方の中に集簇させて検討に使用した。

臨床例で実際に観察される微小石灰化の大きさは1mm以下, 0.1mm~0.5mm程度とされ, CRでは0.2mm程度以上の微小石灰化が観察可能である^{11),12)}. 悪性を示唆する所見は大きさについては大小不同, 浓度は濃いあるいは濃いものや淡いものが混在していることが多い. 今回の検討は微小石灰化の良悪性の鑑別よりはその検出に関する評価を目的としており, それぞれの大きさ別に集簇させて検討に使用した. 乳房の背景別微小石灰化集簇の検出は0.250mmにおけるdenseな領域, 0.210mmにおける脂肪部分と乳腺部分の境界, 乳腺部分及びdenseな領域において低下しており,

観察後の観察者の主観的な感想でもこれらの領域ではとくに集中力を高めた観察が必要であった. そこで見落としを防ぐシステムであるCADに必要とされる能力を考えてみると, 比較的大きな微小石灰化の場合には微小石灰化があるとの認識は容易な訳であり, むしろ注意深い観察が必要とされる0.210mmの微小石灰化やdenseな領域に重なる0.250mmの微小石灰化をコンピュータ処理により検出し, 読影者の注意を喚起することが必要と考えられた. 次に, コンピュータ処理における微小石灰化の大きさ別の検出について評価したところ, アクリルファントムでは0.177mmまで検出可能であった. しかし自作乳房ファントムでは0.210mmのsensitivityが25%と, 0.354mm, 0.250mmの100

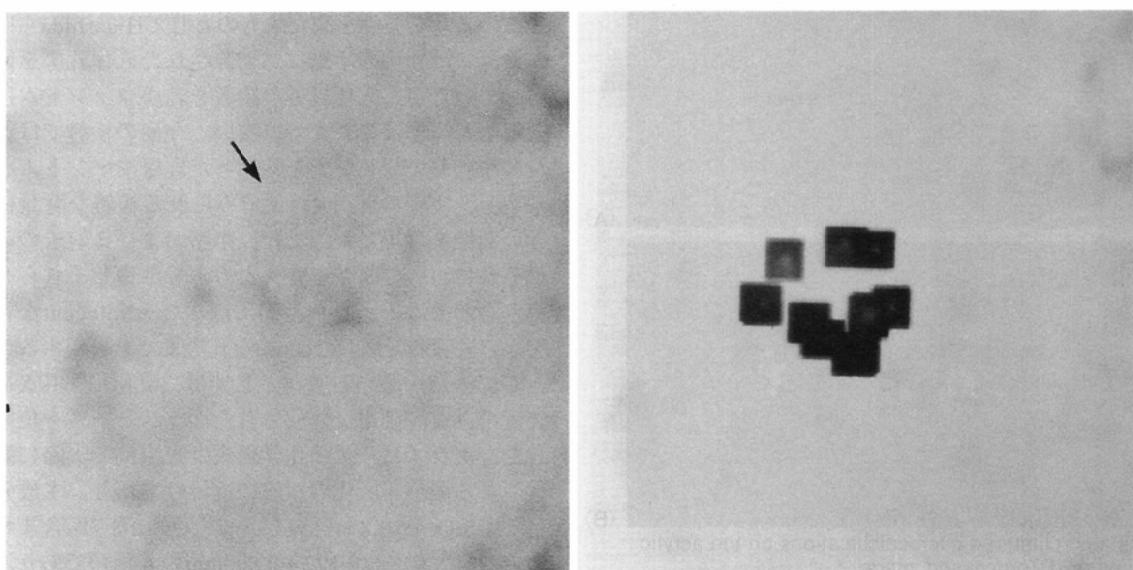


Fig.3 Magnified images of simulated clustered microcalcifications of 0.354mm on the breast phantom used in the ROC study (arrow). (A) original image. (B) processed image. All microcalcification are pointed out on the processed image inspite of the dense background.

