

乳腺超音波画像のための コンピュータ支援診断システム

岐阜大学 福岡 大輔・藤田 広志

1. はじめに

医療分野における超音波診断装置の多機能化が進む中で、その付加価値として「コンピュータ支援診断 (Computer-aided Diagnosis/Detection : CAD)」システムの開発が注目されている。

CADシステムとは、医師が行う画像診断において、コンピュータによる画像解析結果を参考に行う医師による診断のことであり、CADシステムの機能は、病変が存在する位置をコンピュータが提示する病変検出 (Detection) 機能と、病変の良性・悪性などの客観的指標を提示する質的診断 (Diagnosis) 機能があり、それらの診断におよぼす効果として、客観的な診断を行うための支援や、診断能の向上、診断に対する経験差の緩和、読影負担の軽減などが期待されている。

工学的な観点からは、CADシステムは医用画像に対する画像処理と画像認識システムであるが、CADシステムが一般の画像システムと異なる点として、その対象物体は剛体や幾何学的形状ではなく、非常に柔軟な対象物体で、領域が不明瞭な物体であったり、個体差に富んだ対象となる点があげられる。

1998年には世界最初のCADシステム商用機として、R2 Technology社が米国でマンモグラフィCADシステムを実用化 (商用化) した。その後、胸部単純X線写真や乳房MR、胸部CT、腹部CTなど、さまざまなモダリティや対象部位で実用化に至っている¹⁾。また、超音波の分野においても、病変の良悪性鑑別を行うCADシステム (medipattern社の「B-CAD」システム) が実用化に至っている。

2. 乳腺超音波CADシステムの 開発背景

本稿における乳がんの罹患率は年々増加し女性の第一位となっており、乳房X線写真 (以下、マンモグラフィ) による集団検診などにより、早期発見に向けた取り組みがなされ、成果を収めている。しかし、マンモグラフィでは、若年層では画像全体が白く描出されるため、病変の発見に対する診断能が低下してしまうことが懸念されている。そこで、現在では、超音波を利用した超音波併用検診の導入なども検討されている。超音波診断による乳がんの検診は有用であると考えられるものの、超音波診断は即時性、撮影の自由度の高さに優れる反面、プローブ幅は数センチ程度と視野が狭く、撮影している超音波診断装置の操作者しか撮影状況を把握できないことや、操作者の手技や経験に依存してしまうなど、撮影と診断の客観性の点において憂慮される。

そこで我々の研究グループでは、乳房全体の16 cm×16 cm程度の領域を撮影し、ボリュームデータを記録できる「全乳房撮影スキャナ用CAD」の開発と、リアルタイムに画像解析し病変の存在を知らせる「リアルタイムCADシステム」の開発に取り組んでいる。

3. 全乳房撮影スキャナ用CAD

乳房全体 (20 cm×20 cm程度) を撮影する仕組みとして、マトリックスプローブにより電子的に一度に撮影できる専用診断装置が開発できれば最良であるが、画質や開発コストの観点からも実現は困難である。このため、多くの全乳房撮影スキャナではリニアプローブを機械的に操作し撮影する方法がとら

れる。

第1図に全乳房撮影スキャナ（アロカ社製：ASU-1004）を示す。このスキャナでは水中に配置されたプローブ（幅約5 cmリニアプローブ）がメカニカルに駆動し、片側全乳房（16 cm×16 cmの範囲）を撮影する水浸式装置である。幅5 cm程度のリニアプローブで撮影される画像は、乳房を3つの部位に分割し自動撮影され、この3つの画像をコンピュータ上で自動的に合成しボリュームデータを生成し画像表示する。

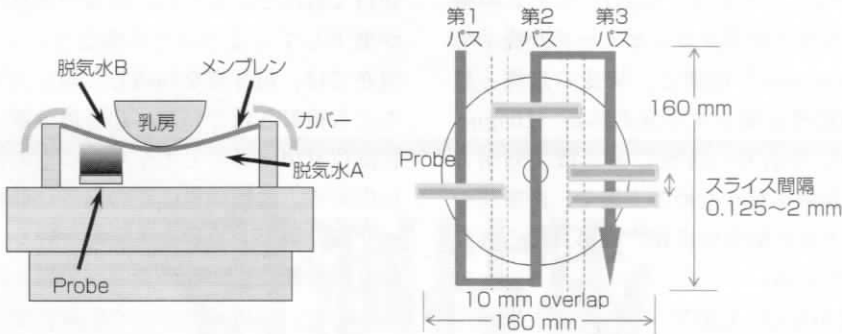
ビューワ上では、第2図に示すようにBモード像（AXIAL断面）、Cモード像（CORONAL断面）、SAGITTAL断面を観察することができる。また、撮影したボリュームデータは対側乳房や過去画像を並べて表示でき、左右比較や過去画像比較などの比較読影を可能としている。

