

## マンモグラフィ CAD システムの現状 Present Status of Mammography CAD System

藤田 広志\*  
Hiroshi FUJITA

### 要 旨

本稿では、放射線医学領域において世界で最初に商況化に成功したコンピュータ支援診断 (CAD) 装置であるマンモグラフィ CAD の開発の現状を解説する。また、その開発の歴史に言及し、CAD 技術をハードウェアとソフトウェアの観点から説明する。商品化に成功したコンピュータ支援検出 (CAD) 装置を簡単に紹介する。さらに、CAD システムの性能評価に触れ、日本のマンモグラフィ検診の現状と CAD の利用について説明し、最後に、デジタルマンモグラフィ撮像装置とマンモグラフィ CAD の融合について言及する。

キーワード：乳房 X 線写真，コンピュータ支援診断 (CAD)，コンピュータ支援検出 (CAD)

The present status of the developments of mammography computer-aided diagnosis (CAD) system, which is the firstly commercially available CAD system in radiology field in the world, is reviewed in this article. The history of the CAD developments for mammography and the CAD technology in terms of software and hardware are explained. The computer-aided detection (CAD) systems successfully commercialized are also introduced shortly. Moreover, the performance evaluation of the CAD system is described and then the status of mammography screening in Japan and the CAD applications are explained. Finally the fusion of digital mammography imaging apparatus and mammography CAD is discussed.

**Key words:** Mammography, Computer-aided diagnosis (CAD), Computer-aided detection (CAD)

Med Imag Tech 21(1): 27-33, 2003

### 1. はじめに

乳房 X 線写真 (以下、マンモグラフィ) における画像解析の研究の世界最初と考えられる論文は、1967 年に発行の Radiology 誌に掲載された Winsberg らのものである [1]。このときの画像の濃度分解能は高々 4 ビット (16 階調) であったが、医師のマンモグラフィ画像の読影と同じように、左右の乳房 X 線画像の比較処理で腫瘤陰影の検出を行っており、技術的には興味深い内容の研究がすでに行われていた。また、ゼロマン

モグラフィ (Xeromammography) における異常領域の検出や鑑別に関する研究も 1970 年代に行われていた [2, 3]。これらの一連の研究は、マンモグラフィに限らないが、自動診断という概念で研究が行われきた。その後、注目に値するのは、1980 年代におけるシカゴ大学の土井教授らの研究であり [4]、これはコンピュータ支援診断 (CAD: computer-aided diagnosis) という視点にたった研究であった。そして、1990 年代には、世界中のたくさんの研究者がマンモグラフィ CAD の開発に携わるようになっていく [5]。マンモグラフィ CAD を中心的なテーマとして取り扱ったデジタルマンモグラフィの国際ワークショップ (International Workshop on Digital Mammography) が設立されたのが 1992 年であり、2002 年にはドイツ・ブレーメンで第 6 回目が開催され

\* 岐阜大学大学院 医学研究科再生医科学専攻知能イメージ情報部門 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1): Department of Intelligent Image Information, Division of Regeneration and Advanced Medical Science, Graduate School of Medicine, Gifu University.

e-mail: fujita@fjt.info.gifu-u.ac.jp

論文受付: 2002 年 11 月 11 日

最終稿受付: 2002 年 12 月 20 日

た〔6〕。

一方、国内におけるマンモグラフィCADシステムの開発を見ると、1980年代後半における木戸らによる研究では、すでにシステムを構成しており〔7〕、わが国における先進的なマンモグラフィCAD開発の研究として大変に興味深い。1990年代前半には、1989年12月に設立されたコンピュータ支援画像診断システム研究会が1992年にはコンピュータ支援画像診断学会〔8〕となり、この学会が発刊したCRマンモグラフィによる画像データベースを利用したマンモグラフィCADの研究報告がいくつか行われている〔9〕。1990年代後半には、東京農工大の小畑ら〔10〕(CR対応型)や岐阜大の筆者ら〔11〕が、企業とも共同でシステム開発を行っている。

