

CADの正確な情報を医師に提供し、CADの能力とCADに求められた課題がマッチする状況を作り出すことである。CADは道具であり、これを正しく用いることがわが国の乳癌をより早期に検出し、乳癌死を減らすことにCADが役立つことにつながる。また、CADが使いこなされることによりCADのさらなる進歩が期待されることとなるであろう。そのときにはCADのありがたさに喜びあえるのは医師とCADの関係者だけではなく、マンモグラフィ検診によって早期に乳癌が発見された患者もその輪に入るのではないだろうか。

おわりに

以上、マンモグラムCAD開発の現状と課題について報告した。

わが国では、2000年よりマンモグラフィ検診が開始され、実施件数は急速に増加しているが、現在、CADが導入されている施設はほとんどない。

その原因は、①CADの能力不足、②CADについての正しい認識を導く情報の不足、③市販されているCADは高価で日本の検診コストに見合わない、などが考えられる。マンモグラフィ読影の場がCADに望む条件は、①迅速、②的確、③容易、④安価、であり、解決すべき課題も明らかになっている。わが国で生まれたCADがこれらの課題を解決できるか、またマンモグラムCADの活躍が期待されている。

【参考文献】

- 1) Bethesda MD: National Center for Health Statistics. SEER cancer statistics review. US National Cancer Institute: 1973-1995, 1998
- 2) 厚生省統計情報部編：人口動態統計(昭和25年～平成10年)。厚生統計協会，東京
- 3) 厚生省がん研究助成金「地域がん登録」研究班(主任研究者：大島 明)報告書，2000
- 4) 厚生労働省がん研究助成金「50歳未満の画像による乳がん検診の有効性に関する研究」班中間報告(班長：遠藤登喜子)，2003
- 5) 辻 一郎，久道 茂，坪野芳孝，ほか：マンモグラフィによる乳がん検診の実施状況に関する研究。厚生労働省がん研究助成金「50歳未満の画像による乳がん検診の有効性に関する研究」平成13年度研究報告書(印刷中)
- 6) 日本医学放射線学会/日本放射線技術学会マンモグラフィガイドライン委員会編：マンモグラフィガイドライン，1999，医学書院，東京
- 7) 松原友子，原 武史，藤田広志，ほか：マンモグラムCADシステムにおける乳房スキニングの自動抽出処理。日放技学誌 56：480-485，2000
- 8) 平子賢一，藤田広志，原 武史，ほか：コントラスト補正処理と可変リングフィルタ解析を導入した微小石灰化クラスタ検出法。Med Imag Tech 14：665-679，1996
- 9) 平子賢一，藤田広志，遠藤登喜子，ほか：3重リングフィルタ解析と領域成長法を組み合わせた乳房X線写真における微小石灰化候補領域の抽出法。医用画像情報学会雑誌 12：82-90，1995
- 10) 平子賢一，藤田広志，原 武史，ほか：乳房X線写真における微小石灰化検出フィルタの開発－濃度勾配と3重リングフィルタ解析に基づく方法－。電子情報通信学会論文誌 J78-D-II：1334-1345，1995
- 11) 松原友子，笠井 聡，関 和泰，ほか：マンモグラムのためのコンピュータ支援診断システムの開発－腫瘍陰影の自動検出における低濃度領域抽出法の改善－。日本乳癌検診学会誌 7：87-101，1998
- 12) Hatanaka Y, Hara T, Fujita H, et al: Development of an automated method for detecting mammographic masses with a partial loss of region. IEEE Trans Med Imaging 20: 1209-1214, 2001
- 13) Hatanaka Y, Hara T, Fujita H, et al: An automated detection method of mammographic masses existing around thick-mammary-gland and near chest-wall regions. Proc. of the 15th International Symposium and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS 2001): 527-532, 2001
- 14) 二村 仁，笠井 聡，畑中裕司，ほか：マンモグラムCADシステムにおける腫瘍陰影の偽陽性候補の分類とその特徴解析。電子情報通信学会技術研究報告 100：17-22，2001
- 15) 大塚 修，笠井 聡，畑中裕司，ほか：2次統計量を用いたマンモグラムCADシステムにおける腫瘍陰影の偽陽性候補の削除。医用画像情報学会雑誌 16：13-19，1999
- 16) 笠井 聡，藤田広志，原 武史，ほか：マンモグラム上の腫瘍陰影自動検出アルゴリズムにおける索状影の偽陽性候補の削除。コンピュータ支援画像診断学会論文誌 3：1-7，1999
- 17) 笠井 聡，藤田広志，原 武史，ほか：腫瘍陰影自動検出アルゴリズムにおける左右乳房画像の比較による偽陽性候補の削除。Med Imag Tech 16：655-666，1998
- 18) Warren Burhenne LJ, Wood SA, D'Orsi CJ, et al: Potential contribution of computer-aided detection to the sensitivity of screening mammography. Radiology 215: 554-562, 2000

教育講座

- 知っておくと役立つ画像診断シリーズ - 〈乳房領域〉

乳房撮影

国立名古屋病院放射線科
遠藤登喜子

はじめに

乳房X線撮影(以下、マンモグラフィ)は、乳がん検診において視触診との併用が推奨されたことにより、その役割が広く認識されるに至っている。歴史的には日本放射線技術学会撮影分科会 乳房撮影ガイドライン普及班(班長:堀田勝平)の行ったマンモグラフィの精度管理の活動が牽引車となったことは間違いないことである¹⁾。精度管理の概念はマンモグラフィのみならず、読影およびシステムなど、乳がん検診全体のポリシーとして確立されている。さらに、乳癌の一次検診のみならず、精密検査施設すなわち乳癌診療全体へと影響を及ぼし、乳癌の診断学に乳癌の早期発見という大きな進歩をもたらしつつある。

乳癌の発見にとって最も基本的かつ重要なのは優れたマンモグラムであり、その作成を担当する診療放射線技師の役割は大きい。本稿では、画像観察者(画像診断医)の立場から、画像提供者に知っておいていただきたい点について述べる。

1. 放射線技師が画像提供者として知っておくと役立つ基本事項

1-1 乳房の解剖

乳房は前胸部皮膚の付属器が特殊に発達したものである。男女共通に存在するが、ホルモンの作用により女性では乳汁産生器官として発達し、丘状隆起から下垂するものまで、大きさのバリエーションは極めて大きい。また、年齢変化により乳腺は発達あるいは萎縮し、さまざまな程度の脂肪組織に包まれている。このように、乳房は極めて個人差の大きい器官であり、撮影には高度の知識と技術が要求される。

乳房は乳腺組織、脂肪組織、皮膚、血管・神経などにより構成されており、その密度の差は小さいため、乳房撮影は脂肪組織の介在により乳腺の構造を観察するものである。

1-2 乳腺の構造と乳癌の発生

乳腺は乳頭に開口する乳管が順次分岐した樹状構造を呈しており、その一つの単位は腺葉と呼ばれる。1側の乳房には大小15~25個の腺葉が、それぞれがほぼ独立し、入り組んだ状態に配置され、それぞれを肉眼的に区別することは困難である。

乳管は2分岐を繰り返し、最終的には細乳管で終わるが、終末乳管から細乳管は小葉として単位(terminal ductile lobular unit: TDLU)を形成している。細乳管および終末乳管は(上皮と筋上皮の)2層性の構造を持ち、乳癌は終末乳管小葉単位の上皮から発生するといわれている²⁾。

1-3 乳癌の発育

乳癌は終末乳管小葉単位の上皮から発生し、胃癌や大腸癌での概念と同様に、横方向(管に添う方向)への発育と、深さ方向(基底膜を破り間質へと向かう方向)へ発育する。横方向への発育は乳管内癌の乳管内進展として、縦方向への発育は浸潤—腫瘍形成および構築の乱れとして認識できるようになる。

癌が乳管内にのみ存在する場合は非浸潤癌で、非浸潤性乳管癌(ductal carcinoma in situ: DCIS)と非浸潤性小葉癌(lobular carcinoma in situ: LCIS)がある。現在の画像診断では非浸潤性小葉癌はほとんど発見されないが、非浸潤性乳管癌は画像診断の対象としてありうる。非浸潤性乳管癌は画一的なものではなく、乳頭状、乳頭管状、篩状、充実性、面疱状の組織亜型があり³⁾、細胞量や壊死の有無によりそれぞれ特徴がある。非浸潤癌であっても細胞量が多い場合には腫瘍像を示す。また、多くの場合に石灰化を伴うが、壊死の有無により石灰化の形態が異なる。

癌が基底膜を破り間質へ浸潤すると、浸潤癌となる。浸潤癌では多くの場合に腫瘍を形成するが、細胞と線維の量により腫瘍像の形態が異なる。線維が豊富な場合にはスピキュラが形成され、線維が少ない場合には境界が比較的明瞭な腫瘍が形成される。また、線

維が多く、広く浸潤するものでは、乳腺の構築の乱れとして認識される。

1-4 乳房撮影の基本的な考え方

乳房撮影は、乳房が胸壁にベースを持ったふくらみであり、単純にX線撮影を行った場合には透過X線の量は部位によって極めて大きな差を持つことになる。加えて、乳房の構成組織はすべて軟部組織であることからX線吸収の差が小さく、乳腺内部の情報を得ることは困難である。これらの条件を克服するために、乳房を引っ張り出し、広げ、圧迫し(乳腺は二つ折れの状態となる)、均一な厚さにして撮影する。

重要なのは、なるべく多くの乳房組織を、乳腺組織の状態が分かる条件で撮影することである。そのため、1方向で最も多くの乳房組織を写すことができる内外斜位方向が基本撮影方向となる。内側の情報を補うために頭尾方向撮影を併用した、2方向撮影が診療の撮影の基本である。いずれの方向でも、乳頭は側面として撮影されていること、乳腺を可及的に広げて脂肪組織の濃度を有効に生かすことを念頭に撮影することが求められる。

1-5 乳房撮影装置とシステムの特長

乳房撮影装置は軟X線が用いられている。モリブデンターゲットとモリブデンフィルタを基本として、密度差の小さい被写体のX線吸収差をなるべく大きくし、かつ被曝低減を図っているが、乳房を可及的に広げ、圧迫して薄くすることにより少ない線量で画像を得ることができる(このとき、組織の可動性を意識し、愛護的にポジショニングすることが重要である)。

圧迫した乳房のできるだけ広い範囲を画像化するため、マンモグラフィ用カセット胸壁側の撮影範囲外となる面積は極めて少なくなる構造となっている。

スクリーン・フィルムシステムは高感度、高コントラストで、片面乳剤である。そのため、現像には時間がかかる。最低90秒は必要である。

乳腺内コントラストを十分に得るため、フィルムの光学的濃度は最低濃度4.0が要求されている。そのため、マンモグラフィ専用のライトボックス(シャウカステン)が必要で、部屋も50ルクス程度に暗くして観察する。