このような全乳房撮影スキャナは、撮影者の手技

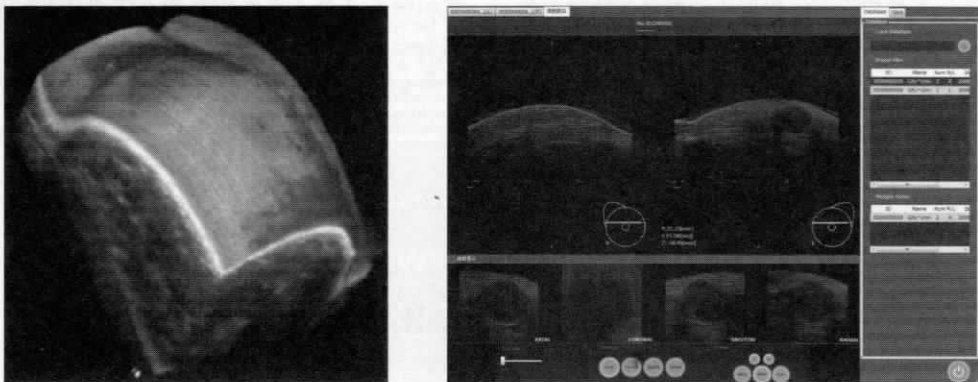
に左右されず、誰が撮影しても同じような像を撮影できる（撮影の高い再現性）ことや、全乳房を記録保存できる（記録性の高さ）などの長所がある。また、ホールブレスト検査では、CTやMR画像のように1つのボリュームデータとして、記録保存できるため、撮影と診断が分業でき、複数の医師で読影する（ダブルリーディング）も可能となり、集団検診への効果が大きいと期待できる。

筆者らの研究グループでは同スキャナ用のCADを開発中である⁽²⁾。撮影されたボリュームデータより、深さ方向へのエッジ検出にもとづいた検出方法により、腫瘍が疑われる無エコーまたは低エコーな領域を指摘することができる。また、検出された領域について、良悪性の鑑別システムも開発している⁽³⁾。

全乳房撮影スキャナは1つのボリュームデータとして全乳房の超音波画像を記録できるため、MR画像や、マンモグラフィなどのモダリティとも親和性



第1図 集団検診用乳腺ホールブレストスキャナ（アロカ社製 ASU-1004）
左：スキャナ装置（Side View）、右図：プローブの走査（Top View）



第2図 超音波ボリュームデータとホールブレストビューワ画面
ビューワ画面の上部はAXIAL両側乳房画像、下部は病変部の多断面再構成画像

が高く、今後、それらモダリティとの統合型CADの開発をめざし、画像のレジストレーション、非剛体変形、フュージョン画像の生成などの要素技術の開発を行っていく予定である。

4. ハンドヘルドプローブ用リアルタイムCAD

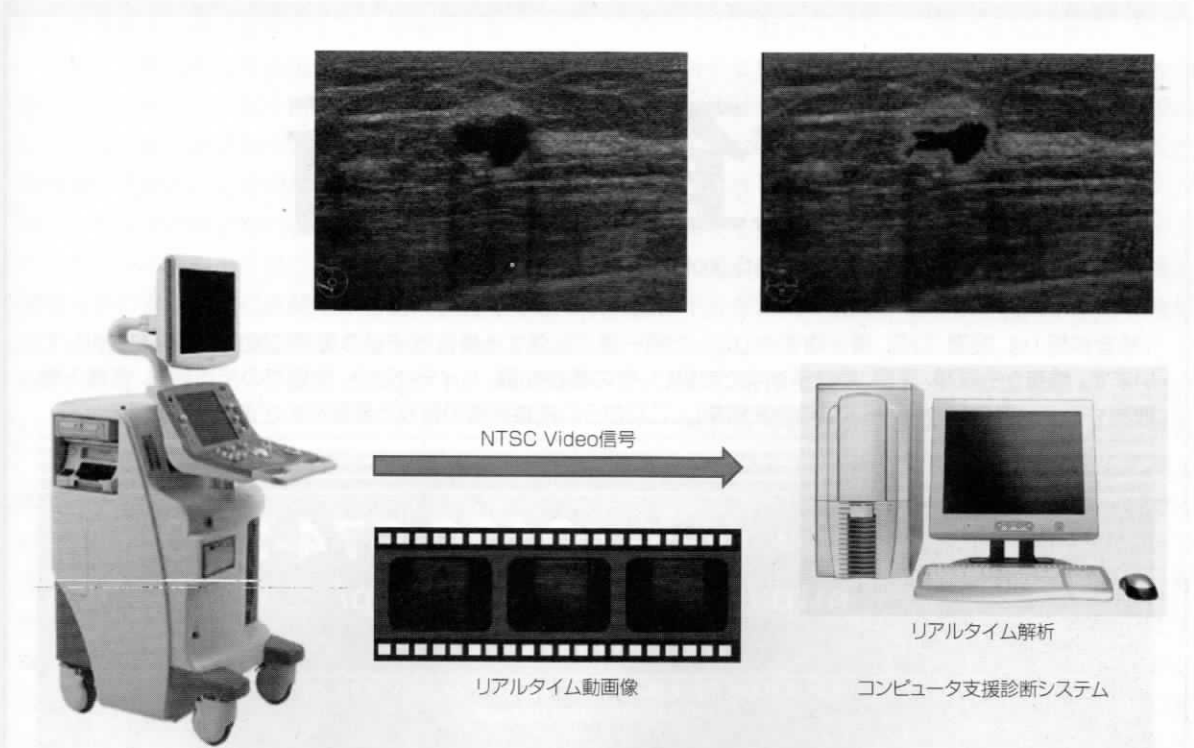
市販のデジタルカメラにおいては、オートフォーカス機能や、撮影後の画像加工はもちろんのこと、「顔認識」機能に代表されるように、リアルタイムに画像を処理し解析することが可能となった。また、最近では、「笑顔認識」や「本人認識」など多機能化が進み、高度なパターン認識と分類を搭載したデジタルカメラも登場している。

