

Title	乳癌におけるCAD
Author(s)	内山, 良一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2002, 62(8), p. 409-414
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18965">https://hdl.handle.net/11094/18965</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 乳癌におけるCAD

内山 良一

シカゴ大学放射線科 カートロスマン放射線像研究所

### Current Status and Future of the CAD

#### Computer-Aided Diagnosis of Breast Cancer

Yoshikazu Uchiyama

Computer-aided diagnosis (CAD) is generally defined as a diagnosis made by a radiologist who takes into account computer output as a "second opinion". The computer output usually indicates the location of suspicious lesions such as microcalcifications or masses in mammograms, and also provides quantitative analysis of potential lesions, yielding measures such as the likelihood of malignancy. The purpose of CAD is to improve diagnostic accuracy and the consistency of radiologists' image interpretation by using such computer output as a guide. This article provides a brief overview of some CAD schemes used for breast cancer.

Research Code No.: 208.1

Key words: Computer-aided, Mammography, Technology

Received April 15, 2002

Kurt Rossmann Laboratories for Radiologic Image Research,  
Department of Radiology, University of Chicago

本論文は、日本医学放射線学会誌編集委員会が企画し、執筆依頼した。

別刷請求先  
5841 South Maryland Ave. Chicago, Illinois 60637  
The University of Chicago, Department Radiology  
内山 良一

### はじめに

近年の食生活の欧米化にともない、乳癌罹患率は、日本においても増加の傾向にあり、女性の癌死亡率の高位を占めるようになってきた<sup>1)</sup>。そのため、厚生労働省は「がん予防重点健康教育及びがん検診実施のための指針について」(老健法第65号)を一部改正し、「早期乳がん」を発見するためのより効率的な検査方法として、50歳以上の対象者に原則として2年に1度の視触診と、最も信頼性が高いとされるマンモグラフィによる検診を取り入れる方針を決めた。その結果、2000年4月1日からマンモグラフィを導入した乳癌検診が始まっている。

マンモグラフィ導入検診では、当然のことながら大量のマンモグラムの読影が必要になる。しかし、多くの医師が検診マンモグラムの読影に慣れていないことに対する不安や、今後の受診率の上昇に見合うだけの読影力を充足できるかといった読影力不足に対する不安がある。また、一人の医師に要求される画像読影枚数の増加により、病変の見落とし率が増えることも危惧されている。実際、マンモグラフィ検診がすでに行われている欧米では、マンモグラフィによる乳癌の診断において、約10~30%の見落としがあることが報告されている<sup>2)-4)</sup>。さらに、マンモグラフィによって乳癌が疑われた患者の中でバイオプシ検査の結果、実際に悪性となるのは15~30%に過ぎないとの報告もある<sup>5),6)</sup>。

そこで、コンピュータを用いて微小石灰化のクラスターや腫瘤などの見落としやすい病巣を検出し、その結果を医師に提示することによって見落とし率を減少させること、また、検出された病巣についての良悪性の鑑別が難しい場合には、コンピュータによる定量的データを提示することにより医師の判断を支援することが、マンモグラフィにおけるコンピュータ支援診断(CAD: Computer-Aided Diagnosis)の基本的な考え方である<sup>7)-9)</sup>。

本稿では、乳癌診断のためのコンピュータ支援診断について、マンモグラフィCADを中心に、これまで開発されてきた手法などを以下に解説する。

### コンピュータ支援診断元年

1998年はコンピュータ支援診断の歴史において記念すべき重要な年になった。R2テクノロジー社という米国のベンチャー企業が開発したマンモグラフィ専用のCADシステムImageChecker™ M1000 Systemが米国食品医薬品局(Food and Drug Administration: FDA)から臨床用装置として販売の許可を得て、ついに商品として米国内に販売され始めたからである(この装置は、2000年1月末に日本においても薬事法の許可を得ている)。このことは、コンピュータ支援診断に携わる研究者や企業、病院関係者にとって画期的な出来事であり国内外から注目を集めた。