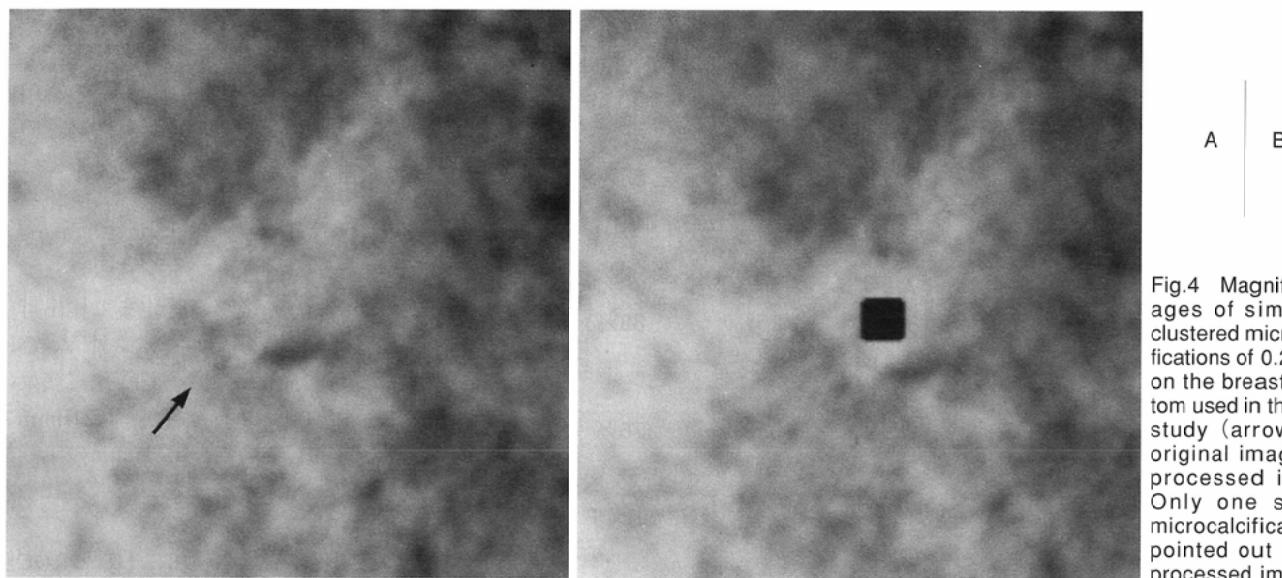


Fig.4 Magnified images of simulated clustered microcalcifications of 0.210mm on the breast phantom used in the ROC study (arrow). (A) original image. (B) processed image. Only one site of microcalcification is pointed out on the processed image.

%と比べ極端に低下していた。0.210mmの微小石灰化を含めて撮影した20例における背景別微小石灰化集簇検出状況は、脂肪部分は5例中3例、脂肪と乳腺の境界部分が8例中2例であった。これに対して乳腺部分(3例)やdenseな領域(4例)では集簇検出の判定基準を 1cm^2 に3個以上と定めた場合には1例も検出されておらず、コンピュータ処理の限界と考えられた。

Tophat処理による微小石灰化の検出は、X線画像上で微小石灰化の部分が局所的に急激な濃度変化を呈することを前提としており、検出に際しては差分画像における閾値の設定が大きな役割を持つ。しかし、アクリルファントムを用いてMMGを撮影したところ微小石灰化の大きさが小さくなるに伴って微小石灰化陰影は淡くなり、背景とのコントラストは低下していた。すなわち微小石灰化の背景が脂肪陰影か乳腺陰影かという点だけではなく、背景が同一であつたとしても大きさが小さくなればなるほど閾値設定による2値化処理が困難になっていくものと考えられた。背景の異なる場合の微小石灰化検出法として、奥野ら¹³⁾は背景の濃度勾配に応じた閾値設定法を提唱しているが、背景の同一な場合にわずかなコントラスト差を検出するためには、画像