超音波診断装置においても、近年、エラストグラフィや微小石灰化像のリアルタイム検出など多機能化が進められている。

著者らの研究グループではこのようなリアルタイム画像処理を超音波診断装置にも搭載し、リアルタイムに病変部位を認識するCADシステムの開発に取り組み、2004年より文部科学省知的クラスター創

成事業岐阜・大垣地域ロボティック先端医療クラスターの研究事業として開発を行った。

第3図に示す開発したシステムは、超音波画像を超音波診断装置からNTSCビデオ信号により、外部のコンピュータに出力し、リアルタイムに画像処理（1画像あたりの処理時間は30ms以下）し、腫瘍が疑われる無エコーまたは低エコー領域を強調表示（病変の辺縁を自動トレース）することができる。病変の辺縁のこのトレースは病変の良悪性を鑑別する際に、スピキュラ性状などの形状特徴の視認性を高めることができる。リアルタイム性の追求により、高速な画像処理が要求され制約もあるが、今後は人工ニューラルネットワークなどの、人工知能に腫瘍パターンを学習し認識する知的な処理を搭載する予定である。現段階のリアルタイムCADシステムは、デジタルカメラの「顔認識」機能のような、基礎的な検出機能に相当するものであるが、将来的には、デジタルカメラの「笑顔認識」や「本人認識」に相当するように、高度なパターン認識を搭載し悪性腫瘍認識、線維腺腫認識など、詳細なカテゴリに識別する機能も搭載予定である。



第3図 ハンドヘルドプローブを対象としたリアルタイムCADシステム

5. おわりに

超音波診断装置は、体内の情報をリアルタイムに画像提示し、瞬時性、機動性に富み、非侵襲で、他のモダリティに類をみない装置であり、大きな役割を担っている。これまでの超音波診断装置の用途は、病状に対する患者の主訴があり診断する質的診断（病変の良悪性鑑別）への利用が主であった。今後は、乳がん集団検診への導入など、非常に多くの正常患者の中から乳がん病変を発見する存在診断へと期待されている。そのため、全乳房撮影スキャナ装置のような撮影の客観性、再現性の向上をめざしたシステムや、リアルタイムに診断に役立つ情報を提示するCADシステムへの期待は、今後ますます大きくなると考えられる。乳がんの罹患率が増加している現在、乳がんの早期発見と早期治療に貢献するこのような乳腺超音波CADシステムの開発と導入は急務である。

<参考文献>

- (1) 藤田広志：「CAD実用化10周年－臨床現場への導入の現状と課題－」、新医療、35(10)、No.406 (10月号) pp.102-105 (2008)
- (2) Y.Ikeda,D.Fukuoka,T.Hara,H.Fujita,E.Takada,T.Endo and T.Morita : Development of a fully automatic scheme for detection of masses in whole breast ultrasound images, Medical Physics, 34(11), 4378-4388 (2007)
- (3) G.N.Lee, D.Fukuoka, Y.Ikeda, T.Hara, H.Fujita, E.Takada, T.Endo, and T.Morita : Classification of benign and malignant masses in ultrasound breast image based on geometric and echo features, 9th International Workshop on Digital Mammography, Digital Mammography, E.A.Krupinski (Ed.), Springer Lectures Notes in Computer Science (LNCS) series : LNCS5116, 433-439, Springer, (2008)

【筆者紹介】

福岡 大輔

岐阜大学 教育学部 技術教育講座 准教授
〒501-1194 岐阜市柳戸1-1
TEL : 058-293-2282 FAX : 058-293-2282

藤田 広志

岐阜大学 大学院 医学系研究科 再生医科学専攻
教授
〒501-1194 岐阜市柳戸1-1
TEL : 058-293-6512 FAX : 058-293-6514

検査技術

定価:2,000円/年間購読料:19,000円(12冊)

「検査技術」は、装置、設備、構造物を中心とした第一線で活躍する検査技術者の実務に役立つ情報を提供しています。検査から試験、評価、寿命予測までを扱い、その基礎知識、ハイテク技術、現場での技術課題、各種先端機器や関連規格の紹介等、幅広い内容を編集し、これからの検査技術の普及と発展をめざす技術誌です。

年間購読のお申し込みは フリーコール **0120-974-250**

<http://www.nikko-pb.co.jp/>

日本工業出版株 販売課

本社 〒113-8610 東京都文京区本駒込6-3-26 TEL. 03(3944) 8001 FAX. 03(3944) 6826
E-mail:sale@nikko-pb.co.jp