1998年をCAD元年と呼ぶことができる〔12〕。その理由は、米国のベンチャー企業が開発した検診マンモグラフィ専用のCADシステムが米国のFDA(食品医薬品局)の認可をこの年に取得し、米国内で商品としてついに販売することに成功したことに起因している〔13〕。これは世界で最初のCADシステムであり、その成功例がマンモグラフィCADであった。

これまでにマンモグラフィCADに関する解説記事は、すでにたくさんの学会誌や商業誌に掲載されており〔12, 14 ~ 19〕、また、医療技術系の教科書でも取り扱われるようになってきている〔20, 21〕。そこで、本稿では、“その後のマンモグラフィCADの研究開発の動向”という点にも焦点をおいて解説する。なお、マンモグラフィCADに関するトピックスを年表にまとめるとTable 1のようになる。

## 2. マンモグラフィCADシステムの技術

### 1) CADシステムのハードウェア構成

マンモグラフィCADシステムの基本的な構成は、ハードウェア部では、フィルムディジタイザ、コンピュータ、結果表示用モニターである。フィルムディジタイザは、マンモグラフィに関しては、他の放射線画像とは事情が異なり、まだ、デジタル画像が主流になっていないために必要である。当面はこの状況が続くと予想されるが、後述するように、いまこの状況も変わ

りつつある。結果表示用モニターは、CADの結果を医師に提示するもので、パソコンあるいは読影専用のモニターを利用したり、特別なモニターを使う場合もある。しかし、モニターを利用せず、プリンタで紙に出力したり、マンモグラフィ画像とともにレーザーイメージャで読影画像とともにフィルムに出力するような試みもある。これらのCADの結果表示資料は、高輝度シャーカステンを利用した読影用のマンモグラフィ画像(フィルム)と併用して用いられる。

### 2) CADシステムのソフトウェア技術

ソフトウェア部の開発がCAD技術開発の中核である。これまでに商品化されているものは、腫瘤陰影(およそ直径5mm以上の類円形の病変)と微小石灰化クラスタ(およそ1mm以下の微小石灰化が小領域の中に集ぞくして存在する病変)が検出対象になっている。これらの病変部の検出方法については、“ありとあらゆる”と言っても過言ではないほど、たくさんの工学的な手法が試されている。通常は、検出の段階で、見落としがないようにできるだけたくさんの候補を拾いあげ、その後に偽陽性候補の削除処理が行われる。また、検出候補をがん陰影だけに絞り込んで結果表示をする場合もあれば、良性候補の重要なもの(検診で拾いあげが要求されるもの)もがん候補とともに結果表示する場合もある。あるいは、マンモグラフィ商用機ではまだ実現されていないが、良悪性の鑑別の結果も含めて表示するシステムの開発がなされている。

以上の2つの病変以外にも重要なのが、構築の乱れ(architectural distortion)という病変である。その出現の割合は腫瘤や微小石灰化病変のように多くはないが、最近増える傾向にあり、検出対象としてCADシステムに本格的に導入されることが望まれている。商用機などでは、構築の乱れも検出される場合もあるが、これは腫瘤陰影の候補として拾いあげられるものであり、構築の乱れでも腫瘤を形成していない初期のタイプについては、現在、研究が続けられている段階である〔22〕。

これらの病変を検出する際に、周辺の開発テーマとして、乳頭部、胸壁、スキンライン、乳腺領域などの乳房構造を詳しく認識(“画像処理による解剖”)する処理技術も必要である。

