

## 「医療と介護を支援する新健康フロンティア特集号」

解 説

## 医療画像のコンピュータ支援診断

藤田 広志\*

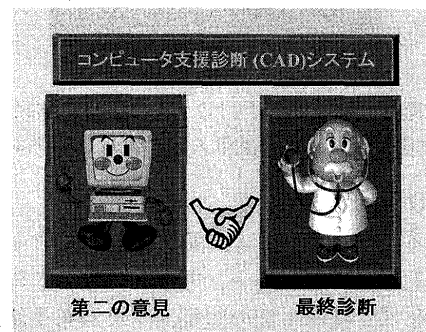
## 1. はじめに

1839年にダゲール (J.M. Daguerre) によって発明された写真, そして, 本格的には1895年にレントゲン (W.C. Roentgen) によって発見されたX線によるX線写真によって, アナログ画像 (乾板, フィルム) による画像診断が始まり, 現在では「画像のない診断はあり得ない時代」であるといっても過言ではない. また, コンピュータは, 核医学画像, X線CT画像, MRI画像に代表されるように, 歴史的に長い間, 医用画像の世界に大きな関わりをもっている. 最も利用量が多かったフィルム (アナログシステム) も, 昨今はCR (Computed Radiography) や平面X線検出器 (Flat Panel Detector, FPD) という新しい撮像機器によって直接デジタル画像として取得されるように変化しており, いまやすべての医療画像はコンピュータで処理が可能となっている. そして, CTやMRIの高度化により, 2次元画像から3次元画像に広がり始め (さらには4次元画像へ), 医療の現場からは, 『膨大なデータの読影に今まで以上に読影時間がかかるにもかかわらず, 装置の進歩により1日の検査件数は飛躍的に増加し全体の読影時間が著しく増加している. また, 1検査あたりのデータの増加により1人の医師が短時間の診療時間内に見落としなく読影することがほぼ不可能になっている. それにもかかわらず, 放射線科医師の負担が著しく増加している. この問題を解決するには短時間で正確な省力化読影法の開発が必須であり, コンピュータ支援画像診断開発などが緊急の課題となっている.』との, 医師の悲痛な叫びが聞こえてくる [1].

本稿では, 医用画像の分野でいまでもっとも注目を浴びている話題の一つであるコンピュータ支援診断 (Computer-Aided Diagnosis, 以下CAD) に焦点をあて, その定義, 開発・商用化の歴史, 現状や開発事例, および課題などについて解説する.

## 2. コンピュータ支援診断 (CAD)

CADとは, X線画像に代表される放射線画像をはじめとする医療画像に対して, コンピュータで定量的に解析された結果を「第2の意見」として利用する「医師に



第1図 コンピュータ支援診断 (CAD) の概念図

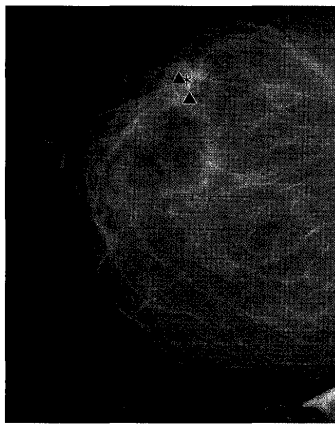
よる診断」である (第1図に概念図) [2-6]. 最終診断は必ず医師が行うものであり, 医師をコンピュータによって置き換えようとするいわゆる自動診断 (automated computer diagnosis) とはまったく異なる概念・手段である点に十分な注意が必要である [6,7].

CADでは, コンピュータで自動検出された病巣の候補位置を, 液晶モニタなどの表示画像上にマーカー (たとえば, ▲ (微小石灰化クラスター病変の候補) や\* (腫瘍候補) のような印. 第2図参照) などで医師に示すことによって (コンピュータ支援検出, Computer-Aided Detection; CAD, とよばれる), 医師が気付かない病巣やうっかりミスに対して, これらの見落としを減少させることに期待ができる. これは診断の正確度の向上につながる. とくに, 集団検診のような大量の画像読影の現場では, 効果がより大きいと思われる. また, 医師の読影経験の相違による病巣検出の読影結果の医師間のバラツキも減少させ, ある高いレベルに診断を維持できるという期待もある.