ImageChecker™は、医師が読影を行う際に“乳癌に関連した特徴を持つ部位”を示すことによって医師の注意を喚起するシステムとして、コンピュータ検出支援システム(computer-aided detection system)と表現されている。ここでは、CADの「D」を「Diagnosis」ではなく、「Detection」として用いることにより、病変部に関する診断はあくまで医師が下すということを強調している<sup>10)</sup>。また、最近、同社以外にもIntelligent Systems Software(ISSI)社や、カナダの企業CADx Medical System社が商品化に成功するなど、マンモグラフィにおける乳癌検出のためのCADはすでに実用の段階にまで達している。

### マンモグラフィCADシステム

マンモグラフィCADシステムは、基本的にハードウェアとソフトウェアの2つの構成要素からなる。ハードウェア構成の例として、シカゴ大学で開発され、1994年11月8日から臨床テストが開始された世界最初のマンモグラフィ用CADワークステーションを紹介しよう<sup>7),8)</sup>(Fig. 1)。前述したR2テクノロジー社のImageChecker™や、他のCADシステムもこのシステムと基本的には同じハードウェア構成になっている。このシステムは、レーザデジタイザ(コニカLD4500)、高速ワークステーション(IBM Power Station 590)、高解像力CRTモニター、および40GBの光磁気ディスクライブラリから構成されている。集団検診では、1患者につき4枚のマンモグラムが撮影され、それらはレーザデジタイザで約2,000×2,000のマトリックスのデジタル画像に変換される。ピクセル寸法は100ミクロンで、グレイスケール数は1,024である。デジタル化された画像はコンピュータによって、微小石灰化のクラスターと腫瘍の候補を検出する分析が行われる。コンピュータによる分析の結果、乳癌と疑われる異常部位が検出されると、高解像力CRTモニターに表示されているマンモグラムに矢印などのマークによってその位置が示される。放射線科医はコンピュータの出力した異常部位を示すマークを確認したのち、マークの付いた部分をもとのマンモグラム上で再確認し、もし必要であれば最初の読影結果を修正することができる。

実際の検診では読影する写真のほとんどが病変を持たな



Fig.1 The intelligent CAD workstation of University of Chicago<sup>7)</sup>.

い正常画像であるため、CADシステムを集団検診に本格的に使用するには、CADシステムが異常陰影に対してのみ感度良く反応することが望ましい。このことを高い精度で実現するために重要となるのがソフトウェア部分である。

CADの研究は、基本的にはソフトウェアの開発であって、現在、世界中でさまざまな画像処理、認識のための手法が開発されている。ソフトウェアを機能によって分けると、(1)異常陰影マーキング：入力された放射線画像の中から異常が疑われる陰影をマークすることにより医師に注意を促す、あるいは明らかにマークがないことによって医師が容易にその画像を「異常なし」として排除できるようにする機能、(2)陰影の評価・分類：検出された陰影に対して、それが良性か悪性かの判定を医師が行うための判断材料となる評価値を求める機能に大別される。マンモグラフィCADにおいて対象となる陰影は、石灰化像(もしくは石灰化クラスター)と腫瘍影であり、それぞれ画像処理の手法が異なるのが普通である。

#### 1. 微小石灰化クラスター

マンモグラムにおける微小石灰化クラスターは、触診や腫瘍として検出される以前に早期乳癌の徴候として現れるため、その検出は極めて重要である。しかし、早期乳癌に関係する石灰化陰影は非常に微細であり、コントラストの小さいものが多いため、画像診断上ではしばしば見落としの原因になっている。そこで、微小石灰化クラスターをコンピュータによって検出し、その場所を医師に提示することは、乳癌の早期発見に有用な役割を果たすと考えられる。