2. 画像の観察ポイント

2-1 マンモグラムが読影に値するものか

マンモグラムが読影に値するものかどうかは基本的に重要な判断である。乳房が十分な範囲に撮影されているか、乳腺内情報が得られる画質が確保されている

か、所見を読影できる撮影技術をもって撮影されているかなどが、評価される。

2-2 乳房の構成

乳腺はホルモン環境により発達し、萎縮する。脂肪に置き換えられて乳腺が少ないか、あるいは乳腺間に脂肪が介在していれば、病変は発見・評価しやすい。逆に、高密度で脂肪の介在の少ない乳腺では病変は隠される危険性が高くなる(脂肪性、乳腺散在、不均一高濃度、高濃度と評価・表現する)。

2-3 異常の発見法

腫瘤、石灰化あるいは構築の乱れなどの所見をいかに見落とさず、しかも偽陽性を少なく指摘するかが重要である。特に検診の場合には、高度な発見技術を駆使し、小さく・軽微な所見を、いかに的確に指摘するかが求められる。そのためには、順序だった読影法が必要である。

最初は濃度や大きさ、構成など左右乳房の大きな違いをみる。次に腫瘤などの異常の発見を心がける。この際、左右の乳房の全体像を漠然と眺めるのではなく、部分的に左右差を観察することが異常発見に有効であることがある。

次は、非常に微細な石灰化の発見である。200 μ m程度の淡い石灰化であっても意味を持つ場合があり、ひたすら拡大鏡を使って全乳腺領域を観察することである。最後は乳腺の構築に着目し、乳腺が歪んでいないか、乳腺の辺縁が引き攀れていないかの見通しをする。その際には、マンモグラムは2層の乳腺が重なって写しこまれていることをイメージしながら解析することが必要となる。

3. 所見の記載

3-1 マンモグラフィ所見用語

マンモグラフィ所見用語は日本医学放射線学会と日本放射線技術学会の「マンモグラフィガイドライン」⁴⁾が広く受け入れられている。

所見は腫瘤、石灰化、その他の所見に大分類され、それぞれの所見についての定義と観察項目およびその意味が定義されている。

3-1-1 腫瘤

腫瘤は2方向撮影で占拠性病変として認識できる陰影であり、腫瘤と認識された場合には形状、境界および辺縁、濃度を評価する。形状は全体の印象で、円形・楕円形、多角形、分葉状と不整形に分類する。境界および辺縁は、腫瘤の性状を判定する重要な所見で、境界明瞭平滑、微細分葉状・微細鋸歯状、境界不明瞭、評価困難、スピキュラを伴うと分類表現され

Table 1 良悪性の鑑別を必要とする石灰化(参考文献4)より抜粋作成)

評価項目	表現	説明
形態	微小円形石灰化(点状石灰化)	1mm以下の円形・楕円形石灰化で孤立性ではないもの(0.5mm以下を点状石灰化とよぶ)
	淡く不明瞭な石灰化	多くは円形またはフレーク状の石灰化で小さいあるいは淡いため明確な形態分類ができないもの
	多形性石灰化(不均一な石灰化)	淡く不明瞭な石灰化より目立ち、さまざまな形態、濃度、大きさが混じる不整形の石灰化(通常は0.5mm以下であるが、それより大きいものもありうる)
	微細線状、微細分枝状石灰化	細長い不整形の石灰化で、癌が乳管内に進展し不整な内腔を石灰化が埋めていることを示唆する(通常0.5mm以下の径)
分布	びまん性/散在性	乳房全体に一定の分布傾向を持たずに分布する石灰化で、通常は両側性である。密集し、かつ1側の場合には広い区域性の分布を考慮する必要がある
	領域性	広範囲に広がるが乳房全体でも区域性でもない 良性の可能性が高い
	区域性	乳管腺葉系に一致する石灰化で乳癌が腺葉または区域性に広がっていることを示唆する 乳管拡張症のような良性疾患でもありうる
	線状	石灰化が線状に分布するもの 乳管内に存在することを示唆する
	集簇性	体積2cc以下の小範囲に限局して多発する石灰化 同様の形態を示す集簇性石灰化グループが一つ以上存在する場合には多発石灰化群と呼ばれ、全体としての分布を考慮する必要がある

る。濃度は脂肪成分を含むものと、含まないものの位置付けが異なる。含まないものは同量の乳腺と比較して低・等・高濃度に分類される。(既存の脂肪組織が巻き込まれているものとは違って)脂肪を成分として含むものは多くはないが、マンモグラムの貢献度は大きいので、別格として扱われる。

3-1-2 石灰化

石灰化は明らかな良性と判断されるものと、良悪性の鑑別が必要なものがあり、明らかな良性石灰化は乳腺以外の組織の石灰化(血管、皮膚組織、瘢痕など)と乳腺組織内であっても明らかに良性と判断されるもの(線維腺腫の間質の石灰化、乳管拡張症や石灰乳石灰化)とからなる。良性石灰化の多くは明らかな濃度と大きさを持つが、初期の石灰化は良悪性の鑑別を要する石灰化と紛らわしいことがある。

良悪性の鑑別を要する石灰化(Table 1)は、形態と分布によって良悪性らしさを判定する。この読影の際に意識・無意識に用いているのは、石灰化成立機序に関する知識である。すなわち、①良悪性の鑑別を必要とする微細な石灰化は小葉および乳管内部に形成される、②乳癌の石灰化は乳管内癌・乳管内成分によって形成される、③癌の発育は、乳管内進展と浸潤がさまざまな割合で混じている、④乳管内進展のほとんどは一つの腺葉系に沿って広がる、⑤乳管内癌の組織型により石灰化の形態は異なる。すなわち、成長が早い

ために生じる壊死に石灰化を伴うもの(壊死型石灰化)(従来から悪性石灰化といわれてきたもの)と、壊死を伴わず内腔に石灰化が分泌されるもの(分泌型石灰化)である。後者は乳腺症のような良性の病態でもみられるものである。

所見の表現は、形態では微細円形、淡く不明瞭、多形性、微細線状・微細分枝状に、分布は、びまん性/散在性、領域性、線状、区域性、集簇性と表現される。壊死型石灰化は、多形性、微細線状・微細分枝状石灰化、分泌型石灰化は微細円形および淡く不明瞭な石灰化にはほぼ該当する。ただし、1病変内にいくつかの形態を混在することはありうる。

3-1-3 その他の所見

その他の所見で特に重要なものは局所的非対称性陰影および構築の乱れである。管状影/孤立性乳管拡張もしばしば有用な所見である。

局所的非対称性陰影は形状あるいは辺縁が評価できない陰影が片側の乳房にのみみられるものである。内部に腫瘍が潜在する場合や、腫瘍というには濃度も辺縁も腫瘍らしくない陰影が含まれる。脂肪置換の状態からみて不自然な膨隆を示す乳腺辺縁、あるいはいわゆるno man's landといわれる乳腺後隙などに陰影がある場合には注意すべきである。

構築の乱れは、乳癌や炎症性機序などによる線維成分の収縮機序により、正常の構造部分が引き寄せられた

り歪んだりしている状態で、小葉癌や硬癌を代表とする浸潤性の乳癌や、複雑型硬化性病変・radial scarなどの良性病変がある。最近では、腫瘍と紛らわしいものだけではなく、非浸潤癌(わずかに浸潤する部分を含むものもあるが)や炎症などにより乳腺そのものが歪んでいるものの診断にも病態推定の意味で重要な役割を示すことが認められる。

乳管内発育を示す乳癌で石灰化を伴わない病型では、管状影/孤立性乳管拡張を示すことがある。これも腺葉に一致する分布かどうか重要である。

3-2 カテゴリー

マンモグラフィの読影では、良悪性らしさを示す概念としてカテゴリーが採用されている。カテゴリーには、良悪性らしさの判定のみならず、その後の精査・診療へのrecommendationが含まれている(Table 2)。

腫瘍のカテゴリー判定をFig. 1に、石灰化の判定をTable 3に示す。腫瘍・石灰化・その他の所見が混在する場合については、それらが単一の病変によると判定された場合には、判定が変化することもありうる。また、同じ所見であっても、年齢や分泌物の有無、ホルモン療法施行の有無などの臨床情報によっても変化しうる。経時的変化によってもカテゴリーは当然変化しうるが、それらの変化は画一的ではなく、想定される病態による。

3-3 部位と大きさ

病変の部位は、2方向撮影の場合には日本乳癌学会の取扱い規約³⁾により、1方向のみの場合にはマンモグラフィガイドライン⁴⁾による。病変の大きさを記載することは画像診断の基本である。

4. 良い画像の要件

良い画像とは、読影医がより少ない苦勞で正しいと確信できる判定を可能とするものである。したがって、前記の所見を判定する場合に、高い確信度を持つことを可能にする画像とはどのようなものかを考えればよいことになる。

4-1 腫瘍

腫瘍では、境界および辺縁の情報が最も重要であり、辺縁の情報を読み取ることができる、鮮明で、乳腺内コントラストのある画像が要求される。また、病変が周囲乳腺組織と重ならないように乳腺組織を広げることが基本的に重要である。診療マンモグラフィでは、病変と乳腺組織との重なりを外すために圧迫スポットを追加することもある。

また、乳腺組織全体が撮影されていない場合には、

Table 2 乳房画像のカテゴリー判定(参考文献4)より引用)

カテゴリー-N: 読影不能
カテゴリー-1: 異常なし
カテゴリー-2: 良性
カテゴリー-3: 良性, しかし悪性を否定できず
カテゴリー-4: 悪性の疑い
カテゴリー-5: 悪性

病変が存在しても撮影されていないことがありうるので、乳腺組織全体を撮影範囲に取り込める技術が要求される。小さな病変を発見するためにはno man's land (milky wayとも呼ばれる)は重要であり、乳腺組織の胸壁側の脂肪組織およびinframammary holdが十分に描出されていることが要求される(Fig. 2)。

比較的小さな病変を探すときには、左右の乳房を小部分ずつ比較対照させる読影法を採用する。このとき、左右乳房の撮影の高さが違うと、比較は困難となる。マンモグラフィ用シャウカステンは高輝度であり、マンモグラムの高さを修正することによりシャウカステンからの直接光が目に入れば、目を痛めるのみならず、識別能低下を招くため、左右比較読影を可能とするよう同じ高さに撮影することが望まれる。

4-2 石灰化

石灰化は極めて微細な光学的低濃度を呈する所見である。乳癌の石灰化は乳腺内にあるため、乳腺濃度とのコントラストを持つこと、微細であるうえにその形態が乳管内情報を提供するものであることから、存在診断のみならず形態診断が要求される。