さらに, CADでは, 画像による病巣の良悪性鑑別のような主観的判断が難しい場合に, コンピュータにより分析された定量的なデータ (確率のような数値データ) を医師に提示することによって医師の客観的な判断を可能にし (computer-aided differentiation), 診断の正確度を向上させると期待される. また, リスク評価 (computerized risk assessment) として, マンモグラフィから乳腺濃度を計算して乳がんリスク評価を推定するとか [8], 画像から骨粗鬆症のリスクを推定する [9] という研究も行われている. この関連事項としては, 肺がん検診用に利用されるように当初開発された「体脂肪

\* 岐阜大学 大学院医学系研究科知能イメージ情報分野

Key Words: computer-aided diagnosis, image interpretation, image processing, image recognition.



第2図 乳房X線写真におけるCADの検出結果の例  
(画像提供: GE横河メディカルシステム)

率計測ソフト」がある。

このように、CADには、画像読影に対する診断の正確度の向上や再現性の向上、さらにはシステムの性能が向上されれば、読影時間の短縮、すなわち生産性の向上も可能になると期待されている。

CADの定義を広義に解釈する場合には、いわゆる高度な画像処理や高度な画像解析処理が含まれる。たとえば、胸部X線写真(2次元画像)における経時差分処理による病変強調処理[10]や、CT画像におけるバーチャルエンドスコープ(仮想内視鏡)[11]のような3次元画像を利用した診断支援ツールも、すでに実用化されたCADシステムと解釈される。また、血管造影をするDSA(Digital Subtraction Angiography)システムにおける血管の狭窄率の計測[12]などは、定量的な尺度を医師に与える。

### 3. 世界初の商用化CAD

世界で最初に商用化されたCADは、乳房X線画像(マンモグラフィとよばれる)に対するものである。マンモグラフィCADの開発の歴史は古く、最古の研究報告としては、1967年の放射線医学の専門誌Radiologyに掲載されたWinsbergらのものがある[13]。また、ゼロマンモグラフィという撮像装置(ゼロックス装置によるX線写真といえる)における異常領域の検出や良悪性鑑別に関する研究が1970年代に行われている[14,15]。しかしながら、これらの時代の各種の研究は、すべて「自動診断」という概念で研究が行われてきたものであった。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[6, 16]、これは支援診断という視点に立った研究である。

一方、国内では、1980年代後半における木戸らによる研究で、I.I.(Image Intensifier)-TVデジタル系とよばれる撮像系を利用したデジタルマンモグラフィによるCADシステムがすでに構成されており[17]、世界的にも先進的なマンモグラフィCAD開発の研究であった。

最近では、東京農工大[18]と岐阜大学[19]の研究グループがそれぞれ別個の国内企業と共同で開発したCADシステムが、商用化あるいはその直前となっている。

1998年は“CAD元年”であるといっても過言ではない。なぜなら、米国のベンチャー企業R2 Technology社(以下、R2社。2006年にHologicという大手医療系企業が買収)が開発した検診マンモグラフィ専用のCADシステム「ImageChecker System」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販売することに成功したからである(世界初の商用CADシステム)[20,21]。同社のマンモグラフィCADは、すでに販売台数が2500台を超えているという。

CADの歴史にとってさらに重要な点は、マンモグラフィCADの利用に対して、2001年4月から保険の適用が可能になったことであり、これはCADの利用に拍車がかかる強力な要因となった[22]。これまでにFDAの承認を得たマンモグラフィCADシステムは、少なくともほかに2社が存在している(iCAD社[23]とKodak社; 現 ケアストリームヘルス社[24])。