微小石灰化クラスターを検出する方法は、これまでに数多く報告されている<sup>11)-19)</sup>。ここでは具体例として、三重大学で開発されているマンモグラフィCADシステムの微小石灰化のクラスターを検出する方法を紹介する。Fig. 2は、このシステムによる微小石灰化の検出画面を示している。この方法では、マンモグラムの石灰化陰影をその形状を保持したまま選択的に抜き出し強調するために、多重解像度分解を用いている<sup>20)</sup>。多重解像度分解を用いれば、画像を粗い解像度からなる部分画像にだんだんと分解することが

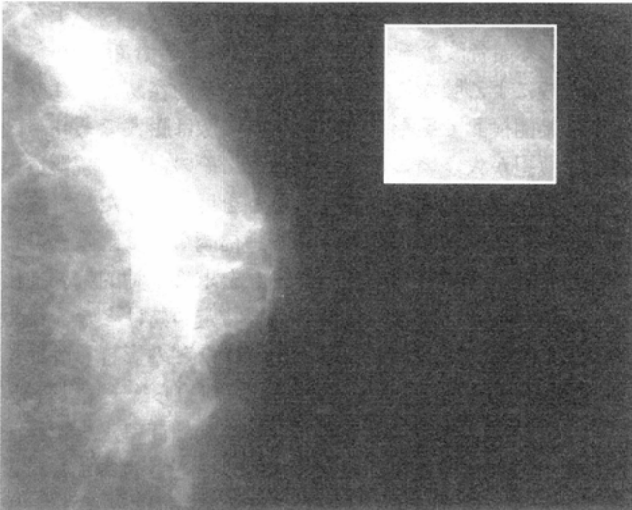


Fig.2 Illustration of computer output indicating the correct detection of clustered microcalcifications on mammogram.

可能であり、また、逆変換によってそれらの部分画像情報から元の画像を完全に再構成することができる。このような多重解像度空間で石灰化陰影を眺めた場合、詳細に見れば複雑な形状をしている石灰化陰影が、解像度が粗くなるにつれて局所凸な形状に近づいていき、最後に背景の大きな変動に吸収され、消滅する。ここでもし、それぞれの解像度の部分画像において局所凸形の位置が求められ、どの解像度の情報が石灰化陰影の強調に支配的かということが分かれば、そのような解像度の局所凸形を含んだ局所領域に対して重み付けを行い再構成することによって、石灰化陰影をその形状を保持したまま選択的に抜き出し強調することができる。次に、この手法によって微小石灰化成分が強調された画像に対して、閾値処理を行えば、微小石灰化の候補領域を決定することができる。しかし、実際には、乳腺の一部などの微小石灰化以外の擬似成分が候補領域として含まれるため、寸法などの特徴量を分析することにより、これらの偽陽性候補を取り除く処理が行われる。最終的には、このようにして検出された微小石灰化の候補の数が、単位面積当たり一定の数を超えた領域に対して、微小石灰化クラスターがあると判定される。

検出された石灰化陰影に対して、それが良性か悪性かを医師が判断するための客観的データを求める研究も盛んに行われている<sup>20)~25)</sup>。例えば、中山ら<sup>20), 21)</sup>は、前述した多重解像度分解による手法によって得られた石灰化陰影の正確な形状ならびに位置に関する情報を利用して、医師が実際に診断で用いている三つの特徴量である石灰化陰影の濃淡不揃い、大小不同、形状の歪さを正確に定量化する方法を開発している。また、山田ら<sup>22)</sup>は、びまん性、領域性、区域性、線状、集簇性などの石灰化陰影の分布情報を利用した良悪性鑑別手法を開発している。

## 2. 腫 瘍

腫瘍陰影は、大きさが約5mm以上で、微小石灰化陰影に

比べると比較的大きな孤立陰影である。しかし、腫瘍陰影のなかにはコントラストが非常に低いものや、その辺縁が乳腺組織などの正常構造に重なっているものなどが存在するため、その検出は決して容易ではない。また、悪性腫瘍としての特徴は、腫瘍の辺縁にあることから、辺縁の特性を正確に把握する必要がある。