つまり、比較的低濃度領域のコントラストとともに高い空間分解能が要求される。低濃度域のコントラストの良くない画像では、石灰化濃度が周囲組織(線維成分)と判別困難となる。空間分解能は、スクリーン/フィルムシステムでは問題になりにくいですが、デジタル画像では大きな問題である。スクリーン/フィルムシステムでも石灰化の形態の判定には拡大撮影が必要である。デジタルマンモグラフィでは形態診断には拡大撮影が必須となるが、追加撮影による線量増加には注意する必要がある。

また、石灰化と紛らわしい障害陰影は、スクリーン/フィルムシステムの大きな問題である。カセットに空中を浮遊するほこりが入ることにより、非常に微細で石灰化と紛らわしい陰影を呈する。これを少なくするには撮影室や現像室のほこりを少なくするよう清掃を日常的に行う以外ない。このほこりは障害陰影の周囲の画像のわずかな「ぼけ」を生じていることも心す

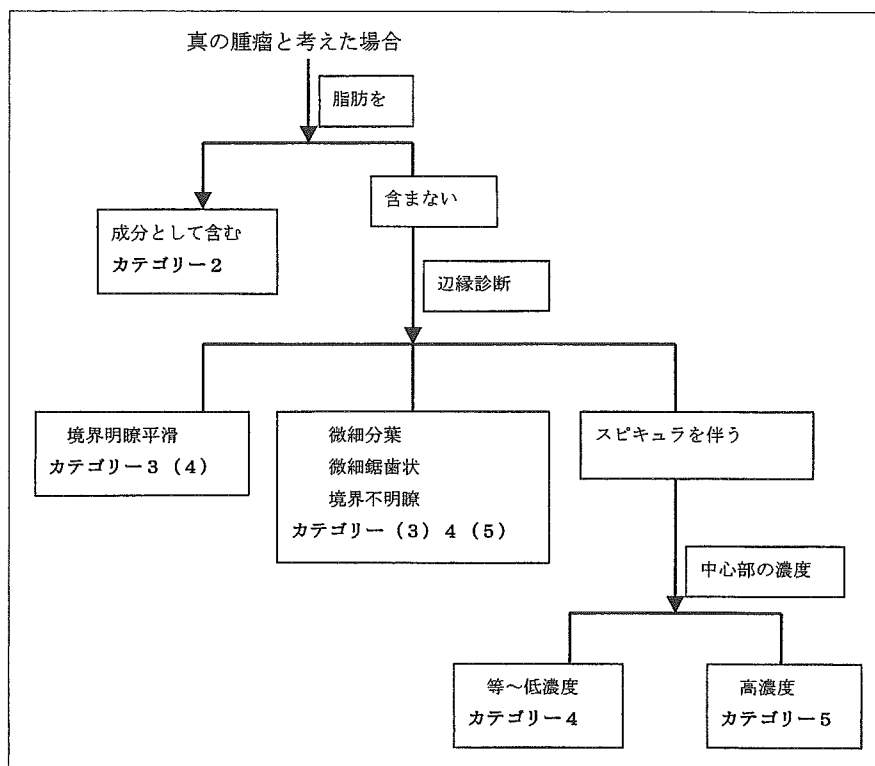


Fig. 1 腫瘍の判断樹

Table 3 良悪性の鑑別を必要とする石灰化のカテゴリー(参考文献4)より引用)

分布	形状	微細円形	淡く不明瞭	多形性	微細線状 微細分枝状
びまん性・散在性 領域性		2	2	3*	5*
集簇性 線状		3	3	4	5
区域性		3 or 4	4	5	5

*：実際には非常に稀である

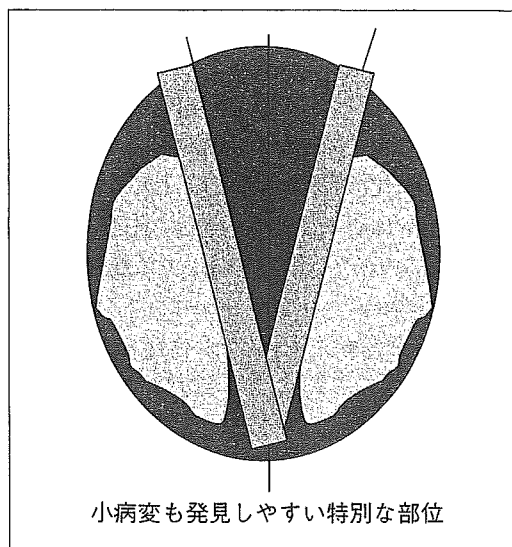


Fig. 2 No man's land (milky way)

べきである。

4-3 その他の所見

非対称性乳房組織の判定には、乳腺濃度が大きく影響する。左右乳房の密度や濃度が異なる場合に、乳房に責任がある場合と、撮影技術に問題がある場合とがある。前者の場合、自動露出制御装置(AEC)がまさに乳腺組織に相当するよう撮影されていれば、乳腺密度に左右差があっても、乳腺濃度は設定通り左右差がないはずである。その場合には大胸筋濃度の違い、あるいは撮影条件の違いとして認識できる(これらを確認するためにも撮影条件の明示は重要である)。AECが乳腺組織から外れた場合には撮影条件が低下し、濃度の低い写真となる。AECの位置には十分に留意すべきである。

局所的非対称性陰影のチェックには、腫瘍での留意事項と同様のことが必要である。この場合に特に重要なことは、左右の乳腺の展開する方向である。乳腺の広げ方が左右で異なることで、片側の孤立性乳腺が濃度を増して有意な陰影状に見えることは起こりうることである。左右の手が対称に動くようにするにはトレーニングが必要であり、どちらの手がどのように動いてどのような写真になっているかを認識しながら修正することが必要である。

構築の乱れの読影では乳腺をすなおに広げて撮影した結果こそが要求されるものである。わずかな伸展不良、乳腺組織の屈曲(retractionと紛らわしい)、乳房のねじれは乳腺のねじれとして撮影される。乳頭を側面に撮影しないと、乳頭直下の情報は読影できなくなってしまう。

5. 良い画像としての評価ポイント

スクリーン/フィルムシステムによるマンモグラムの評価は、マンモグラフィ検診精度管理中央委員会施設画像評価委員会が第3者機関として行っており、ファントムおよび臨床画像の両者により評価される。デジタルシステムについてはアナログシステムの評価をもとに、多少の変更を加えた方法を暫定的に試行した研究が、日本医学放射線学会乳房撮影委員会および厚生労働省老人保健事業推進費等補助金がん検診に関する効果的な推進手法の開発に関する検討事業により進められている⁵⁾。

5-1 スクリーン/フィルムシステムの画像評価

5-1-1 ファントム画像評価

画質評価にはACR推奨のRMI156型ファントムが用いられる。このファントムは、毎日の始業点検に用いられる基本的な乳房用ファントムで、中央の乳腺濃度を 1.40 ± 0.15 となるよう撮影し、視覚評価とデジタル評価の2方法により評価される。

a) 視覚評価

以下の3項目の条件を満たし、アクリル円板と乳腺濃度との濃度差0.4以上のコントラストを満たすことが必要である。

1) 模擬繊維

……4本目までの繊維構造の全長が認識可能

2) 模擬微細石灰化

……3群までの微細石灰化群が検出可能

3) 模擬腫瘍……3個目までの腫瘍が検出可能

b) デジタル評価

ファントム画像を読取装置VXR-12(Vidar System Co.)により読み取り、ファントム内の模擬物質と乳腺部分の信号および標準偏差を計測、信号対雑音比(S/

Table 4 臨床画像評価項目と配点

a) 指定した乳房の構成の理解度	4点
b) 画質	60点
1) 乳腺濃度	20点
2) マンモグラムのベースの濃度	8点
3) コントラスト	8点
4) 粒状性	8点
5) 鮮鋭度	8点
6) アーチファクト	8点
c) ポジショニング	24点
1) 左右の対称性	4点
2) 乳頭	4点
3) 大胸筋	4点
4) 乳腺後隙	4点
5) 乳房下部inframammary hold	4点
6) 乳腺組織の伸展性	4点
d) フィルムの取扱い	12点
1) 照射野の範囲	4点
2) 撮影情報	4点
3) フィルムマーク	4点

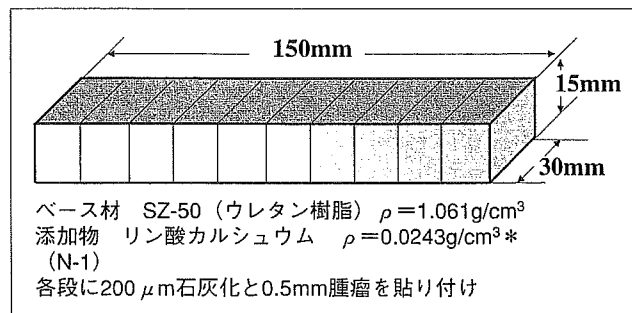


Fig. 3-1 デジタル画像評価ファントム

N)を計算し、関心領域の信号対雑音比(SNR_x/SNR_s)が0.8以上を基準に達するものと判定する。

5-1-2 臨床画像評価

乳房の構成に関する評価の乳腺散在、不均一高濃度、高濃度の3症例6枚のMLO画像を、Table 4に掲げる項目について評価し、平均点で評価する(A: 88~100点, B: 76~87点, C: 64~75点, D: 63点以下)。A・B評価は合格, C・D評価は不合格であり、早急に改善のうえ、再評価を受ける必要がある。

5-2 デジタルマンモグラムの評価

上記の活動による暫定基準による評価では、デジタルマンモグラフィに対してはRMI社156ファントムに、京都科学社に依頼して作成したステップチャートに模擬腫瘍と模擬石灰化を配したファントムの組み合

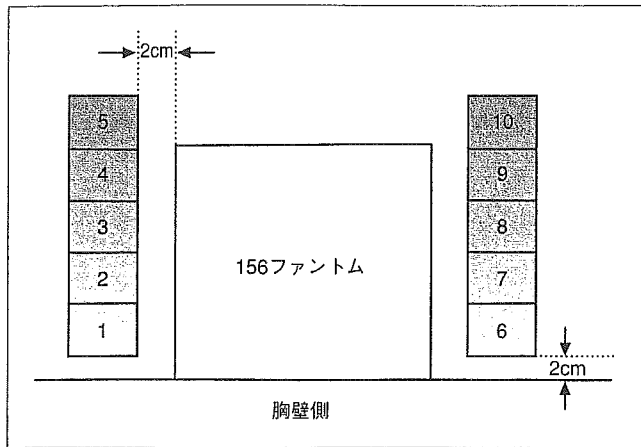


Fig. 3-2 ファントム配置図(28kV Mo/Mo D: 1.5±0.05)