データの濃度分解能を増加させが必要と考えられる。今回検討に使用した画像処理ソフトの濃度分解能は8bit(256階調)であるが、CRの濃度分解能は10bit(1024階調)を有している。今後はより大きな濃度分解能に対応する画像処理ソフトの登場が期待されるが、濃度分解能の増加は画像データ量の増加、ひいては処理時間の増加へつながり、コンピュータ技術の発展も不可欠である。

微小石灰化集簇の検出におけるROC解析の結果、観察者全体の検出能はMMG単独読影とCAD併用読影において有意差を認めなかつた。観察者をMMG単独読影における検出能により2群に分けた所、検出能の比較的高い群ではCAD併用により検出能の向上を認めなかつたが、検出能の比較的低い群ではCAD併用により有意に検出能が向上していた。今回のROC解析では微小石灰化集簇の検出について検討しており、良悪性の鑑別に関する評価ではない。しかし、狭い範囲に多数の微小石灰化が集簇している場合は悪性の可能性が高く、実際に乳癌検診に応用した場合においてもCADは検出能の比較的低い群即ち経験の浅い読影者において有効に作用することが期待される。これは、従来よりCADの利点として挙げられている見落としの減少、specificityの向上、読影時間の短縮¹⁴⁾に加えうる新たな利点と考えられた。なお、検出能の比較的高い群においてはCAD併用による検出能の向上はなかつたが、sensitivity, false negative rateは向上しており、この群においてもCADは見落としの減少に寄与するものと考えられた。しかしながら specificity, accuracyは低下しており、偽陽性の候補陰影を減らすような技術的な改善も必要と考えられた。

Table 4 Area under ROC curves(Az)for detection of simulated microcalcifications

observer	MMG (S.D.)	CAD (S.D.)
1	0.964 (0.020)	0.973 (0.020)
2	0.952 (0.025)	0.951 (0.027)
3	0.941 (0.030)	0.948 (0.027)
4	0.915 (0.033)	0.882 (0.043)
5	0.879 (0.040)	0.952 (0.026)
6	0.865 (0.042)	0.922 (0.034)
7	0.831 (0.048)	0.915 (0.036)
8	0.793 (0.052)	0.853 (0.045)
average	0.892 (0.061)	0.924 (0.040)

MMG: mammography, CAD: computer-aided diagnosis

Table 5 Area under ROC curves(Az)for detection of simulated microcalcifications by Az value

	MMG (S.D.)	CAD (S.D.)	P value
Az ≥ 0.9 group	0.943 (0.021)	0.938 (0.039)	0.687
Az < 0.9 group	0.842 (0.038)	0.911 (0.042)	0.002
Total	0.892 (0.061)	0.924 (0.040)	0.067

MMG: mammography, CAD: computer-aided diagnosis

Table 6 ROC parameters for detection of simulated microcalcifications by Az value

	Sensitivity	Specificity	FN rate	Accuracy
Az ≥ 0.90 group				
MMG	73%	89%	27%	87%
CAD	83%	86%	17%	86%
Az < 0.90 group				
MMG	56%	71%	44%	66%
CAD	75%	84%	25%	83%
Total				
MMG	65%	80%	35%	76%
CAD	79%	85%	21%	84%

Az: Area under ROC curves, FN rate: false negative rate, MMG: mammography,
CAD: computer-aided diagnosis

Table 7 Detection of simulated microcalcifications on breast phantom by size and location

	0.354mm	0.250mm	0.210mm
beef suet	-	-	83%
boundary zone	-	75%	47%
ground chicken	99%	71%	21%
dense area	100%	25%	16%

今後、乳癌検診にMMGが導入された際には大量の画像を読影する必要性が生じる。この対策としては、MMGについて知識と経験の豊富な医師の絶対数を増加させることが必要であるが、CADには大量の画像の読影を補助するシステムとしての働きが期待されている。今回の検討により微小石灰化の検出についてCADを併用した読影の有用性が明確になり、MMGを用いた乳癌検診へ応用できると考えられた。