**Table 1** Historical event on the topics of mammography CAD system.

1967年 8月	Radiology 誌に Winsberg らのマンモグラフィ画像解析の論文が掲載〔1〕
1987年 7月	Medical Physics 誌にシカゴ大学 Chan & Doi らのマンモグラフィ CAD を視点とした論文が掲載される〔4〕
1994年 11月	シカゴ大学にてマンモグラフィ用 CAD ワークステーションの臨床テスト開始〔15〕
1998年 6月	米国 R2 Technology 社の ImageChecker System が検診用 CAD 装置として世界で初めて米国 FDA(食品医薬品局)の承認獲得〔25〕
2000年 2月	R2 Technology 社の ImageChecker System が日本における販売許可(厚生省薬事)の取得〔25〕
2000年 12月	米国議会にて CAD を利用した検診マンモグラムに対する保険による医療報酬請求の承認(2001年4月から開始)
2001年 6月	R2 Technology 社の ImageChecker System の診断マンモグラフィへの FDA 拡張の承認〔25〕
2001年 12月	RSNA のオープニングセッションにおいて Dr. R.A. Schmidt がマンモグラフィCADについて講演
2002年 1月	米国 Intelligent Systems Software, Inc. の MammoReader CAD システムが FDA の承認獲得〔26〕
2002年 2月	カナダの CADx Medical Systems 社の Second Look CAD システムが FDA の承認獲得〔27〕
2002年 4月	R2 社 CAD の GE メディカルシステム社のデジタルマンモグラフィ装置に対する FDA の承認獲得〔25, 38〕
2002年 7月	R2 Technology 社の ImageChecker CAD システムの販売台数が 500 台に達する〔25〕

最近の新しい発想による CAD として、過去症例の画像データベースから類似症例を検索して診断を支援する「検索型のマンモグラフィ CAD の試み」も、今後、有望な手法である〔5, 23〕。RSNA2001 では、大量のデジタル画像データベース(MR & CT)から類似症例をインターネット上で検索して医師に提示するタイプの CAD システム「ImageMatch」を、MD OnLine〔24〕という企業が興味深い展示を行い、評判を呼んだ。

今後、マンモグラフィ CAD システムに要求される技術は、病変検出性能の向上、構築の乱れなどの病変検出への対応、良悪性鑑別機能の追加、CAD の結果に対する説明機能の追加、自動学習型 CAD の開発などである。

### 3. コンピュータ支援検出 (CAD)

これまでに米国の FDA の認可を得て、米国内で商品として販売できるマンモグラフィ CAD システムは、以下で説明する 3 つであり(2002.10 現在)、今後もそのような商品が続々と出現すると想定される。ただし、これらの企業では、CAD の「D」を、診断 (diagnosis) の D ではなく、検出 (detection) の D として、コンピュータ支援検出 (computer-aided detection) の意味で CAD の用語を使用している点に注意が必要である。これはまさに病変の存在の可能性の候補位置を医師

に示すのみであり、良悪性の鑑別のような処理は行わないものである。

#### 1) ImageChecker

世界で最初に商品化に成功した CAD システムは、1998 年に米国で FDA の審査に合格したベンチャー企業 R2 Technology, Inc. の検診用マンモグラフィ (フィルムをデジタル化したものが対象) の CAD システム「ImageChecker System」である〔13, 25〕。本システムは、シカゴ大学でそれまでに開発されてきたマンモグラフィ CAD 技術がベースになっている。同社のマンモグラフィ CAD は、すでに 500 台を超えており、約 500 万枚のマンモグラムが世界中で処理されているという(2002.11 時点の同社のホームページより)。1998 年の FDA の認可は、マンモグラフィ検診画像を対象に限られていたが、2001 年 6 月には、一般の診断におけるマンモグラフィ画像にも認可がおりている。

さらに、注目し得る点は、2000 年 12 月の米国議会で、R2 社のような CAD の利用に対して 2001 年 4 月から、保険の適用が可能と決定されたことであり、CAD の利用に拍車がかかる強い要因となっている。

#### 2) MammoReader

2002 年 1 月に、米国の Intelligent Systems Software, Inc. (通称 "ISSI") (icad, inc. に社名変更) が

開発した「MammoReader」が、FDAの認可を得ている〔26〕。これは、2番目のFDA認可のCADシステムとなった。

### 3) Second Look

2002年の2月には、カナダのCADx Medical Systems社の「Second Look」というマンモグラフィCADシステムがFDA認可を得ている〔27〕。元来システムを開発していたのは、米国のベンチャー企業（Qualia Computing社）である。

なお、ヨーロッパではFDAのような政府の厳しい認可は不要なので、R2社のシステムも上記以前にすでに臨床的に利用されていた。また、米国では販売されていないが、ヨーロッパの企業が欧州内で商品化しているCADシステムも存在している。本邦では、富士写真フイルムとコニカが独自に大学や医療機関との共同研究を続けており、商品化に至るには、それほど長い時間はかからないと予想される。