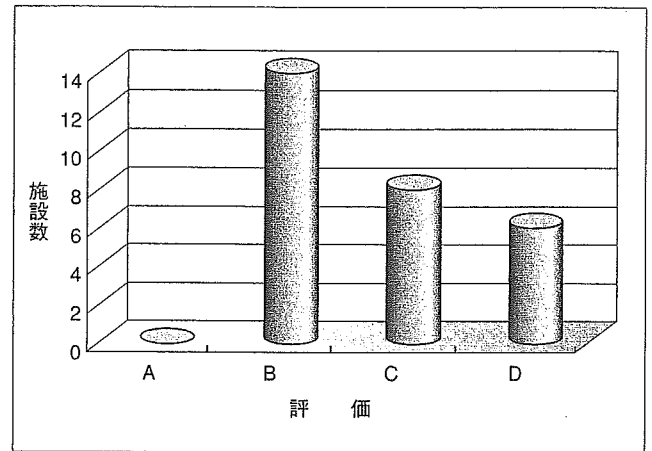


Fig. 4 臨床画像評価結果(n=28)

わせファントム (Fig. 3-1, 3-2) を用い、ハードコピーによる評価を行った。

ドライ方式のイメージャを用い、階調を改善することによりB評価を獲得できるという報告がなされた (Fig. 4)。ウェット方式の場合には、最高濃度は3.2までしか保障されておらず、マンモグラムの焼付けには適さない。

しかし、臨床評価では、デジタルではアーチファクトは生じにくいですが、高濃度域・あるいは低濃度域のコントラスト、書き込みムラやノイズなど、デジタル独特の評価が必要であることから、今後デジタルにあわせた基準の検討が必要であることが明らかとなった。

6. 撮影技術習得には

撮影技術習得には、マンモグラフィに関与するすべ

ての事項についての知識と、理論に保証された技術の訓練が必要である。テキストとしては、日本医学放射線学会乳房撮影委員会編：マンモグラフィガイドライン (医学書院、東京)、大内憲明編集：マンモグラフィによる乳がん検診の手引き—精度管理マニュアル— (日本医事新報社、東京)、日本放射線技術学会 放射線医療技術学叢書14-2 乳房撮影精度管理マニュアル (改訂版)、は必須である。また、本年2月、日本放射線技術学会学術委員会 平成12・13年度 学術調査研究班 マンモグラフィのデータベース班の作成した「マンモグラフィ 典型的症例画像データベース」のCDは、専門医のスケッチ入りの画像解説がなされており、有用である。

参考文献

- 1) 日本放射線技術学会放射線撮影分科会 乳房撮影ガイドライン・精度管理普及班：乳房撮影精度管理マニュアル、(1996)。
- 2) 市原 周：乳腺病理学、名古屋大学出版会、名古屋、(2000)。
- 3) 日本乳癌学会：臨床・病理乳癌取り扱い規約、第14版、金原出版、東京、(2000)。
- 4) 日本医学放射線学会乳房撮影委員会編：マンモグラフィガイドライン、医学書院、東京、(1998)。
- 5) 遠藤登喜子、堀田勝平：デジタルマンモグラフィ評価基準検討の現状報告、日本乳がん画像研究会第1回デジタル分科会プロシーディング、3-9、(2003)。

第59回総会学術大会シンポジウム III

会期：平成15年4月13日

会場：パシフィコ横浜会議センター

コンピュータ支援診断：魅力と課題

座長集約

1. 基調講演 コンピュータ支援診断の現状と将来

2. マンモグラフィのCAD—医師の立場から

3. マンモグラフィのCADの魅力と課題：医師の立場から

4. マンモグラフィCAD開発の技術的な立場から

5. 集団検診における低線量らせんCTを用いた
肺野結節の読影支援システム6. 経時差分画像の臨床的有用性について
—放射線科医の立場から—7. びまん性肺疾患の鑑別診断に対するニューラル
ネットワークの応用8. 胸部コンピュータ支援診断(CAD)システムにおける
技術的課題

杜下淳次

京都医療技術短期大学診療放射線技術学科

佐々木康夫

岩手県立中央病院放射線科

土井邦雄

シカゴ大学放射線科

遠藤登喜子

国立名古屋病院放射線科

難波 清

プレストピアなんば病院

藤田広志

岐阜大学大学院医学研究科知能イメージ情報部門

草野 涼

株式会社日立製作所日立健康管理センタ務局

渡辺秀幸, 岡崎浩子, 青木隆敏

産業医科大学放射線科

小田敝弘, 村上誠一

産業医科大学放射線部

芦澤和人

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科放射線生命科学講座

放射線診断治療学

桂川茂彦

日本文理大学工学部情報メディア学科

座長集約

杜下淳次

京都医療技術短期大学診療放射線技術学科

佐々木康夫

岩手県立中央病院放射線科

1980年代初頭、シカゴ大学で始まった本格的なコンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis, CAD)の研究は、やがてその重要度と必要性が認識されるにつれて急速な勢いで世界中に広まり、さまざまな学会において、年々、研究発表の数が増加している。2001年の北米放射線学会(Radiological Society of North America, RSNA)のオープニングセッションではコンピュータ支援診断がテーマとして取り上げられ、シカゴ大学から2名の放射線科医(Heber MacMahonとRobert Schmidt)がそれぞれ、胸部画像に対するCADとマンモグラフィに対するCADの講演を行った。この出来事は、放射線医学会においてCADが将来大きく貢献すると認識がなされた一つの表れといえる。

CADの実用化に目を向けると、1998年、世界で最初のCADシステム(マンモグラフィの微小石灰化と腫瘍の検出に対するCADシステム)に対してFDA(米国食品医薬品局)が認可を出し商品化されて以来、2003年春の時点で、三つのマンモグラフィのCADシステムの商品化と、二つの胸部単純X線写真に関するCADシステム(結節状陰影の検出と、経時差分画像システム)が商品化されている。本学会では、これまでに土井邦雄教授(シカゴ大学)をはじめとするエキスパートの先生方に講演をしていただき、会員のCADに対する理解が深まりつつある。これらと並行して画像分科会では、CADセミナーを年に数回継続して開催しており、CADの研究を自分で行いたいと考える会員が年

々増加している。このような講演やセミナーを通してCADの概念と技術的な知識は確実に広まりつつあるといえる。一方で、CADを臨床医がどのように捉え、いかに利用したいと考えているのかについての話を聞くチャンスはほとんどなかった。そこでこのような素朴な疑問に対する答えを見いだすべく、今回、本学会では初めてのCADに関するシンポジウムの開催となった。このシンポジウムでは、CADの研究の第一人者である土井教授にCADの現状と将来展望についての基調講演をお願いした。続いてCADをよく理解されている5名の臨床医と2名のCAD開発の研究者にCADの魅力や課題についてお話いただいた。

講演内容の詳細については、各シンポジストの原稿を参照いただくとして、ここでは、全員で論議した内容について触れたいと思う。まず、CADは臨床でどの程度有用なのかという点については、マンモグラフィの微小石灰化の検出に関して、かなり診断の精度の向上と効率化に貢献している(難波)、マンモグラフィにおいて微小石灰化だけではなく、ほかにも多くの使用目的があり、それに答えてくれるようなシステムの開発に期待したい(遠藤)、胸部の経時差分画像は、特に読影の疲労度が高まってきたときに見落としを防いでくれると考える。さらにCTの差分画像システムの早期実用化に期待している(渡辺)、胸部領域でCADは有用であり、CADシステムと医師との信頼関係が重要である(芦澤)、など臨床医からCADに対して前向き

な意見が多く出された。つぎに、偽陽性をどこまで許容できるかという点については、マンモグラフィにおける腫瘍の検出に対するCADに関しては課題が残るものの、微小石灰化については問題ないレベルである(難波)、胸部領域では、現状のレベルでそれほど大きな問題とは考えていない、とする意見が大多数であった。また、CADの性能(病変に対する検出感度と偽陽性率)は年々向上しており、いままでのように努力を続ければかなり改善されるとの考えや、現在のCAD研究と実用化は氷山の一角であり今後ますます広がりを見せる(土井)との予想もあった。CAD開発の研究者の立場からは、CADの対象はまだたくさんあることや(藤田)、医師とともに仕事をしている本学会員がCADの研究に携わることを希望する(桂川)、などの意見を聞くことができた。

このシンポジウムは、最終日の最後の時間帯の開催であったにもかかわらず、多くの方が会場に足を運んでくださったことから関心の高さを実感した。また、各シンポジストは、膨大な研究成果を一人あたり15分という大変短い時間のなかで、適切にまとめたいただき、しかも、分かりやすく話していただいたので、聴衆のみなさんにもCAD研究と実用化の現状と将来について得るところが大きかったと確信する。数年後に、再び、今回のようなCADのシンポジウムが開催されることを願っている。

1. 基調講演 コンピュータ支援診断の現状と将来

Progression

土井邦雄
シカゴ大学放射線科

コンピュータ支援診断についての本格的な研究は、約20年前に始まったが、その実用化は、最近急速に進展しつつある。特に、米国におけるマンモグラフィを用いる集団検診では、早期の乳癌の検出に大きな役割を果たす可能性が示されている。例えば、CADを利用することによって、乳癌の検出率が約20%増加することが報告されている。微小石灰化や腫瘍を検出するCADの実用装置は、すでに三つの会社(R2, CADx, iCAD)によって商品化され、FDA(米国食品医薬品局)の認可も得られている。2003年の7月には、R2は1000台の装置を出荷したと報告されている。CADに関する基礎的な研究や、臨床応用に関する研究発表は、北米放射線医学会(RSNA)に多く発表されているが、昨年は、全部で134件以上の発表があった。その前の2001年には、86件の発表があったので、1年で50

%以上増加したことになる。RSNAでの研究発表の内容には、胸部、乳房、大腸、骨、血管系、肝臓、および脳の七つの臓器が含まれている。そこで、CADに関する研究発表は、今後も、更に増加すると予測される。

CADの次の実用化としては、胸部単純写真や胸部CT画像による肺癌の検出が考慮されている。胸部単純写真における結節状陰影の検出に関するCADの装置は、アメリカではDEUSという会社と、日本では三菱スペースソフトウェアという会社によって商品化されている。三菱は、経時差分画像を作成するシステムも商品化している。DEUSは、フィルム画像のデジタル化による方式とデジタル胸部画像による方式の両者について、FDAの認可を受けている。CT画像における結節状陰影の検出に関するCADの装置は、R2



Fig. 1 低線量CTによる肺癌集検における検出の困難な見落としの4例
コンピュータの結果(マル印)は、これらの結節状陰影を正しく検出。

によって商品化され、すでにヨーロッパで販売されている。Fig. 1は、低線量CTを用いる肺癌の集団検診において、見落とされていた検出の困難なノジュールを示している。しかし、Fig. 1に含まれるマル印のマーカーは、コンピュータによるCADの手法が、正しくノジュールを検出していることを示している。そこで、このようなCADは、医師による見落としを減少させる可能性があるとして期待されている。