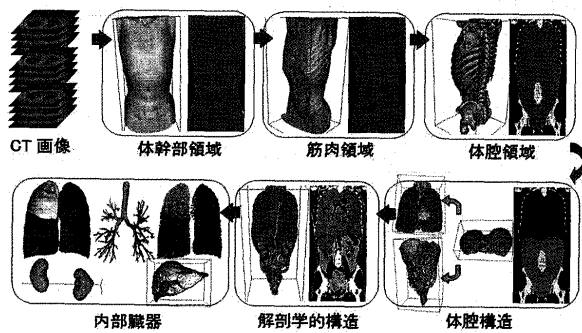
なお、これらのすべての商品では、CADの「D」を、検出(Detection)の「D」として、『コンピュータ支援検出』として使用している。また、乳がん病変の検出対象が、腫瘍陰影と微小石灰化クラスター陰影の2種類の病変検出に限定されており、ディストーション(構築の乱れ)とよばれる病変の検出はまだ不十分であり[25]、さらに良悪性鑑別を行う処理機能もまだ商用化には至っておらず、今後の発展が望まれている。

### 4. CAD開発の広がり

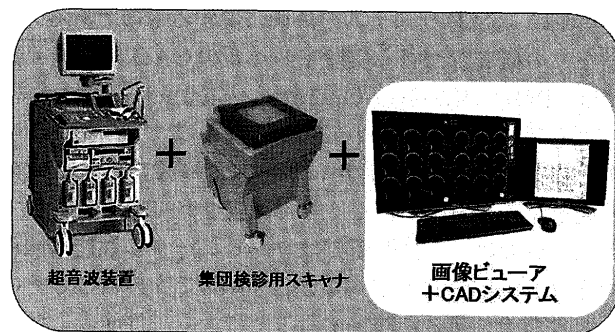
これまでに少なくとも三つの画像診断領域において、このようなCADシステムが実用化されている。上述のマンモグラフィによる乳がん画像診断のほかに、胸部単純X線写真とCT画像による肺がんの画像診断、およびCTコロノグラフィ(colonography,あるいは大腸仮想内視鏡)による大腸がんの画像診断[26]の領域である。

CADの開発は、単にこれらの三つの診断領域に限られるものではなく、まだ商用化には至らないが、最近、その適用診断領域が急速に拡張を始めている。具体例として、次章で説明する。

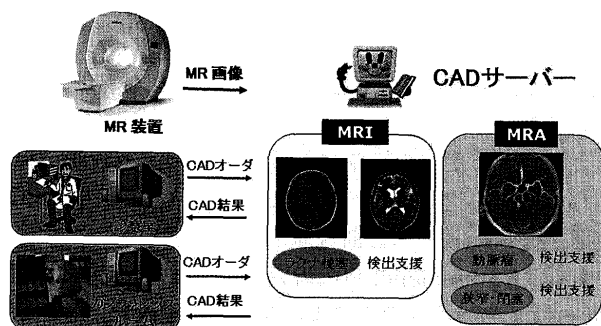
わが国で最初のCAD大型プロジェクトとして特筆すべき事項として、文科省の科学研究費補助金により平成15年度(2003年)発足した特定領域研究:「多次元医用画像の知的診断支援」プロジェクトでは、従来型の特定臓器の特定疾病(たとえば、がん)を対象とした単能機としてのCADシステムではなく、多臓器・多疾病をCADの対象とした「臓器・疾病横断型のCADシステム」の開発を目指した研究を行っており、多大な成果が報告されている[27-29]。参考例として、岐阜大学で開発中の人体の解剖学的な正常構造の解析に関する各種臓器の自動抽出結果の例を、第3図に示す[30]。