## 4. システムの性能評価

### 1) 初期の性能評価

CADシステム開発の初期の段階では、限定された画像データベースを利用して、真陽性（true positive, TP）率と偽陽性（false positive, FP）候補数（画像1枚当たり）で評価が行われる。微小石灰化クラスタについては、TPが約90%でFPが0.5個程度であり、腫瘍陰影についてはTPが約85%でFPが1個程度の性能が最近の最低の“標準値”であるといえる。前者に比べて後者の性能が悪いので、さらなる改善が望まれる。なお、難波らは、現状の性能のCADについては、微小石灰化についてのみCADを利用し、デンスプレストが多いという本邦女性の腫瘍については超音波検査を併用する診断法について議論している〔28〕。

### 2) ROC解析

もっともよく利用される有効的なCADの評価方法は、ROC(receiver operating characteristic)解析による手法である。すでに、いくつかの論文で、CADを用いると医師の検出性能〔29〕や鑑別性能〔30, 31〕が向上するという結果が報告されている。縦軸に真陽性率（感度）をプロットし、横軸に偽陽性数をプロットするとき、これは

FROC曲線（free-response ROC curve）と呼ばれ、CADのシステム自体の性能評価によく用いられる。

たとえば、Nawanoらは〔29〕、CR用に開発されたCADシステムを医師が利用したときの乳がんの検出性能をROC解析で評価した有効的な例を報告している。また、Chanらによる報告では〔30〕、マンモグラフィ上の腫瘍陰影の良悪性の鑑別診断において、CADを利用すると診断性能が向上することを示していると同時に、単方向から撮影されたマンモグラムでの読影よりも、異なる2方向から撮影された2枚のマンモグラム（左右を併せると計4枚）で読影する方が、CADを用いない場合でも用いた場合でも、診断性能が向上することをROC曲線で示している。微小石灰化クラスタの良悪性鑑別においても、Jiangらはニューラルネットワークを用いた解析手法で〔31〕、ROC解析によってCADを用いる有効的な効果を示している。むしろ、コンピュータ単独の方が、医師がCADを利用する以上のレベルであるという結果を示唆している。

### 3) 臨床的な評価

上記の評価法は、病変の確定診断がすでに行われている画像データを用いるケースがほとんどで、これはまだ研究室内での実験段階である（retrospective study）。これに対して、臨床的な評価の段階では、まだ病変の最終診断が確定されないケースが増え、評価結果が出るまでにはある程度の時間がかかる（prospective study）。臨床評価では、たとえば、集団検診でのCADの利用によって、精密検査件数が増えなかったかどうかや、あるいは良悪性の鑑別診断において、CADを用いることによるFP候補の影響で、バイオプシ（biopsy）検査が増加しなかったかどうかのような評価も加わることになる。CADを利用することによる読影時間の増減も評価項目である。また、CADの結果の医師への提示法（読影画像とCAD結果の直列提示か並列提示かなど）による結果の相違の検討も興味ある評価内容である。最近の報告では、がん病変が検出された時点よりも過去の症例で、すでにCADがそのがんを指摘しているという興味あるまた重要な結果が出されている。また、施設が異なったときの画質の

相違がCADの性能に与える影響についても、実用化段階では重要な評価項目である。

臨床評価を行った例として、2001年のRadiology誌にFreerらが報告した論文は有名である〔32〕。1年以上にわたり12,860症例の検診用マンモグラムに対してR2社のImageCheckerを利用したとき、乳がんの発見率が約20%も改善された。49の悪性症例の中で、放射線科医のみが検出したものが9例で、逆にCADのみが発見したものが8例あり、32例は両者によって検出されていた。そのとき、再検査率はわずかに上昇したが、生検の陽性反応適中度（positive predictive value, PPV）に変化はなかったと報告している。

既存のCADシステムの性能の向上（検出率の向上、偽陽性候補の減少など）も重要な課題ではあるが、臨床的なCADシステムの評価の中で、とくに検診における医師による2重読影を、1名の医師+CADに置き換えが可能かどうかの実験成果もいま期待されている。