更に、CADの実用化については、腹部CT画像による大腸癌の検出についての研究も注目されている。Fig. 2は、大腸ポリープの検出についての内視鏡による結果とCTコログラフィについてのCADによる結果の比較を示す。これらの結果は、よく似ており、いずれもポリープを明確に示しているのが明らかである。そこで、多くの研究者は、腹部CT画像による大腸癌の集団検診の実現の可能性があると考えている。これらのテーマは、CADの研究や開発にとっては、氷山の一角と考えられる。何故ならば、CADの基本的な考え方は、一般的で幅広いものであるから、将来、すべての画像診断において、多くのCADの手法や技術が開発されると期待されるからである。そこで、最近では、医用画像診断装置に関係する多くの主要企業が、CADを商品の一部とすることに大きな努

力を払い始めている。

CADの技術には、病巣の検出だけでなく、病巣の性質を詳しく定量的に分析することも含まれる。この定量分析は、良性和悪性の区別や、更に複雑な鑑別診断も対象になる。マモグラムにおける腫瘍や微小石灰化についての良性和悪性の区別や、胸部写真における間質性疾患についての鑑別診断などの研究では、すでにCADの特性は、医師の特性よりもすぐれていることを示している。Fig. 3は、胸部単純写真における六つの結節状陰影についてのコンピュータが求めた悪性度(likelihood of malignancy)を示している。ここでは、線形判別法(LDA)と人工ニューラルネットワーク(ANN)の二つの手法を用いた結果が示されている。両者の結果には、若干の差があるが、大体同様の傾向を示している。これらの結果を用いて、放射線科医による良性和悪性の結節状陰影を区別する観察者実験が行われた。Fig. 4は、ROC曲線による結果を示す。ここでは、放射線科医のROC曲線が一番低いが、コンピュータの結果を利用すれば、放射線科医のROC曲線は、大きく改善されることを示している。しかし、コンピュータの結果は、それらよりもすぐれている。このことは、現在のところ、放射線科医は、コンピュータの結果を十分に利用できていないことを示している。

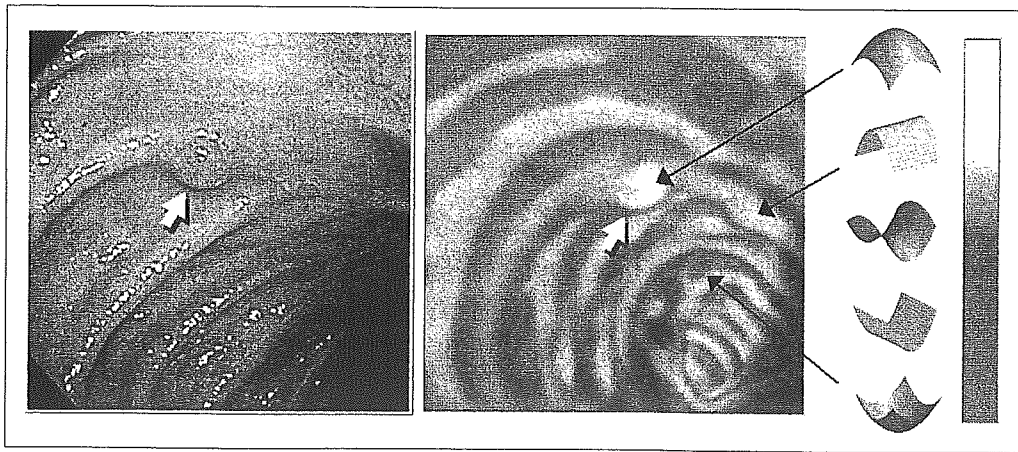


Fig. 2 内視鏡とCTコロノグラフィによる大腸ポリープの検出の結果の比較

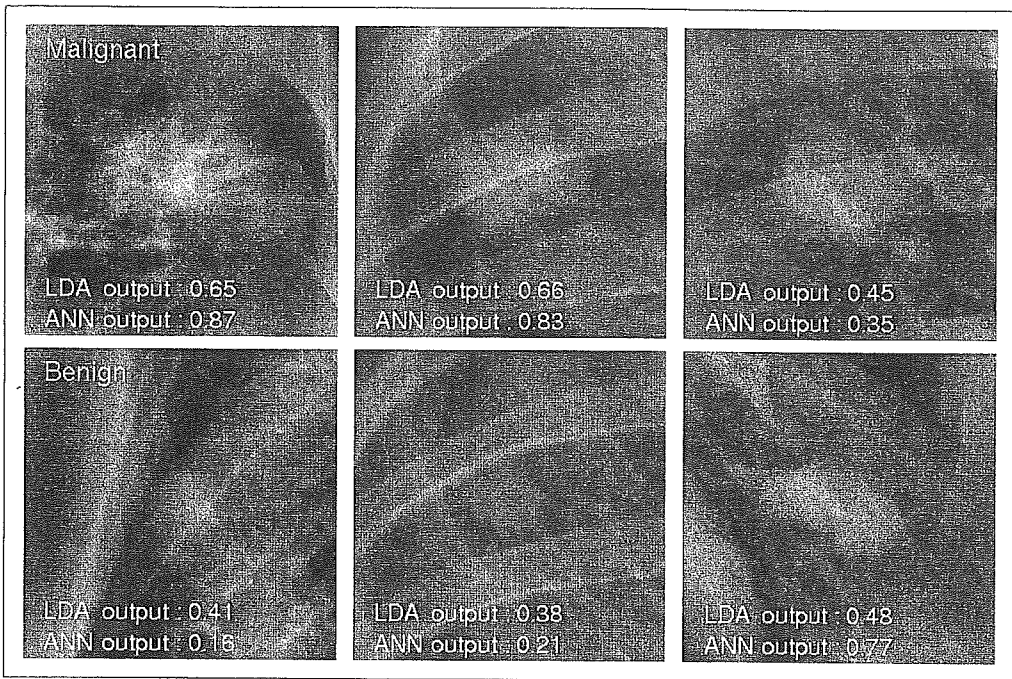


Fig. 3 胸部単純写真の結節状陰影についてのコンピュータが求めた悪性度
LDAは線形判別による方法、ANNは人工ニューラルネットワークによる結果を示す。

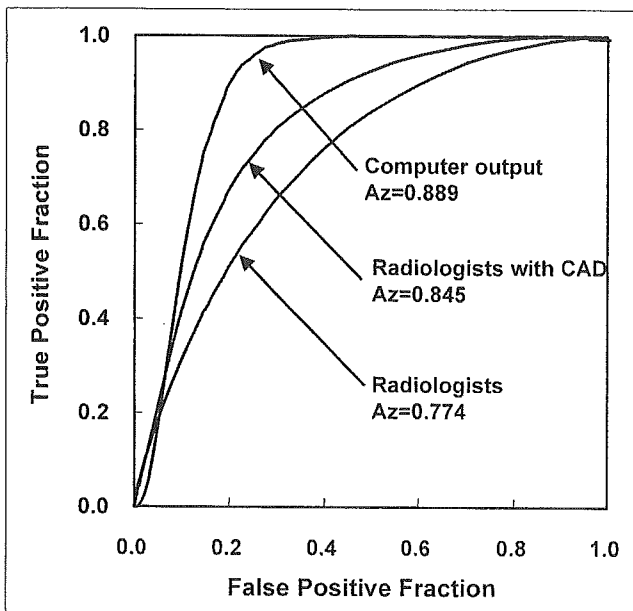


Fig. 4 胸部単純写真における結節状陰影の良性、悪性の区別に関するROC曲線の比較

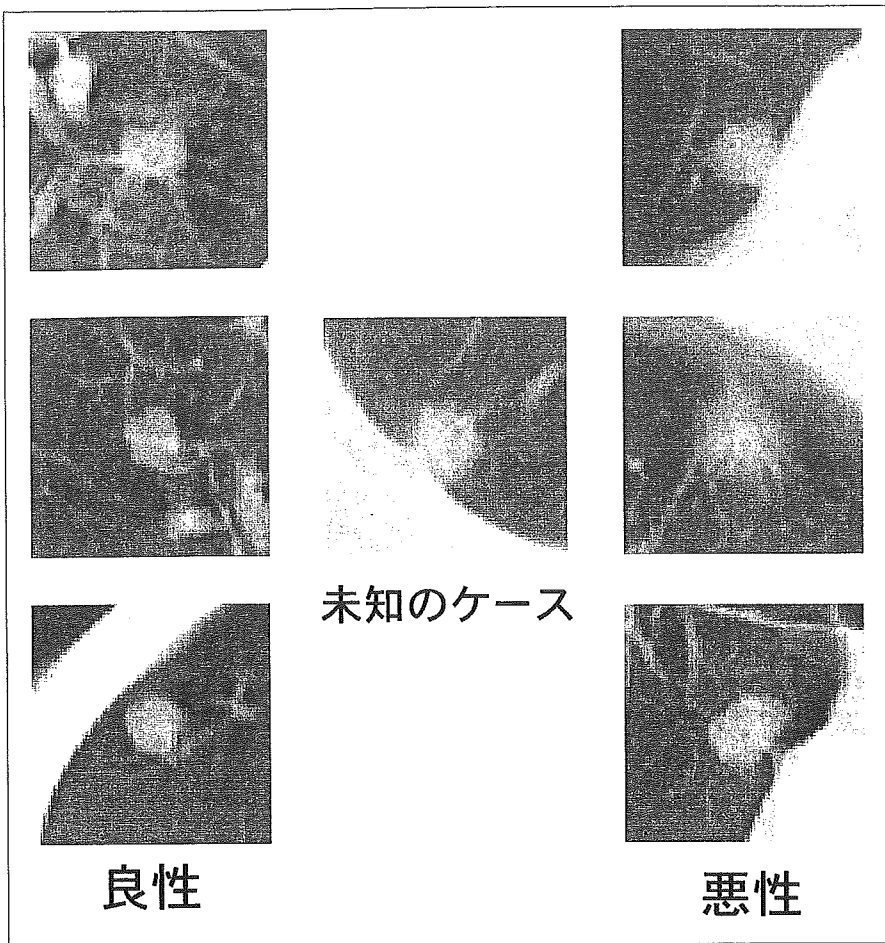


Fig. 5 低線量CT画像における未知の結節状陰影(中央)と、類似している良性の例(左)と類似している悪性の例(右)との比較

と思われる。その理由の一つは、医師がコンピュータの結果に、まだよく慣れていないことが考えられる。将来、医師が、コンピュータの結果とその特性についての経験が増加すると、コンピュータの結果を上手に利用することができるようになるかもしれない。しかし、放射線科医がコンピュータの結果をよく利用できていない別の理由は、コンピュータの結果が、“数字でしかない”ということにあるかもしれない。放射線科医は、多くの画像を眺めることによって画像診断の知識を構築しているので、数字をそのまま信頼することはできるのだろうか？これは、大きな疑問だと思われる。そこで、コンピュータの結果を、数字ではなく、放射線科医が理解できる画像に置き換えて、つまりCADの出力の一部を画像によって表示してはどうかという考えが出てくる。その具体的な手法は、類似画像の提示だと思われる。つまり、未知の結節状陰影について、これと類似する画像をデータベースの中から探す。その結果、類似している良性の結節状陰影と、類似している悪性の結節状陰影を、未知の結節状陰影の横に表示する。そして、放射線科医の判断のための支援をする。Fig. 5は、低線量CT画像における結節状陰影についての類似画像を示している。この例で