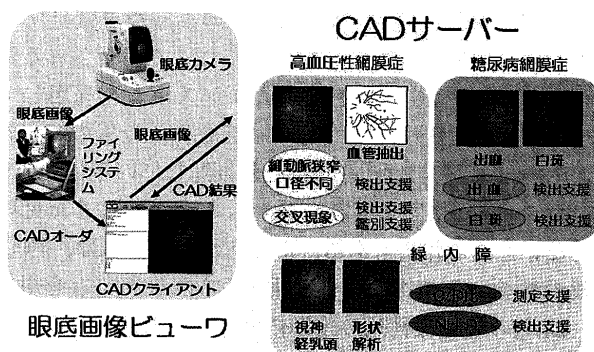
第3図 正常構造の自動抽出結果の例



第5図 乳腺超音波画像CADシステムの概要図



第4図 脳MR画像CADシステムの概要図



第6図 眼底画像CADシステムの概要図

### 5. 知的クラスター創成プロジェクトにおける事例

文科省の知的クラスター創成事業岐阜・大垣地域は、平成16年度(2004年)から5年間の計画で始められたプロジェクトで、現在は4年目に突入している[31]。本プロジェクトは、1) 低侵襲微細手術支援・教育訓練システムの開発、2) 医療診断支援システムの開発、3) 医療介護支援システムの開発、の3本柱で構成されている。このうち医療診断支援システムの開発の重要なテーマの一つがCADシステムの開発である[32]。筆者らの岐阜大学におけるこのCADプロジェクトでは、近い将来CADシステムの導入が強く望まれるとの検討結果に基づいて、「脳MR画像のCAD」、「乳腺超音波画像のCAD」、「眼底写真のCAD」という3テーマについて研究・開発が開始されている。すべて、わが国における人間ドックや集団検診で大量の画像が発生しており、医師からのCAD開発に対する要望の高い画像診断領域である。

「脳MR画像のCAD」開発では、MRI画像で診断されるラクナ梗塞とよばれる梗塞部位や大脳白質病変の自動検出を、また、脳内の血管を画像化するMRA画像で診断される未破裂動脈瘤や狭窄・閉塞部位の自動検出を目的としている(第4図参照)。

「乳腺超音波画像のCAD」開発では、超音波画像を用いた集団検診におけるCADを目指しており、検診専用開発された超音波スキャナ[33]と連携する画像ビュー

アを開発し、その中に腫瘍性陰影を自動検出するCAD機能を包含するものである(第5図参照)。

「眼底写真のCAD」開発では、緑内障、糖尿病網膜症、高血圧性網膜症の三つのCADを目指している(第6図参照)。緑内障の罹患者数は、アジアやアフリカおよびインドをはじめとして、2010年までに全世界で6000万人、2020年までにはほぼ8000万人に達すると報告されている[34]。50%近くをアジア人が占めているという。このプロジェクトでは、緑内障診断に有益なステレオ眼底カメラの開発も行っており、その3D画像ビューアとCAD機能も付加した商品開発を目指している。このプロジェクトについては、平成18・19年度の経産省地域新生コンソーシアム研究開発事業に「眼底立体画像を用いた眼底健康診断支援システムの開発」のテーマで採択され、早期の実用化を視野に入れて発展している。

これらのすべての開発状況は良好で、すでに特許出願件数は3年間で50件を超えており、商用化を目指して進行中である。

### 6. CADの課題

このようにCADの開発はますます重要性が高くなり、各種の画像領域で開発が行われており、一部の領域では商用化もすでに始まっている現状である。しかしながら、CADには、たとえば、先駆的なマンモグラフィCADでも、以下に述べるような解決されるべき問題点が存在している。

第1に、CADシステムの評価に関するものである。大学などの研究者が行う実験室レベルのCADの性能評価には、ROC (Receiver Operating Characteristic) 解析による手法がよく使われる [35]。これまでに、ROC解析を用いて、CADの利用により医師単独の画像診断の性能を超える事例が、たくさん報告されている。ここで興味深いのは、自動診断ではコンピュータの性能は医師のそれを上回る必要があるが、CADでは必ずしもその必要はなく、互いに補完することにより、性能向上が見られる例が多く報告されている点である。