このような腫瘍陰影の検出に対して、さまざまな方法が開発されている<sup>26)~29)</sup>。例えば、小畑ら<sup>26), 28)</sup>は、アイリスフィルタと呼ばれる独自のフィルタを用いることによって腫瘍陰影を強調している。このフィルタは、コントラストに無関係に周囲に比べて盛り上がった丸みを帯びた領域を強く強調し、血管影や乳腺などのように丸みを帯びていない領域に対しては、たとえコントラストが高くても、これを減弱するという特性を持っている。また、もう一つの特徴として、目の虹彩のように、対象となる腫瘍の大きさに適合してフィルタのサイズが自動調整するという特性も備えている。この二つの特性を持ったアイリスフィルタによって、マンモグラムの中から大きさやコントラストの異なる腫瘍陰影を選択的に強調することを実現している。

別のアプローチとして、左右乳房の非対称な箇所を見つけることによって腫瘍陰影を検出することも行われている。シカゴ大学で開発された腫瘍検出アルゴリズム<sup>27)</sup>では、左右のマンモグラムの位置合わせを行った後に、これらの差分像を求めるためにノンリニアサブトラクションと呼ばれる手法が用いられている。この方法は通常のサブトラクションよりも左右のマンモグラムの相違分を感度良く検出するために考案されたものである。この手法によって得られた差分像には、腫瘍以外の候補領域も含まれるため、すべての候補領域に対して、コントラスト、平均ピクセル値、寸法、円形度などの各種の特徴量を計算し、最終的に、ルールに基づく方法とニューラルネットワークを組み合わせた手法により、腫瘍とそれ以外の偽陽性候補を区別している。

## 性能評価

### 1. 検出性能

マンモグラフィCADシステムの性能評価は、通常、それぞれの開発グループが独自のデータベースで評価しており、数値のみによる単純な比較はあまり意味がない。例えば、実験に使用したデータベースの規模や、データベースに含まれている症例の難易度、あるいは正常と異常の割合などが性能評価の結果に大きな影響を及ぼす。しかしながら、参考までに標準的な数値をあげると、微小石灰化クラスターの検出性能は、真陽性(true positive: TP)率は90%程度で、そのときの偽陽性(false positive: FP)の数は、画像1枚当たり0.5個程度である。腫瘍陰影は、TP率が85%程度でFPの数は1個程度である。一般的な傾向として、微小石灰化クラスターの検出性能に比べて、腫瘍陰影の検出性能は多少低いことが報告されている。

## 2. CADの効果

コンピュータの出力結果を“第二の意見”として利用することによって、医師の診断の正確度が向上するかどうかを調べるための読影実験が行われている。微小石灰化陰影の検出を対象とした初期の実験としては、Chanら<sup>30)</sup>の報告がある。ここでは、検出能力の異なるCADシステム(①: TPが87%でFP数が画像1枚当たり4個のものと、②: TPが同じく87%でFP数が1個のもの)を用い、医局員7人と専門医8人によるオブザーバー実験が行われている。実験では、「医師による読影」、「医師とCADシステム①を利用した読影」、「医師とCADシステム②を利用した読影」のそれぞれに対する検出能力がROC解析を用いて分析されている。ROC解析の結果によれば、CADシステムを用いない通常読影結果よりもCADシステムを利用した読影結果のほうが、検出性能が向上することが示されている。また、CADシステム②を利用したほうがCADシステム①を利用した場合よりも高い検出性能が得られることが報告されている。このことは、医師の見落した症例をCADシステムによって検出できること、さらに、性能のより高いCADシステムを利用したほうがCADによって得られる効果が大きいことを示している。

良悪性の鑑別に対するCADの効果に関しては、Jiangら<sup>31)</sup>の報告がある。ここでは、生検により、良悪性の確定診断が行われた微小石灰化クラスター104症例(悪性46, 良性58)を用い、5人の医局員と5人の専門医によるオブザーバー実験が行われている。実験では、「医師による良悪性の鑑別」「CADシステムの出力を“第二の意見”として参考にした医師による良悪性の鑑別」のそれぞれに関して鑑別能力の比較が行われており、CADシステムを利用したほうが高い鑑別性能が得られることが示されている。