は、中央にある未知の結節状陰影は、良性の結節状陰影よりも、悪性の類似画像によく似ていると多くの観察者は判断している。事実、中央の例は、悪性の結節状陰影である。このような例を多く用いて、ROC曲線による実験が行われている。その結果は、類似画像を用いることによって、放射線科医のROC曲線が改良されることを示している。

そこで、将来は、このようなすぐれた特性のCADを、どのように実用化するのが問題である。コンピュータ支援診断に含まれる手法には、病巣の検出に関するCADと、検出された病巣の鑑別診断に関するCADがある。病巣の検出についてのCADでは、コンピュータの結果は病巣の位置を示す。そこで、放射線科医は、コンピュータの結果が正しいかどうかを、比較的自信を持って判断できる。そのため、CADの効果は、理解しやすく実用化が進んでいるのが現状である。しかし、鑑別診断についてのCADでは、良悪性の程度の尺度や病気の確率が数字などで表示されるため、コンピュータの特性が放射線科医よりすぐれていても、その数字を信頼することが困難である。実際、ROC曲線を用いる観察者実験の結果によると、放射線科医はコンピュータの結果を利用することによって、

鑑別診断の正確度が改善されているが、コンピュータのレベルまで、まだ到達していないのが実情である。そこで、放射線科医が自信を持って積極的にコンピュータの結果を利用できるような工夫を考案することが必要である。そのために有効な手段の一つは、類似画像の利用が考えられる。その理由は、放射線科医の知識は、多くの画像を見ることによって構築されているからである。実際、未知の病巣を含んだ臨床画像については、放射線科医は、時折、教科書やティーチング

ファイルなどのケースを参照することが知られている。しかし、類似画像をCADに利用するには、次のような問題点を理解しておくことが必要である。(1)類似画像は、主観的および客観的にどのように定義するのか？(2)類似画像は、どの程度役に立つのか？(3)類似画像は、どうやって探すのか？そこで、今後は、CADに関する研究と臨床実用が大きく進展することが期待される。

2. マンモグラフィのCAD—医師の立場から

読影医の立場から

遠藤登喜子

国立名古屋病院放射線科

50歳以上の女性を対象としたマンモグラフィ併用乳がん検診の開始に伴い、多量のマンモグラムに対し精度の高い読影が要求されるようになり、医師の負担が増大している。こうした社会状況を背景に、マンモグラムのCADが持つ魅力と課題を分析した。

1. マンモグラフィのCADの社会的背景

2000年3月、厚生省(当時)老人保健福祉局老人保健課長名による「がん予防重点健康教育及びがん検診実施のための指針」の一部改正について(通達老健第65号)により、50歳以上を対象としてマンモグラフィが乳がん検診に導入されることになり、マンモグラフィ併用検診が増加しつつある。平成13年度厚生労働省がん研究助成金「50歳未満の画像による乳がん検診の有効性に関する研究」班により全国の市区町村を対象として施行されたマンモグラフィ併用検診の導入に関するアンケート調査では、一部でもマンモグラフィを併用している場合もマンモグラフィ検診実施と算定した場合の実施率は、平成11年度の22.8%から平成13年度には40.8%となり(Table 1)、平成14年度には通達によって予算措置を開始する市区町村によってさらに増加することが見込まれており、今後急速に大量のマンモグラムの読影が要請される状況となっている。

一方、読影ではダブルチェックが行われること、ダブルチェックのうち少なくとも1名はマンモグラフィ検診精度管理中央委員会(以下、精中委と略す)の行う講習会を修了していることが要求されている。講習会受講者は2003年3月末現在2,800名(2003年8月現在3,200名)であり、マンモグラフィの読影法が統一化されつつあることは確実である。講習会では、日本医学放射線学会/日本放射線技術学会編「マンモグラフィガイドライン」²⁾による所見用語を用いて表現することやカテゴリーを用いて判定することが教育され、これ

らによる表現が浸透してきている。所見は腫瘍・石灰化に加え、局所的非対称性陰影・構築の乱れなどのその他の所見が提案されている。その他の所見は新しい概念であり、新しい用語により新しい所見の認識がなされてきている。従来の腫瘍と石灰化の所見だけでは、乳癌症例の70%しか表現されなかったという報告もあり、今後、マンモグラフィ検診によって、より小さい、あるいはより早い時期における乳がんの発見がなされるようになると、更にその他の所見の占める割合が多くなることも予想される。

また、一方で、マンモグラムの画質の改善も進んできている。検診マンモグラムの撮影は前記通達によって精中委の行う講習会を受講した診療放射線技師が行うことが求められており、講習受講技師も読影医師とほぼ同数程度に達しており、これが画質改善の原動力となっているのはいうまでもない。精中委による施設画像評価では、認定施設が150施設(2000年8月現在200施設)以上にのぼっている。

以上述べたように、現在、マンモグラフィでは共通した読影法の普及と画質の向上が進んでいる。共通した読影法はCADの開発にも導入されるべき知識であり、また、画質の改善はCADにとっても病変の検出・診断をより容易にする最大の因子であることから好条件となっている。

2. マンモグラムCADに対する要求とCADの現状

CADに対する医師の期待は、自分の「不足するところ」を補ってくれるものである。その「不足するところ」はさまざまであり、したがってCADへの期待もさまざまである。マンモグラフィ診断に自信を持ってない医師は正しい診断を教えてくれるCADを、自信のある医師はうっかりミスを防ぐCADを、また、あまりにも多忙な医師は自分の代理ができるCADを欲しい

Table 1 マンモグラフィ併用乳がん検診の実施状況

平成13年度厚生労働省がん研究助成金 「50歳未満の画像による乳がん検診の有効性に関する研究」班 分担報告による		
対象:全国の市区町村のうちアンケートが回収された2664市区町村 (回収率81.8%)		
一部でもマンモグラフィ併用検診を実施している市区町村数		
平成11年度 22.8%	平成12年度 30.3%	平成13年度 40.8%
(平成12年3月老健65号)		

と思うであろうので、CADはさまざまに開発されるべきである。

現実には、現在実用化されている、あるいは開発されつつあるCADのほとんどが病変のスクリーニングを目的として開発されたものである。マンモグラフィ検診で発見される乳がんは、非触知であり、従来の乳がん比べてより小さいあるいはより早期の病変である。そのため、小さく淡い腫瘍、腫瘍というにはあまりにも淡い局所的非対称性陰影、淡くかつ数の少ない石灰化、あるいは腫瘍としての濃度を伴わない構築の乱れなどの所見を呈しており、医師は発見にも診断にも、細心の注意を持って読影に当たらなければならない。このような状況にあるマンモグラム読影医師は、CADに対して適切に助言してくれる道具を心から求めているのである。

現在開発されているマンモグラムのCADの検出対象は、腫瘍と石灰化である。著者が関連している岐阜大学大学院医学研究科再生医科学専攻 再生工学講座 知能イメージ情報部門 藤田研究室でのCADの腫瘍検出能は、マンモグラム1枚あたりの偽陽性を1.9個としたときに、真陽性率93% (111/120)、真陰性率13% (457/3,455)である (Table 2)。また、石灰化の検出能は、マンモグラム1枚あたりの偽陽性数を0.50個としたときには真陽性率94% (77/82)、真陰性率72% (685/956)であるが、偽陽性数を0.91個としたときには真陽性率98% (80/82)、真陰性率57% (541/956)である。もちろん、これらの成績は「この程度の偽陽性を許容するとすれば」という条件下の成績であり、いわば「成績の一断面」である。CADはチューニング次第でさまざまな成績を演出することが可能であり、その条件は医師がCADのさまざまな成績断面を理解し、どのように使うかを定めることによって決まるものと考

Table 2 腫瘍・石灰化の検出性能 対象：診療マンモグラム 腫瘍の検出率

真陽性率	真陰性率	偽陽性数
111/120 (93%)	457/3455 (13%)	6744/3575 (1.9個/1枚)

石灰化クラスタの検出率

真陽性率	真陰性率	偽陽性数
77/82 (94%)	685/956 (72%)	522/1038 (0.50個/1枚)
80/82 (98%)	541/956 (57%)	949/1038 (0.91個/1枚)

(注)TPを下げれば偽陽性数を減少させることができる

えられる。

3. CADへの期待

以上、述べてきたように、マンモグラフィ検診が開発されたことにより読影法の統一化や画質の向上がなされてきている。しかし、実際にはマンモグラフィ検診は現在普及しつつあり、普及によって発見診断される乳がんも変化してきている。言いかえると、現在医師が認識する所見のすべてがCADのソフトに組み込まれているわけではない。すなわち、CADはある所見については医師を助けることができる能力を持っているかもしれないけれども、ある所見に対しては全く能力を持ち合わせていない。こうした能力について、医師に正しく伝えることがCADを道具として正しく評価することにつながると考えられる。

その意味で、今必要なのは、医師がCADに求めているものが何であるかを理解したうえでCADを開発すること、開発したCADについては開発の目的としたものが何であるか、どの程度の性能を持っているかを医師に理解させるという、相互理解をすすめることである。そして、使用目的に沿った適切な対象を選び、どのように、どの程度に有用であるかを明らかにするための大規模・共同実験を行うことが必要である。著者は、現在の性能でも、石灰化の検出については十分使用できる成績であり、かつ一方では微細・少数の石灰化の検出は非常に医師に負担となっているという読影の現状からも、十分に有用であろうと予想している。今後は、操作性の向上など、実用面での改善と経済性についての検証などが必要であろう。

参考文献

- 1) 遠藤登喜子：50歳未満の適正な乳がん検診のあり方に関する研究。厚生労働省がん研究助成金による研究報告集 平成13年度、239-245、国立がんセンター、(2002)。
- 2) 日本医学放射線学会／日本放射線技術学会編：マンモグラフィガイドライン。医学書院、東京、(1999)。

3. マンモグラフィのCADの魅力と課題：医師の立場から

難波 清
ブレストピアなんば病院

はじめに

マンモグラフィ専用CAD(ImageChecker™, R2 Technology社, U.S.A.)(Fig. 1)は, 米国で放射線科医が見過ごす非触知乳癌の約20%の8割近くを検出できることを根拠に, 診断補助装置として認可され, 臨床応用に到った. 現在, 米国を中心に約1,000台が稼働している. 当院では, 1997年からアジアで初めて同機器を導入評価し, 積極的にMMG読影に活用してきた. その結果, CADによる精度向上, 読影効率の向上などの効果がみられている. 本稿では, それらの経験とデータをもとに日本の医療環境も加味して, 実地臨床から見たCADの魅力と課題について考察した.