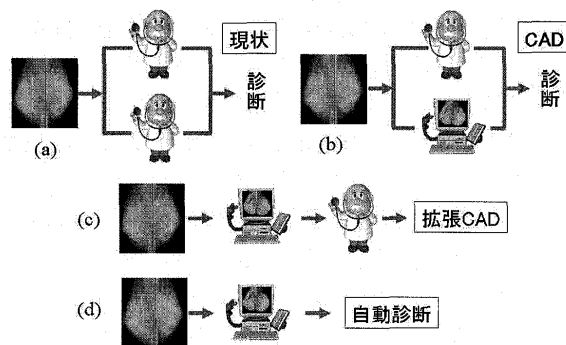
このような実験室レベルにおける評価に続いて、CADが本当に臨床現場で役立つかの評価はより重要である。マンモグラフィCADシステムのそのような評価はすでにたくさん報告されているが、とくによく引用される論文がある。それは、R2社のCADシステムを利用して1万を超える大量な症例で臨床試験を行ったもので、乳がんの検出率が約20%向上したと報告している [36]。一方、マンモグラフィCADシステムの有効性はまだ見いだせないとする報告もある。たとえば、Gurらは、約12万枚の検診マンモグラムと商用のCADシステムを用いて、24名の放射線科医の読影結果について調査した結果 [37]、CADシステムを用いることにより乳がんの検出率はわずかに上昇したものの、統計的な有意差は示されなかった。また、微小石灰化の自動検出結果については評価しているものの、腫瘍陰影については、医師の検出結果を改善させるだけの精度がまだないとしている。さらには、乳がん検診が（米国においては）普及しており、繰り返し受診者が増加したため、検出が困難といえる小さな陰影が増加しつつあると述べている。さらに、最近の有名な論文誌 [38] でも検診におけるCADの利用は有益ではなかったと報告され、その内容が話題になっている。わが国では、CADの臨床的な有効性を示す評価論文はまだ非常に少なく、日本の環境下での臨床評価実験が急務である。また、実験室レベルでは高い性能を有するこのようなCADシステムを、臨床現場で正しく有用的に活用するための研究も必要であると思われる。

なお、CADの評価研究にとって、誰でも利用できる共通の画像データベースの開発が重要である。一般に、医療に関するこのような研究では（たとえば、集団検診で発見されるような初期のがんの画像症例）、このような臨床データは集まりにくいという特徴がある。良い画像データベースを取得したところが、汎用性のある良質のCADシステムを開発でき得るといっても過言ではない。たとえば、米国におけるNCI (National Cancer Institute) による胸部CT画像のために国家規模のLung Imaging Database Consortiumがあるが [39]、いろいろな画像診断領域で、このような取り組みも欠かせない。

第2に、医療現場へのマンモグラフィCAD導入によるコストパフォーマンスについてである。米国のように、CADの使用に対する「保険」による支援がないと、そ

の利用はなかなか進まない。保険のカバーが承認された後に、R2社のCADの売り上げが急速に伸びた話は有名である。CAD普及には、わが国の診療でもこの保険点数の加算補助が、最重要項目の一つである。あるいは、CAD活用による集団検診への本格的な資金補助も望まれる。また、米国の乳がん検診では、放射線科医1名による単独の読影であるため（日本では医師2名による二重読影）、CADの導入効果はより大きいと考えられ、さらに、医療訴訟に対する問題も大きいため、CADの利用価値が高く評価されていると推察される。なお、保険による支援ではないが、厚労省の「平成19年度マンモグラフィ検診精度向上事業」の一環として、「マンモグラフィ画像読影支援システムの設備を購入するために必要な備品費」の半額支援が、現在、行われており、本邦における検診現場へのCADの普及の一助となると期待されている。