また、腫瘍を対象とした読影実験としては、岐阜大学の報告がある<sup>32)</sup>。ここでは、マンモグラム講習会で使用された画像170症例の中から腫瘍陰影を含む画像58枚を用い、医師40名の読影結果と岐阜大学で開発されたCADシステムの検出結果の比較が行われている。「医師が検出したもの」、「医師もコンピュータも検出したもの」、「コンピュータのみが検出したもの」、「両者ともに検出できなかったもの」に分類して比較が行われており、CADシステムの利用によって腫瘍の検出性能が、平均で16%向上する可能性があることが示されている。

### 乳腺超音波CADシステム

マンモグラフィは微小石灰化病変を検出するのに適しているのに対し、組織分解能に優れた超音波画像は腫瘍性病変の大きさやひろがり把握するのに適しているといわれている。特に、50歳以下の若年層のマンモグラムは脂肪の混在が少なく均一な軟部組織濃度を呈することが多い。このようないわゆるデンスプレストのマンモグラムから腫瘍性病変を検出することは、多くの場合極めて困難とされて

いる。そのため、若年層の乳癌の早期発見には、マンモグラムに比べて超音波診断が有用であるとの報告もある<sup>33), 34)</sup>。

超音波による腫瘍性病変の検出は比較的容易とされているが、集団検診で撮影される超音波画像は膨大であり、読影医の負担が大きいのが現状である。そのため、読影負担の軽減と見落としを減少させることを目的とした超音波診断支援システムが開発されている。福岡ら<sup>35)</sup>は、陰影の輪郭に最も近い形状の輪郭線パターンを求める動的輪郭抽出法を用いることにより、陰影の領域特定の妨げとなる後方エコーの欠損や内部エコーの不均一さなどの影響を受けにくい自動検出法を用いている。また、伊東ら<sup>36), 37)</sup>は超音波の新しい技術として、取り込んだ断層画像群に走査で移動した探触子の位置および角度の情報を対応させることによって超音波三次元画像を生成し、乳腺組織のなかから、腫瘍を三次元的に抽出する方法を開発している。

超音波画像の優れた組織分解能を利用した良悪性の鑑別も行われている。前述した伊東らは、三次元的に抽出した腫瘍陰影の三次元縦横比、表面の滑らかさ(または粗さ)などの特徴を定量的に解析することによって、検出された陰影の良悪性の鑑別を行っている<sup>37)</sup>。長澤ら<sup>38)</sup>は、陰影の形状、形態、位置、エコー、テクスチャなどの28項目の特徴量を分析することにより、乳癌、線維腺腫、嚢胞の自動分類を行うシステムを開発している。

### 今後の課題

マンモグラフィCADシステムが世界で初めて商品化されたことは、乳癌画像診断のためのCADシステムが、放射線画像の中では最も早く本格的な実用化を果たしたことになる。しかしながら、まだ多くの解決しなければならない問題がある。まず、異常陰影の検出に関しては、マンモグラム腫瘍陰影の検出精度の向上がある。微小石灰化陰影の検出は、臨床試験においても比較的良好的な結果が報告されているが、腫瘍陰影の検出性能は、まだまだ不十分であり改良の余地が残されている。

開発したCADシステムの性能を客観的に評価するための共通データベースも必要である。前述したように、CADシステムの開発は、通常、それぞれの開発グループ独自のデータベースによって行われており、その性能は開発に用いたデータベースに強く依存したものになっている。そのため、CADシステムを相互に比較・評価するには、開発したものとは異なる大規模な共通データベースが必要である。

最後に、将来の可能性として、総合的なCADシステムへ向けての研究が興味深い。この数年間、主に大学病院や大規模病院を中心に医療情報の電子化が急速に進んでおり、各種画像や臨床データの情報交換が容易になりつつある。このことは、これまで述べてきたマンモグラムや超音波画像のためのCADシステムに加え、MRI画像情報や各種臨床データなども加えた総合的な解析が行えるCADシステムの実現が可能になることを意味している。現在のマンモグラ