なお, スペースの関係でシンポジウムのプレゼンテーションと内容が若干異なることを断っておく.

1. 人とのインターフェイスからみた魅力

検診の読影では, 精度を上げコストを下げるのが必須である. 精度向上では読影医によるばらつきを少なくして平均的に向上させることが重要である. CADが人の仕事と大きく異なる点は, どの機器もおおのの仕様に対応した能力を有し, 疲労や不注意のような人為的な見過ごしはなく, 老化, 退化などとは無縁で常に進化することである. しかも助言はこちらの注文があればするが, 決して主観的, 感情的にならず, 不平, 不満も言わない. 信頼に足る能力を有するCADであれば, マンモグラム読影の最良のパートナーになり得る. 日本で唯一CADを用いた読影をルーチンに行っている経験豊富な当院の医師に対するアンケート調査結果もそれを裏付けている(Fig. 2).

2. 精度向上への貢献(Table)

CADに強く求められるものは, 1st readerを凌ぐほどの高い精度である. しかも, それは腫瘍像, 微細石灰化像, 構築の乱れなどのあらゆる所見で要求されている. CADはそのすべての要求に対して同時進行的に開発が進んでいる. ImageChecker™は石灰化像と腫瘍に対してそれぞれ▲と*の2種類のマークが使われる. 当院における無症候性乳癌の両側2方向4枚のマンモグラムを用いたretrospectiveな検討では, 症例別のsensitivityとfalse positive marks(1枚のフィルムに割り当てられたおおのの所見に対するマークの数)は, 石灰化像と腫瘍像がそれぞれ100%, 0.25marks/film, 94%, 0.17marks/filmであった. さらに, 腫瘍像検出能の精度

向上もソフトウェアのversion upにより達成された.

3. 秀でた石灰化検出能の魅力とその臨床応用

マンモグラム読影の手順は, 広く眺めてフィルムの適正, 左右対象性などを掴む全体像の把握, 腫瘍像や構築の乱れなどの石灰化像以外の局所的異常像の把握, ルーペを用いた微細石灰化像の把握と検出した異常像の最終的な評価が一般的である. このなかの微細石灰化像の把握は, スクリーニング・マンモグラム読影に携わる医師にとって, 心身ともに一瞬の油断もできない点と最も長い時間を要する点で, 最も大きな労作とストレスを課す. 特に, 多数のフィルム読影後, 石灰化の見落としをしなかったかという不安感はどうな熟練医でも消えることはない. 当院での経験では, CADがほぼ100%のsensitivityを達成したことは読影医の悩みを取り除くことにつながった. さらに当院の読影医がCADなしの読影は考えられないというくらいに, CADを重要なパートナーとして扱うようになった. 逆に, 石灰化検出についての高い信頼がなかったら, どの医師もCADを簡単には受け入れなかったであろう. 石灰化の100%のsensitivityは人とCADとの間の強い絆の原点であると言っても過言ではない.

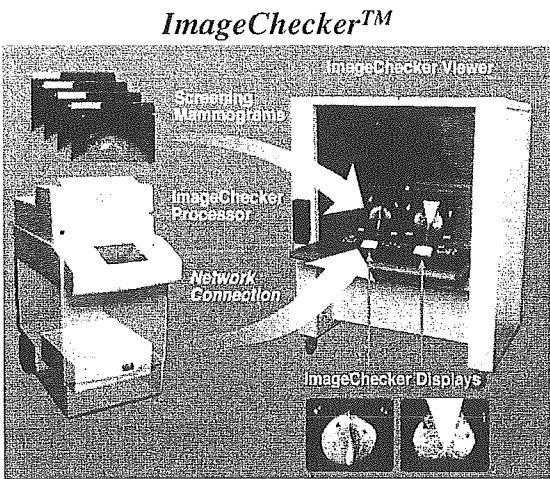
さらに, 読影医が見落とすことを許されないような石灰化像の検出能が100%であるという保証があれば石灰化像についてはCADを1st checkerとして活用できるようになる. そうすれば, 最も時間のかかる石灰化像検出のためのスキャン作業の時間を短縮できるようになる(Fig. 3).

いったん, sensitivity 100%を達成した石灰化については, 開発者は100%を死守するという気持でspecificityの向上を図ってもらいたい.

4. 診断マンモグラフィにおけるCADの役割

診断のための読影では, 検出された異常画像の良悪性の判定を行う. CADはデータベース(DB)に基づいて客観的に可能性を示してくれる. 医師は自分とCADのおおのの客観的指標を比較して, 医師の主観を加えて最終判断を行う. ROCカーブを用いた数多くの検討では, CADによる診断精度向上の効果が証明されている. 当院の集簇石灰化画像の個々の石灰化の形態パターンと乳管内病変の病理組織学的亜型との比較をもとに%で悪性の可能性を示すように作成されたCAD(開発段階)は, 良悪性をほぼ90%の感度で判定可能で

- 世界初の MMG専用CAD装置
- 1997年9月: 当院に導入
 - 2003年3月までに延べ約6万件施行
- 1998年6月: 米国FDAが認可
 - 根拠
 - 専門医: 15%の見落とし
 - CAD: その 85%を検出
 - 石灰化: 98% 腫瘍: 75%
 - 要精検率は不変
- 2003年現在設置台数: 米国でほぼ1,000台
- 他に2社が参入
- マンモのデジタル化で急速な普及が予測される



ImageChecker™
R2 Technology, Inc., CA, U. S. A.

Fig. 1 マンモグラフィ専用CADの進歩

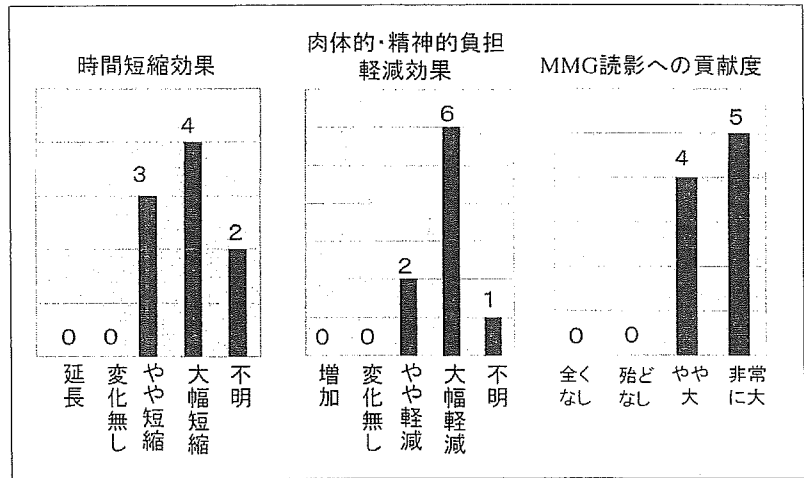


Fig. 2 CADに関するアンケート調査

Table 無症候性乳癌におけるCAD評価能の進歩 Ver. 1.2とVer. 2.2との比較

	Ver. 1.2	Ver. 2.2
Case Sensitivity:	86%	96%
Calc cases:	100%	100%
Mass cases:	79%	94%
Lesion Sensitivity:		
Calc lesions:	100%	96%
Mass lesions:	56%	88%
False Positive marks:	0.79/film	0.42/film
Calc marks:	0.58/film	0.25/film
Mass marks:	0.20/film	0.17/film

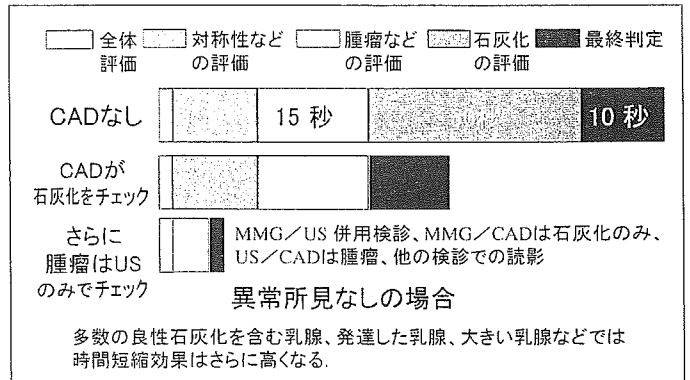


Fig. 3 CADによる読影時間短縮効果

ある。シカゴ大学では、膨大な画像DBから対象画像に類似した画像をいくつか選択して示し対象画像と比較させることで、パターン認識の活用も加えた人の判断に近付けたCADを開発中である。

5. CADの課題と展望 (Fig. 4)

CADは今後もより高い完成度を求めて発展し続けるであろう。この発展のためには、技術の発達に並行して着実に段階的な臨床応用の進展が必要である。そのためには、臨床側のニーズの優先度を開発側がしっかり把握しておかねばならない。マンモグラフィ専用CADは米国を中心に発展してきたが、その需要の質や量は各国における乳癌の頻度や死亡率、検診にかかわり得る人、もの、お金、さらには制度や方法などによっても異なる。例えば、日本ではマンモグラフィ検診の普及に並行して、人、もの、技術のインフラが米

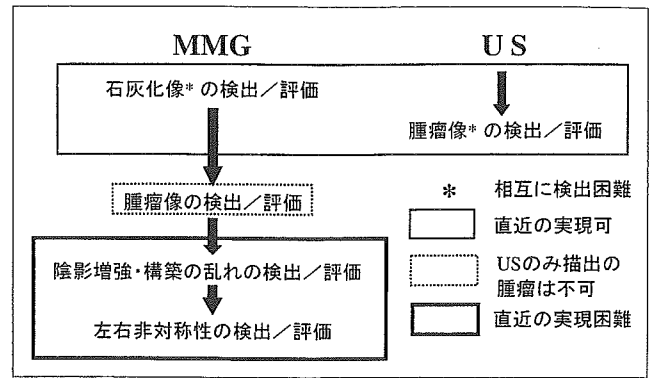


Fig. 4 モダリティ別のCADの進歩と位置付け

国に比べ、はるかによく整備されている超音波検査を無視できない。そのような臨床側の要求や実態を見据えたうえで目標を設定し、柔軟な姿勢で開発を進めていくことが肝要であろう。