つぎに、わが国の検診における医師の二重読影（第7図(a)）と、1名の医師がマンモグラフィCADを用いた読影（第7図(b)）の診断性能を比較評価することも重要である。Karssemeijerらの研究では、腫瘍陰影の読影について、1名の医師のみによる読影、二重読影、および1名の医師がCADシステムを用いた読影の比較を行っている [40]。その結果、CADシステムを用いた読影は二重読影には劣るものの、医師1名のみによる読影性能を十分に改善すると結論づけている。もし、医師の1名をCADに置き換えることができるならば、マンモグラフィCADの普及につながるのは間違いないといえる。CADをいかに効果的に利用すればこのことが達成されるかの検討も含めて、今後の研究結果を待ちたい。



第7図 CADの利用形態

第3に、商用化への壁についてである。「CADソフトは非常に手離れの悪い製品系列であることを認識し、長期戦を覚悟すべきであろう」（中京大学・山本真司教授）と述べられているように、CADの開発、とくに実用化には、予想したよりも相当な時間がかかる。FDAや厚労省の薬事申請には、大量のエビデンスデータと資金が必要であり、臨床試験には時間もかかる [20]。最近の傾向は、マンモグラフィCADのようにFDAの通常の難し

い審査ではなく、CTの肺がんCADや大腸CADシステムのように、PMAとよばれる比較的簡単な審査で済む510(k)承認(安全性と有効性の証明不要)[41]だけでCADの製品化が達成されるようになってきている。日本では、薬事承認されたCAD製品はまだ外資系企業1社のみであり(米国の別の二つの企業が開発したマンモグラフィCADソフトウェアを装置に組み込んだもの)、今後の動向を見守る必要があるが、できるだけ早期の審査完了を求めたい。

## 7. おわりに

最近、消化管を検査するためのカプセル内視鏡の薬事認可が日本でも認められ、臨床での利用が進み出そうとしている。ただし、約8時間にわたる1回の検査で何と5万枚規模の検査画像が発生するといわれるため、CADの定義のようにまず医師が原画像を読影してから、CADの結果を次に参照するという方式では、すべての画像をくまなく診る必要があり、人力(=医師)ではもう限界である。よって、第7図(c)のような病変が存在しそうな怪しい画像だけをコンピュータがまずピックアップするような支援システムが必要になってくる(理想は第7図(d)ではあるが、それは将来の楽しみに残して)。

CADシステムの利用形態は検診領域での利用なのか、あるいは一般の病院内における診断領域での利用なのかによっても変わってくる。最近では電子カルテの導入が急速に増えており、このような医療情報システムの中におけるCADの取扱いについても議論が始まっている[42]。

このようにCADの開発は、商用化まで視野に入れると医工連携のみならず、産官学連携での取り組みが重要であるが、医師の立場からも、また患者の立場からも、われわれがCADの大きな恩恵を受ける時代がすぐそこまで近づいていることは間違いない。

(2007年6月18日受付)