#### 4) 講習会とCADの例

本邦では現在、マンモグラフィ読影講習会が活発に行われているが〔33〕、このような講習会において使用されたマンモグラフィ画像を利用して、読影レベルの異なる多くの医師に対してCADの画像診断支援の予想される効果を評価した論文が、報告されている〔34, 35〕。

### 5. 日本のマンモグラフィ検診の現状とCAD

#### 1) マンモグラフィ検診へのCADの導入

本邦における乳がん罹患率はすでに女性のがんで第一位であり、平成12年4月からは厚生労働省の通達により、50歳以上の女性の検診に対してマンモグラフィ導入が始まっている〔33〕。すなわち、乳がん罹患率の増加と検診におけるマンモグラフィの導入が起り、結果的にマンモグラフィを読影する医師が不足という事態が起きている。このような状況下で、マンモグラフィCADが望まれている。とくに、検診施設では2重読影の代わりに、医師1人+CADという期待が大きい。

上記のR2社のCADシステムは、国内においても数年前に販売が始まったが、残念ながら今日では販売されなくなってしまった。これにはい

くつかの要因が考えられる。たとえば、国内の販売会社が商社であったため、CADへの理解や知識の不足が考えられ、マンモグラフィに対する日本の現状の認識不足（検診にマンモグラフィの採用が始まったばかりで、撮影手技、撮影装置、画質などに問題がたくさんあった）が考えられる。また、システムの販売価格も検診施設では、まだ相当高価であったようである。さらに、国内の状況に限ったものではないが、マンモグラフィはまだフィルム（アナログ）が主体である、フィルムディジタイザを伴うことによる不便さの問題は大きく（余分なシステム購入費、時間、および人件費が必要）、デジタルマンモグラフィ撮像装置の普及が望まれる。

米国におけるマンモグラフィCADがすでに500台を越したとのことであるが〔25〕、本邦と比較すると、社会的な背景の相違も見られる。やはり米国では、医療訴訟裁判を考慮した見落とし防止に力点が置かれているようである。本邦では、読影医師不足と経費削減にとくに力点が置かれており、検診施設ではむしろ自動診断装置への期待が高いようでもある。なお、米国におけるマンモグラフィCADの利用に対する保険による医療報酬の請求の承認は、また重要なCAD普及要因である。

#### 2) 乳腺超音波画像のCADシステム

超音波による乳房の画像診断は、国内外で良悪性鑑別診断に多く用いられる。本邦では、超音波画像を用いた乳腺疾患の集団検診も行われている。超音波診断法では、高周波探触子の開発により、微小な病変の描出も可能となり、非触知乳癌の発見報告も多く見られるようになってきている。また、40歳代の乳がんの早期発見には、超音波診断がマンモグラフィに比べ有用であるとの報告も多数見られる。

このような背景から、超音波を用いた乳腺疾患診断を対象としたCADシステムの開発への期待が高まっている。そこで、筆者らの研究グループでは集団検診で用いられる超音波断層像を対象に、腫瘤の自動検出法や良悪性鑑別法を開発し、検出結果の三次元表示によるCADシステムを構築する試みなどを行っている〔36〕。現状の大きな問題点は、CADソフトウェアよりも、むしろ集団検診に適した全乳房対応型の超音波診

断装置がないというハードウェアにある。

## 6. DR マンモグラフィと CAD の融合

フィルム対応型の CAD システムには限界がある。それは、フィルムをデジタル化する処理に余分な時間と人手が入用なことである。フィルムデジタイザも装置の購入費が必要なのは無論である。本邦では、歴史的に世界で唯一 CR マンモグラフィを利用している施設が多いが(約 2 割の施設)、CR は米国では FDA の認可を得ていない装置である。しかし、50 ミクロンサンプリングで両面読み取り方式の新しいマンモグラフィ専用の CR 装置も開発され、今後の動向も見逃せない〔37〕。最近、2000 年 2 月の GE 社の Senographe 2000D を初めとして、複数の企業のデジタルマンモグラフィ装置が FDA の認可を得るようになった〔38〕。そして、2002 年 4 月には、GE 社のデジタルマンモグラフィ装置に R2 社の CAD 技術を使用する許可が FDA で承認されるようになってきている〔38〕。デジタルマンモグラフィ装置の普及にはまだ多少の時間がかかると予想されるが、本格的なデジタルマンモグラフィ時代の到来とともに次世代型マンモグラフィ CAD の普及は急速に加速されるであろう。