4. マンモグラフィCAD開発の技術的な立場から

シンポジウム

藤田広志

岐阜大学大学院医学研究科知能イメージ情報部門

はじめに

マンモグラフィCADは、米国のR2 Technology社により世界で最初にFDA(米国食品医薬品局)の認可を得て(1998年)、商品化に成功したCADであり、その後さらに二つの企業がFDAの承認を取得し商用化している(2003.7現在)¹⁾。著者の所属する岐阜大学の研究室でも、これまで医師や企業との共同研究により²⁾、マンモグラムをデジタル化する方式のCADシステムを中心に開発を行ってきており、シンポジウムでは工学系の技術的な立場から、マンモグラフィCADシステムの開発の現状と技術的な課題を中心に、主に以下の内容について報告した。

1. 検出と機能の向上

すでに商用化された三つのCADシステムは、コンピュータ支援検出(computer-aided detection, CAD)システムと呼ばれ、腫瘍と微小石灰化クラスタの二つの重要な癌病変の検出のみを対象としている。現在さらに開発や改良が進められている技術的に重要な項目として、これら二つの病変のさらなる検出性能の改善[特に、腫瘍陰影の検出率(TP)向上と偽陽性(FP)数の減少]や、これら以外の病変の自動検出法の開発がある。また、コンピュータ支援診断(computer-aided diagnosis, CAD)システムへの方向性から考えると、良悪性鑑別の処理機能やCADの結果に対する説明機

能の追加が挙げられる。前者の機能については、実験室レベルとしては、すでになりに性能の高いシステムが開発されている。

その他の病変として医師からの要望が多い重要なものが、「構築の乱れ」(architectural distortion)であり、これは腫瘍形成は明らかではないが、乳腺実質の局所的な引き込み、あるいは歪みと定義される。腫瘍検出アルゴリズムでは基本的には検出が不可能である。われわれの研究室では、乳房スキンラインに引っ張り込みがあるタイプと³⁾、乳腺内に歪みがあるタイプについて自動検出法の開発を行っている⁴⁾。その最近の検出性能は、前者のタイプではTP=94%、FP=2.3個(画像1枚あたり)、後者のタイプではTP=84%、FP=2.4個で、検出率は良いがまだFP数が多く⁴⁾、現在、アルゴリズムの改良を進めている。

2. デンスブレストへの対応

本邦の女性乳房の特徴の一つは、欧米の女性乳房に比べてデンスブレストであることであり、これは若年層で特に顕著である。必然的に、欧米女性を対象として欧米で開発されたマンモグラフィCADシステムを、本邦の画像データに適用した場合に、検出性能に相違が生じても不思議ではない。

われわれが開発中のCADシステムで検討した例であるが、50歳以上の症例における腫瘍の検出性能が

TP=91% (FP=1.1/image)であったものが、50歳未満の症例ではTP=79% (FP=1.4/image)に低下した⁵⁾。これは、後者ではデンスプレスト(あるいはデンス寄り)の割合が多く、そのために検出が困難になり、性能が低下したことが主な原因である。これに対して、CADシステムの検出アルゴリズムのパラメータ調整により(コンピュータでデンス乳房画像を自動認識させることが必要)、微小石灰化クラスタでは調整前のTP=88% (FP=0.16/image)から調整後のTP=97% (FP=0.76/image)に、腫瘍ではTP=67% (FP=1.2/image)からTP=81% (FP=1.3/image)に改善されることを確認しており⁶⁾、FP数は多少増えるが、検出率の向上が可能となることが分かる。このように、本邦におけるマンモグラフィCADシステムでは、デンスプレストに対応した機能を充実させることが特に必要であり有用であると考えられる。

3. 乳腺超音波CADシステムの開発

本邦においては、デンスプレストへの対応も考慮に入れて、超音波画像を利用した検診も多く利用されており、超音波画像のためのCADシステムの開発も複数の研究グループで行われている⁷⁾。われわれもこれまでに、検診で利用されている三次元乳腺超音波画像のためのCADシステムを開発している⁷⁾。ソフトウェアの基礎的な開発はかなり終了したと考えているが、むしろ検診用に精度良く高速に画像収集が可能な超音波撮像装置の実用化を待っている状態である。現在、国内外の複数の企業がそのような撮像系システムを開発しており⁸⁾、今後、これらのシステムとCADソフトウェアの融合により、検診で利用されるようになるまでに、それほど時間はかからないことが予測される。

4. 画質の影響とDRへの対応

一般にCADシステムに入力される画像の画質は、ある一定のレベルに保たれていることが望まれる。本邦で何年か前にマンモグラフィCADの商用機が輸入されたが、残念ながらその後、その商品は販売されなくなってしまった。これには複数の要因が考えられるが、そのなかには、当時、本邦においてマンモグラフィ環境が十分に整備されていない状態において、このCADシステムが使用されたことが大きく関係していると考えられる。最近では、マンモグラフィの撮影や画質に関する講習会が盛んになり、マンモグラフィの画質も一定のレベルに向上・維持されるようになってきた。このように、CADにとっても環境は良くなりつつある。

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装置の費用はもちろんであるが、処理に余分な時間と人手が入用なことである。また、画質の劣化も生じる。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)⁹⁾、CRは米国ではFDAの認可をまだ得ていない装置という問題も存在している(多くの資料が指摘しているように、乳房検査には従来型のCRは画質が不十分と考えられる)。しかし、最近では、50 μ m間隔の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FCR装置が開発され、今後の進展が期待される。フラットパネル検出器によるデジタルマンモグラフィ(DM)装置が、複数の企業からすでに実用化されFDAの承認を得ている。DM装置に求められる画質の検討も始まっており⁹⁾、CADにとっても環境は整備されようとしている。しかし、同一のCADシステムを異なるDMで利用したときに、フィルム以上に画質の相違が影響することが懸念され、今後の検討が必要である。

DM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DM時代の到来とともにマンモグラフィCADの普及は急速に加速するであろう。

5. 類似症例提示型CAD

類似症例提示法という新しいタイプのCADの開発を挙げることができる。医師がマンモグラムを読影するときには、過去の症例から学習した情報などをもとに行っているのはいうまでもないが、コンピュータにもデータベースに蓄積された過去の診断情報を参照し、医師と同様な処理をさせ、医師に診断の助けとなる情報を与えるものである。CADで単に病変候補の存在位置を示したり、その良悪性の鑑別結果を数値で提示したりするだけではなく、このような情報をも付加すれば、医師の診断に対する確信度はさらに高まるものと期待される。技術的には、検索法の開発や¹⁰⁾、データベースの充実などが挙げられる。世界中の病院のデータベースがネットワークを介して利用できるようになれば、巨大な“知のネットワーク”となり得る。

6. CADユーザへの十分な説明の必要性

しばしば、「こんなに大きな癌病変を指摘しないCADシステムは使いものにならない!」とか、「そんなに難しくないこんな病変が検出できない!」などということを技術展示などで耳にする。ここで、CADは自動診断システムではなく、支援システムであり、検出率は決して100%ではなく、偽陽性候補も提示してしまう。また、ある一定以上の大きさの病変を医師が見落とすとは考えにくい(毎年、定期的に検診を受診していれば、そんなに急激に病変が大きく急成長する

とは通常は考えにくい)。要するに、このような誤解を招かないためにも、ユーザはCADの定義はもちろん、利用するCADの検出対象の条件などをしっかりと理解する必要がある、また逆に、技術サイド(企業)もそのような“CADの能力の十分な説明”の努力が必要である。

しばしば、CADの性能の説明で「100%検出します」という表現を耳にするが、データベース依存性の方が大きいと考えられる。CADを支援診断ではなく自動診断として間違った利用がなされる危険性がある。このような数字を示すケースはむしろ要注意である。

参考文献

- 1) 藤田広志：マンモグラフィCADシステムの現状. Med Imag Tech, 21(1), 27-33, (2003).
- 2) 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).
- 3) 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. 医画情誌, 19(2), 69-72, (2002).
- 4) Matsubara T, Ichikawa T, Hara T, et al.: Automated detection methods for architectural distortions around skinline and within mammary gland on mammograms. Proc of CARS 2003, International Congress Series 1256, 950-955, (2003).
- 5) 藤田広志：40歳代の乳腺のコンピュータ解析. 日乳癌検診学会誌, 9(2), 175-181, (2000).
- 6) 藤田広志, 遠藤登喜子, 原 武史, 他：マンモグラムおよび超音波画像を用いたCADの開発と乳がん検診への導入の検討. 厚生労働省がん研究助成金「50歳未満の適正な乳癌検診のあり方に関する研究班」(班長：遠藤登喜子)における平成13年度がん研究助成金実績報告書.
- 7) 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).
- 8) 松中敏行：乳腺超音波. CADM NewsLetter, No.38, 8-9, (2003).
- 9) 堀田勝平：デジタルマンモグラフィに求められる画質. INNERVISION, 18(9), 122-125, (2003).
- 10) 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).

おわりに

マンモグラフィCADに必要なとされる技術的な検討課題を中心にまとめた。本邦では、初期のマンモグラフィCADの導入は、成功しなかったと言っても過言ではない。しかし今後は、デジタルマンモグラフィの普及とともにCADの導入が増えてくることが期待され、技術的な因子やその他の諸問題の解決とともに、本格的なマンモグラフィCAD普及の大成功を願うものである。

5. 集団検診における低線量らせんCTを用いた肺野結節の読影支援システム

Symposium

草野 涼

株式会社日立製作所日立健康管理センタ医務局

本邦における肺癌死亡者は、1997年に5万人を超え癌死亡の第1位になり、その後も増加の傾向である。2001年(調査期間2001年1月1日から2001年12月31日)の人口動態統計では、死亡総数の31.0%にあたる300,658人が悪性新生物によるもので、そのなかで気管・気管支および肺の悪性新生物死亡数は55,034人(男性39,904人, 女性15,130人)と非常に大きな割合を占めている。その肺癌の早期発見をすべく、胸部単純X線写真を用いた肺癌検診が全国的に展開されているが、およそ10年ほど前より本邦を中心とした新しい肺癌検診が行われるようになった。それが低線量らせんCTを用いた肺癌検診である。現在では国内外の諸施設が取り組んでおり、従来の胸部単純X線写真では指摘し得なかったようなごく淡い陰影を呈する肺癌や縦

隔・肋骨に重なって隠れてしまっていた肺癌、5ミリ前後という非常に小さな肺癌検出の報告がされている。しかし、受診者一人あたりに発生するCT画像は、10ミリ再構成画像では肺野条件・縦隔条件合わせて約60画像にもものほり、読影者への負担は従来以上のものになる。

当センタの例を挙げると、1日の受診者が約30名余りなので、60画像×30人=1,800画像を毎日2~3時間の間に読影しなくてはならず非常に労力が大きい業務となる。また肺癌取扱い規約改訂第5版の“肺癌集団検診の手引き”のなかでは『見落としを防ぐため、また不要な精検を避けるために2重読影を推奨する』としている。その一方では、現在胸部CT検診を行うための読影医は不足しており、一部の読影医に負担がかか