## 参考文献

- [1] 西谷：序文 膨大なデータに振り回されている診療現場から、特集論文/3DCTの有効性と課題-精度の向上と膨大な情報量をどのように扱うか；*Medical Imaging Technology*, 第25巻, 第2号, pp. 75-78 (2007)
- [2] 特集：CAD最前線(CAD 2004) No.1, コンピュータ支援診断の研究・開発はどこまで進んだか；*INNERVISION*, 第19巻, 第10号, pp. 1-63 (2004)
- [3] 特集：CAD最前線(CAD 2004) No.2, 臨床現場に求められるコンピュータ支援診断とは何か；*INNERVISION*, 第19巻, 第12号, pp. 1-56 (2004)
- [4] 藤田：医療の現場で-コンピュータ支援画像診断-, 小特集：画像処理の最前線；映像情報メディア学会誌, 第58巻, 第7号, pp. 893-897 (2004)
- [5] 藤田：CADシステムの工学的観点からの現状：技術的到達点と今後への課題, そして未来；*医療機器システム白書 2006~2007*, 月刊新医療データブック・シリーズ, 月刊新医療編集部, (株)エム・イー振興協会, pp. 275-281 (2006)
- [6] K. Doi: Computer-aided diagnosis in medical imaging: Historical review, current status and future potential; *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Vol. 31, pp. 198-211 (2007)
- [7] 土井：コンピュータによる医用画像の定量的分析：自動診断とコンピュータ支援診断の共通点と相違点；*医用画像情報学会雑誌*, 第21巻, 第1号, pp. 8-10 (2004)
- [8] C. Nagata, T. Matsubara, H. Fujita, et al.: Mammographic density and the risk of breast cancer in Japanese women; *British Journal of Cancer*, Vol. 92, No. 12, pp. 2102-2106 (2005)
- [9] 西原, 藤田, 飯田, 滝川, 原：腹部X線CT画像を利用した骨粗鬆症のコンピュータ支援診断-計測領域の自動抽出およびCT特徴量とBMD値の比較に対する試み-；*生体医工学*, 第42巻, 第1号, pp. 7-15 (2004)
- [10] 坂井：胸部単純X線写真の経時的差分と結節検出；*INNERVISION*, 第19巻, 第12号, pp. 4-7 (2004)
- [11] 森, 鳥脇：バーチャルエンドスコープ；*日本放射線技術学会雑誌*, 第56巻, 第3号, pp. 349-354 (2000)
- [12] H. Fujita, K. Doi, L. E. Fencil, et al.: Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography 2. Computerized determination of vessel sizes in digital subtraction angiography; *Medical Physics*, Vol. 14, No. 4, pp. 549-556 (1987)
- [13] F. Winsberg, M. Elkin, J. Marcy, Jr, et al.: Detection of radiographic abnormalities in mammograms by means of optical scanning and computer analysis; *Radiology*, Vol. 89, pp. 211-215 (1967)
- [14] L. V. Ackerman and E. Gose: Breast lesion classification by computer and zeroradiograph; *Cancer*, Vol. 30, pp. 1025-1035 (1972)
- [15] W. Hand, J. L. Semmlow and L. V. Ackerman: Computer screening of xeromammograms: A technique for defining suspicious areas of the breast; *Computer and Biomedical Research*, Vol. 12, pp. 445-460 (1979)
- [16] H. P. Chan, K. Doi, S. Galhotra, et al.: Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography 1. Automated detection of microcalcifications in mammography; *Medical Physics*, Vol. 14, pp. 538-548 (1987)
- [17] 木戸, 遠藤, 堀田：乳癌検診に対するDMR(Digital Mammo-Radiography)の意義；*癌と化学療法*, 第15巻, pp. 1665-1670 (1988)
- [18] 小畑：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*, 第14巻, 第10号, pp. 26-29 (1999)
- [19] 藤田：乳房X線写真のコンピュータ支援診断；*医用画像情報学(桂川編)*, 改訂2版, pp. 191-208, 南山堂(2006)
- [20] 長谷川：世界で初めて商品化されたマンモグラフィ用CAD-ImageChecker-；*日本放射線技術学会雑誌*, 第56巻, 第3号, pp. 355-358 (2000)