フィCADシステムは、見落としやすい病変の検出を支援するという枠組みにおいて実用化された。今後、このCADシステムを、さらに合理的で質の高い医療を提供するための支援システムへと発展させるには、医師側と技術者側が互いに議論を重ねることが必要と考えられる。

---

### おわりに

---

マンモグラフィにおける乳癌検出のためのCADシステムは、すでに実用の段階に達している。今後、このCADシステムを大きく発展させていくための鍵は、実際に臨床でCADシステムを使用する医師の意見にあると思われる。医師側から技術者側に多くのフィードバックが与えられ、将来、CADシステムが、医師の診断に不可欠なツールとなっていくことを期待する。

---

### 文 献

- 1) 国民衛生の動向・厚生の指標. 臨時増刊 48(9):752, 52-53, 2001
- 2) Harvey J, Fajardo L, Innis C: Previous mammograms in patients with impalpable breast carcinoma: Retrospective vs.

- blinded interpretation. Am J Radiol 161, 1167-1172, 1993
- 3) Bird RG, Wallace TW, Yankaskas BC: Analysis of cancers missed at screening mammography. Radiology 184(3): 613-617, 1992

- 4) Elmore J, Wells C, Lee C, et al: Variability in radiologists' interpretations of mammograms. *N Engl J Med* 331: 1493-1499, 1994
- 5) Kopans DB: The positive predictive value of mammography. *Am J Radiol* 158: 521-526, 1991
- 6) Adler DD, Helvie MA: Mammographic biopsy recommendations. *Current Option in Radiology* 4: 123-129, 1992
- 7) 土井邦雄: マンモグラフィのコンピュータ支援診断装置の現状と将来の可能性. *日本乳癌検診学会誌* 5: 149-155, 1996
- 8) 土井邦雄: 放射線医学における画像技術-新しい世紀への期待. *日本医放会誌* 55(臨時増刊・13), 475-486, 1995
- 9) Doi K, Machahon H, Katsuragawa S, et al: Computer-aided diagnosis in radiology: potential and pitfall, *Euro J Radiol* 31: 97-109, 1999
- 10) 藤田広志: マンモグラフィにおけるコンピュータ支援診断(CAD)システムの現状と問題点. *乳癌の臨床* 15: (6), 635-646, 2000
- 10) 長谷川玲: マンモグラム読影のための新しい道具-ImageChecker, *INNERVISION* 10: 7-11, 1999
- 11) 平子賢一, 藤田広志, 原 武史, 他: 乳房X線写真における微小石灰化像検出フィルタの開発. *信学論 J78-D-II* 9: 1334-1345, 1995
- 12) 奥野健一, 小畑秀文, 縄野 繁, 他: 適応的しきい値を用いた微小石灰化像検出システムの開発. *Med Imag Tech* 14 (6): 27-32, 1996
- 13) 萩原義裕, 小畑秀文, 縄野 繁, 他: モルフォロジカルフィルタの改良による乳がん微細石灰化像検出システムの高度化. *Med Imag Tech* 18(6): 795-804, 2000
- 14) 関和泰, 藤田広志, 平子賢一, 他: ニューラルネットワークを用いた乳房X線写真における微小石灰化像の検出, *Med Imag Tech* 15: 639-651, 1997
- 15) Strickland RN, Hahn HI: Wavelet transforms for detecting microcalcifications in mammograms. *IEEE Trans Med Imaging* 15(2): 218-229, 1996
- 16) Chan HP, Doi K, Galhotra S, et al: Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography. 1. Automated detection of microcalcifications in mammography. *Med Phys* 14: 538-548, 1987
- 17) Nishikawa RM, Giger ML, Doi K, et al: Computer-aided detection of clustered microcalcifications: An improved method for grouping detection signals. *Med Phys* 20: 1661-1666 1993