文 献

- 木戸長一郎：画像診断による乳癌診断。癌と化学療法 18: 2217-2222, 1991
- 松江寛人, 村松幸男, 繩野繁, 他：乳癌X線診断の進歩。画像診断 11: 130-139, 1991
- Bird RE, Wallace TW, Yankastas BC: Analysis of cancers missed at screening mammography. Radiology 184: 613-617, 1992
- Thurfjell EL, Lernevall KA, Taube AA, et al: Benefit of independent double reading in a population-based mammography screening program. Radiology 191: 241-244, 1994
- Chan HP, Doi K, Vyborny CJ, et al: Improvement in radiologists' detection of clustered microcalcifications on mammograms; the potential of computer-aided diagnosis. Invest Radiol 25: 1102-1110, 1990
- 金 華栄, 小畠秀文：多重構造要素を用いたモルフォロジーフィルタによる微小石灰化像の抽出。電子通信学会 J75-D-II: 1170-1176, 1992
- Schmidt RA, Nishikawa RM: Clinical use of digital mammography; the present and the prospects. J Digit Imag 8: 74-79, 1995
- 白石順二, 山崎勝, 田中克尚, 他：カテゴリ分類を行わない評定方法(連続確信度法)を用いたROC解析の有用性。日放射学会誌 50: 1726-1734, 1994
- Kundel HL, Revesz G: Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error. AJR 126: 1233-1238, 1976
- Higashida Y, Moribe N, Morita K, et al: Detection of subtle microcalcifications; comparison of computed radiography and screen-film mammography. Radiology 183: 483-486, 1992
- 北浜博之：乳癌診断におけるCRマンモグラフィの有用性に関する研究—CRとフィルムスクリーン系との対比—。日本医放会誌 51: 547-560, 1991
- Millis RR, Davis R, Stacy A, et al: The detection and significance of calcifications in the breast; a radiological and pathological study. Brit J Radiol 49: 12-26, 1976
- 奥野健一, 小畠秀文, 繩野繁, 他：背景を考慮した適応的微小石灰化像抽出。JAMIT Frontier: 9-12, 1996
- 松本常男, 土井邦雄, 加野亜紀子, 他：コンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis; CAD)の肺癌集検への応用の可能性—読影実験による検討—。日本医放会誌 53: 1195-1207, 1993

結 語

1)微小石灰化の検出におけるCADの有用性について検討した。コンピュータ処理の結果を第2の意見として利用するためには、0.210mm~0.250mm程度の微小石灰化を検出し得る能力が必要であると考えられた。

2)コンピュータ処理は、アクリルファントムでは0.177mmの微小石灰化まで検出可能であった。自作乳房ファントムでは0.354mm, 0.250mmの微小石灰化集簇巣のsensitivityは100%であったが、0.210mmでは25%と低下していた。0.210mmの集簇巣は、乳腺部分やdenseな領域において検出されていなかった。

3)微小石灰化集簇巣の検出におけるROC解析の結果、観察者全体の検出能はMMG単独読影とCAD併用読影において有意差を認めなかった。観察者をMMG単独読影における検出能により2群に分けた所、検出能の比較的低い群でCAD併用により有意に検出能が向上していた。

稿を終えるに当たり、本研究の御指導、御校閲を頂きました産業医科大学放射線科学教室 中田 肇教授に深く感謝致します。また検討に御協力頂いた放射線科学教室の方々に心より感謝申し上げます。さらにファントムの作成、撮影に御協力頂いた放射線部森吉小織技師、小田綾弘技師ならびにコンピュータ処理に御教示頂いた富士写真フィルム(株)永田武史氏、富士メディカルシステム(株)松山和矢氏に心より感謝申し上げます。

また、ROC曲線の作成に当たりLABROCを使用させて頂いたDr.Metzに厚く御礼申し上げます。本研究の一部は第56回日本医学放射線学会(1997, 横浜)において発表した。