- [21] <http://www.hologic.com/>
- [22] 長谷川：最新情報・今後の動向－マンモグラフィ用CAD；日本放射線技術学会雑誌，第59巻，第6号，pp. 681-686 (2003)
- [23] <http://www.icadmed.com/>
- [24] <http://www.jp.kodak.com/JP/ja/health/>
- [25] J. A. Baker, E. L. Rosen, J. Y. Lo, et al.: Computer-aided detection (CAD) in screening mammography: Sensitivity of commercial CAD systems for detecting architectural distortion; *AJR*, Vol. 181, pp. 1083-1088 (2003)
- [26] 吉田：CT コロノグラフィによる大腸ポリープのCAD；INNERVISION，第19巻，第10号，pp.58-63 (2004)
- [27] <http://www.future-cad.org/fcad/>
- [28] 小畑：大型プロジェクト：多次元医用画像の知的診断支援－その狙い－；*Medical Imaging Technology*，第24巻，第3号，pp. 147-152 (2006)
- [29] H. Kobatake: Future CAD in multi-dimensional medical images - Project on multi-organ, multi-disease CAD system; *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Vol. 31, pp. 258-266 (2007)
- [30] 周，藤田：体幹部領域の単純CT画像における解剖学的正常構造の認識；*Medical Imaging Technology*，第24巻，第3号，pp. 167-172 (2006)
- [31] <http://www.cluster-g.jp/>
- [32] H. Fujita, Y. Uchiyama, T. Nakagawa, et al.: CAD on brain, fundus, and breast images; *Proc. Medical Imaging and Informatics (MIMI2007)*, in press, (2007)
- [33] 伊藤：乳癌超音波自動検診用システムについて；*医用画像情報学会雑誌*，第23巻，第2号，pp.75-78 (2006)
- [34] H.A. Quigley and A.T. Broman: The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020; *British Journal of Ophthalmology*, Vol. 90, pp. 262-267 (2006)
- [35] 白石：CAD研究に役立つROC解析；*医用画像情報学会雑誌*，第21巻，第1号，pp. 30-38 (2004)
- [36] T. W. Freer and M. J. Ulissey: Screening mammography with computer-aided detection: Prospective study of 12,860 patients in a community breast center; *Radiology*, Vol. 220, No. 3, pp. 781-786 (2001)
- [37] D. Gur, J. H. Sumkin, H. E. Rockette, et al.: Changes in breast cancer detection and mammography recall rates after the introduction of a computer-aided detection system; *Journal of National Cancer Institute*, Vol. 96, No. 3, pp. 185-190 (2004)
- [38] J. J. Fenton, S. H. Taplin, P. A. Carney, et al.: Influence of computer-aided detection on performance of screening mammography; *New England Journal of Medicine*, Vol. 356, No. 14, pp. 1399-1409 (2007)
- [39] <http://imaging.cancer.gov/programsandresources/InformationSystems>
- [40] N. Karssemeijer, J. D. Otten, A. L. Verbeek, et al.: Computer-aided detection versus independent double reading of masses on mammograms; *Radiology*, Vol. 227, No. 1, pp. 192-200 (2003)
- [41] W.Sacks：放射線医学分野におけるCADシステムに対する米国食品医薬品局（FDA）の販売認可手続きについて；INNERVISION，第19巻，第12号，pp. 25-27 (2004)
- [42] M. S. Brown, M. F. McNitt-Gray, R. Pais, et al.: CAD in clinical trial: Current role and architectural requirements; *Computerized Medical Imaging and Graphics*, Vol. 31, pp. 332-337 (2007)

## 著者略歴

ふじ た ひろ 志  
藤 田 広 志



1976年岐阜大学工学部卒業，1978年同大大学院修士課程修了。同年4月岐阜高専電気工学科助手（1978-1983年），同助教授（1986-1991年），岐阜大学工学部助教授（1991-1995年）を経て，1995年より同教授。その間（1983-1986年），米国シカゴ大学客員研究員。2002年からは，独立専攻の大学院医学系研究科再生医科学専攻・知能イメージ情報分野（工学研究科兼任・工学部兼任）に移籍し，現在に至る（現在，専攻長）。医用画像の解析・処理・認識・評価に関する研究に従事。工学博士。日本写真学会論文賞，日本エム・イー学会論文賞・阪本賞，医用画像情報学会内田論文賞など多数受賞。医用画像情報学会（会長），コンピュータ支援画像診断学会（副会長），電子情報通信学会（同医用画像研究会・専門委員長），日本医用画像工学会（幹事）などの会員。著書に「医用画像工学（第2版，編著）」（医歯薬出版），「デジタル放射線画像（編著）」（オーム社）などがある。