## 7. おわりに

CAD システムは単体で利用されるよりは、施設内にクローズされた(あるいは外にオープンにされた)医療ネットワーク内で多角的に利用される方が理想的である。遠隔診断におけるマンモグラフィもその一例である。将来は、世界中の医療ネットワークの中に各種の CAD が融合されることにより、「知の医療ネット」として進化していく可能性もある。デジタルマンモグラフィ撮像装置の普及とマンモグラフィのソフトコピー技術の進歩をあと少し待つことにより、この間にマンモグラフィ CAD の性能はさらに改善され、本格的なマンモグラフィ CAD 時代の到来が期待できる。ベンチャー企業の CAD 開発が主体があったが、大企業も本格的に CAD 分野に進出してくるようになってきた。本邦でも、米国のようにマンモグラフィ CAD 支援診断に保

険が適用されるようになるような社会基盤の整備が、CAD が社会的に広く受容されるためには必要不可欠である。

マンモグラフィ CAD は、いまもっとも大きく成長している、一秒たりとも目が離せない急成長している楽しい領域であるといえる。

## 文 献

- 〔1〕 Winsberg F, Elkin M, Marcy J et al : Detection of radiographic abnormalities in mammograms by means of optical scanning and computer analysis. *Radiology* **89**: 211-215, 1967
- 〔2〕 Ackerman LV, Gose E : Breast lesion classification by computer and zeroradiograph. *Cancer* **30**: 1025-1035, 1972
- 〔3〕 Hand W, Semmlow JL, Ackerman LV: Computer screening of xeromammograms : A technique for defining suspicious areas of the breast. *Computer and Biomed Research* **12**: 445-460, 1979
- 〔4〕 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
- 〔5〕 Giger ML: Computer-aided diagnosis. 1999 RSNA Syllabus, in *Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics: Physical Aspects of Breast Imaging -Current and Future Considerations*, eds. Haus AG and Yaffe MJ, RSNA, Oak Brook, IL, USA, 1999, pp249-272
- 〔6〕 <http://www.mevis.de/iwmdm2002/iwmdm2002.html>
- 〔7〕 木戸長一郎, 遠藤登喜子, 堀田勝平 : 乳癌検診に対する DMR (Digital Mammo-Radiography) の意義 . 癌と化学療法 **15**: 1665-1670, 1988
- 〔8〕 <http://www.toriwaki.nuie.nagoya-u.ac.jp/~cadm/>
- 〔9〕 中島延淑 : C R マンモグラフィを用いた乳癌陰影の自動認識アルゴリズムの開発 . *Med Imag Tech* **10** (1): 27-32, 1992
- 〔10〕 小畑秀文 : マンモグラフィ CAD システム 2) 東京農工大学開発のデジタルマンモグラフィ CAD システム・技術リポート . *INNERVISION* **14**(10): 26-29, 1999
- 〔11〕 原 武史, 藤田広志 : マンモグラフィ CAD システム 1) 岐阜大学開発のマンモグラフィ CAD システム・技術リポート . *INNERVISION* **14**(10): 18-22, 1999
- 〔12〕 土井邦雄, 他 : CAD 元年 (1998 in USA) - コンピュータ支援診断システム, 21 世紀への始動 - . *INNERVISION* **14** (10): 1-82, 1999
- 〔13〕 長谷川 玲 : 世界で初めて商品化されたマンモグラフィ用 CAD - ImageChecker - . *日放技学誌* **56** (3): 355-358, 2000
- 〔14〕 藤田広志 : マンモグラフィのコンピュータ支援診断装置の原理 . *日乳癌検診学会誌* **5**(2): 135-147, 1996
- 〔15〕 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 . *日乳癌検診学会誌* **5**(2): 149-155, 1996