- 18) Yoshida H, Doi K, Nishikawa RM et al: An improvement computer-assisted diagnostic scheme using wavelet transform for detecting clustered microcalcifications in digital mammograms. *Acad Radiol* 3: 621-627, 1996
- 19) Uchiyama Y and Yamamoto K: Enhancement of microcalcifications in mammograms using dyadic wavelet analysis. *Med Imag Tech* 17(3): 261-271, 1999
- 20) Nakayama R, Uchiyama Y, Yamamoto K, et al.: Discrimination of malignant and benign microcalcification clusters on mammograms. *コンピュータ支援画像診断学会論文誌* 3: (3), 1999
- 21) 中山良平, 内山良一, 山本皓二, 他: マンモグラムにおける微細石灰化クラスターの良悪性鑑別システムの開発. *日放技学誌* 56(3): 391-397, 2000
- 22) 山田章嗣, 原武史, 藤田広志, 他: マンモグラムCADにおける石灰化の分布形態を考慮した良悪性鑑別法の開発. *Med Imag Tech* 17(4): 425-426, 1999
- 23) Jiang Y, Nishikawa RM, Wolverton DE et al: Malignant and benign clustered micro-calcifications: Automated feature analysis and classification, *Radiology* 198: 671-678, 1996
- 24) Shen L, Rangyyan RM, Desautels JEL: Application of shape analysis to mammographic calcifications. *IEEE Trans Med Imaging* 13(2): 263-274, 1994
- 25) Chan HP, Sahiner B, Petrick N, et al: Computerized classification of malignant and benign microcalcifications on mammograms: Texture analysis using an artificial neural networks. *Phys Med Biol* 42, 549-567, 1997
- 26) Kobatake H, Murakami M, Takeo H, et al: Computerized detection of malignant tumors on digital mammograms. *IEEE Trans Medical Imaging* 18(5): 369-378, 1999
- 27) Yin FF, Giger ML, Doi K, et al: Computerized detection of masses in digital mammograms: Analysis of bilateral subtraction image. *Med Phys* 14: 538-548, 1987
- 28) 小畑秀文, 村上正行: アイリスフィルタとその特性解析, *計測自動制御学会論文誌* 34(4): 326-332, 1998
- 29) 磯辺義明, 大久保なつみ, 山本真司, 他: 孤立性陰影抽出用Quitフィルタの性質とその乳房X線陰影抽出への応用. *電子情報通信学会論文誌 J76-D-II*(2): 279-287, 1993
- 30) 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(10): 1102-1110, 1990
- 31) Jiang Y Nishikawa RM, Schmidt RA et al: Improving breast cancer diagnosis with computer-aided diagnosis, *Acad Radiol* 6: 22-33, 1999
- 32) 福岡大輔, 原 武史, 遠藤登喜子, 他: 乳房X線写真における医師の読影とCADシステムの検出結果との比較. *日放技学誌* 56(3): 436-442, 2000
- 33) 植野 映: 超音波の検診での使い方. *日本乳癌検診学会誌* 5 (2): 157-172, 1996
- 34) 北濱博之, 中込 誠, 阿倍文子, 他: 超音波検診による乳癌検診の有用性の検討. *日本乳癌検診学会誌* 8(2): 109-144, 1999
- 35) 福岡大輔, 原 武史, 藤田広志, 他: 初期輪郭の自動生成と制御点の統合を含んだ動的領域輪郭抽出法. *信学論 (D-II)*, J81-D-II(6): 1448-1451, 1998
- 36) 伊東紘一: US-三次元超音波像(3D echography), *臨床放射線* 41(臨時増刊号): 1415-1422, 1996
- 37) 程相 勇, 秋山いわき, 伊東紘一, 他: 超音波3次元画像を用いた乳腺腫瘍診断システム. *信学論 (D-II)*, J-81-D-II (6): 1402-1410, 1998
- 38) 長澤 亮, 久保田光博, 小林久雄: 超音波乳房画像診断システム開発の現状. *新医療* 25(7): 132-135, 1998