- [16] 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の現状と将来．日乳癌検診学会誌 8(2): 93-105, 1999
- [17] 藤田広志：コンピュータ支援診断 (CAD) の現状と将来 マンモグラム CAD の現状．医画情学誌 16(2): 123-131, 1999
- [18] 松原友子, 藤田広志：乳癌画像診断のための CAD．日放技学誌 56(3): 324-331, 2000
- [19] 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
- [20] 藤田広志：デジタル放射線画像 (6・6 乳房 X 線写真の CAD, pp186-193)．内田 勝・監修, 藤田広志・小寺吉衛・編著, 東京, オーム社出版局, 1998
- [21] 藤田広志：医用画像情報学 (6・A 乳房 X 線写真のコンピュータ支援診断, pp174-190), 桂川茂彦・編著, 東京, 南山堂, 2002
- [22] 山崎大輔, 松原友子, 藤田広志, 他：乳房 X 線画像における構築の乱れ領域の自動抽出法．医画情誌 19(2): 69-72, 2002
- [23] 中川俊明, 原 武史, 藤田広志：局所的なパターンマッチングによる画像検索法．電子情報通信学会論文誌 (D-II) J85-D-II(1): 149-152, 2002
- [24] <http://www.mdol.com>
- [25] <http://www.r2tech.com/>
- [26] <http://www.issicad.com/home.lasso>
- [27] <http://www.cadxmed.com/>
- [28] 中原 浩, 難波 清, 深見敦夫, 他：コンピュータ支援診断システム (CAD:computer-aided diagnosis) を用いた乳癌検診．日乳癌検診学会誌 8(1): 45-49, 1999
- [29] Nawano S, Murakami K, Moriyama N et al : Computer-aided diagnosis in full digital mammography. Invest Radiol 34(4): 310-316, 1999
- [30] Chan HP, Sahiner B, Helvie MA et al : Improvement of radiologists' characterization of mammographic masses by using computer-aided diagnosis : An ROC study. Radiology 212 : 817-827, 1999
- [31] Jiang Y, Nishikawa RM, Schmidt RA et al : Improving breast cancer diagnosis with computer-aided diagnosis. Acad Radiol 6: 22-33, 1999
- [32] Freer TW, Ulissey MJ: Screening mammography with computer-aided detection : Prospective study of 12,860 patients in a community breast center. Radiology 220(3): 781-786, 2001.
- [33] 遠藤登喜子：わが国の乳がんの疫学と検診．映像情報 Medical 33(3): 238-243, 2001
- [34] 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 システムの検討結果との比較．日放技学誌 56(3): 436-442, 2000
- [35] 畑中裕司, 松原友子, 原 武史, 他：医師のマンモグラム読影自習における乳がん CAD システムの検出結果との関係．日放技学誌 58(3): 375-382, 2002
- [36] 福岡大輔, 藤田広志：三次元乳腺超音波画像のための CAD システムの開発 ( 技術の立場から ) . INNERVISION 14(10): 70-73, 1999
- [37] 荒川 哲：両面集光技術と高密度読み取り技術による CR マンモグラフィの高画質化．医画情誌 19(1) : 37-42, 2002
- [38] <http://www.gemedicalsystems.com/index.html>



藤田広志 (ふじた ひろし)

岐阜大学大学院教授 (医学研究科再生医学科学独立専攻・知能イメージ情報部門, 工学研究科・工学部兼任) & パーチャルシステムラボラトリー VSL 施設長, 50 歳。専門は医用画像情報処理で, とくにコンピュータ支援診断 (CAD) システムの開発。1978 年岐阜大学大学院修士課程修了。1983 年より約 3 年間, シカゴ大学ロスマン放射線像研究所で研究に従事。工博 (1983 年, 名古屋大学)。1996 年度と 1998 年度に本学会論文賞受賞。日本放射線技術学会 ( 常務理事 ), 医用画像情報学会 ( 総務理事 ), コンピュータ支援画像診断学会 ( 理事 ), 日本医用画像工学会 ( 幹事 ), 日本医学物理学会 ( 評議員 ), 日本エム・イー学会 ( 評議員 ) などの会員。