

Mammography

—アナログからデジタルへ—

Mammography — From Analog System to Digital System —

齋 政博 Masahiro Sai

東北大学病院 診療技術部 放射線部門

日本において乳がんが女性のがんの部位別罹患率の第1位を占めるなか、乳がん検診の重要性はますます高くなってきている。2000年に導入された乳がんのマンモグラフィ検診では、アナログシステムによる検診が中心に行われ、精度管理も確立したのとなっている。近年開発が著しいデジタルマンモグラフィにおいては、検診効率のアップとさらなる将来性を見据えた研究がなされている状況にある。これらを踏まえ、本稿ではデジタルマンモグラフィに関する研究から最近のデジタルマンモグラフィ装置の概要について述べる。

Nowadays when the breast cancer among women occupies the top rank of the morbidity rate in Japan, the importance of the chest cancer examination is becoming higher and higher. In the breast cancer examinations by mammography which was introduced in 2000, most of them are conducted with analog systems, and their precision control has been proved. In the meantime, in the digital mammography which shows remarkable progress in recent years, studies are going on for improved examination efficiency and development for future possibilities. Looking at these movements, this paper describes the study on the digital mammography as well as the outline of recent mammographic systems.

Key Words: Digital Mammography, DMIST, FPD, Soft Copy Diagnosis, PACS

1. はじめに

近年、日本人の乳がんの罹患率は年々増加傾向にあり、現在では約23人に1人の割合で罹患すると言われている。乳がん検診の重要性はアナログシステムを中心に確立されたものとなっているが、近年普及が高まっているデジタルマンモグラフィにおける評価は始まったばかりである。これらを踏まえて、今回はデジタルマンモグラフィにおける現在の状況、さらには今後のデジタルマンモグラフィについて述べる。

2. わが国の乳がん事情

乳がんは、欧米先進国のほとんどの国で女性のがん罹患率・死亡率の第1位を占めている。従来、わが国では欧米に比べると罹患率は少なかったが、近年その数は増加傾向にあり、女性のがんの部位別罹患率は乳がんが第1位となっている(図1)。その数は現在40,000人/年が罹患し、2015年には48,000人/年が罹患すると言われている。死亡数は2005年では1万

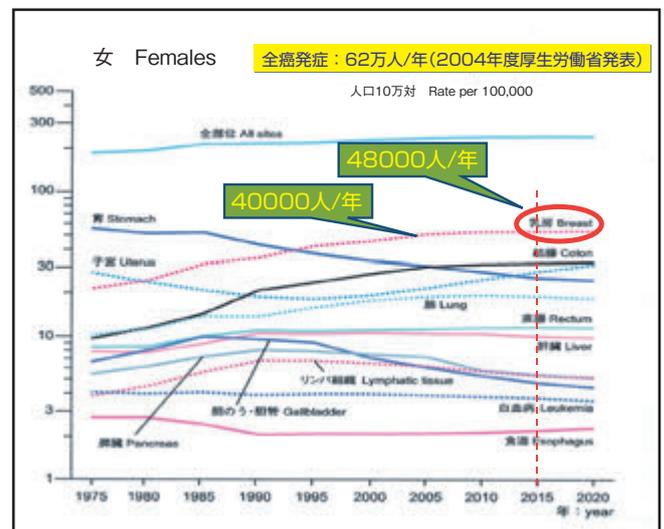


図1：部位別罹患率予測

人を超す方が乳がんで命を落としており、これは1970年の約4倍となっている(図2)。このままでは2015年の死亡数は11,500人と推測されている。アメリカ・イギリスをはじめとする欧米諸国では、乳がん発症率は増加しているものの死亡率は1995年から減少傾向が続いている。これはマンモグラフィ検診の普及や啓蒙運動により、早期のうちに治療に取り掛かることができるようになったためである。わが国でも検診の受診率の向上と精度の高い検診が不可欠であると言える。



図2：乳がん死亡の推移

3. 乳がん検診の現況

2000年3月、第4次老人保健事業によりマンモグラフィ検診が導入され(いわゆる老健法第65号)、2004年には40歳代へのマンモグラフィ導入が行われ、2006年の老老発第0331003号では検診実施機関が行わなければならない精度管理や、市町村および検診実施機関に検診事業の評価を求めるようになっている。実施機関の基準としては、乳房X線撮影装置(マンモグラフィ)が日本医学放射線学会の定める仕様基

準を満たし、線量(3mGy以下)および画質基準を満たすことが定められ、マンモグラフィ撮影技術および精度管理に関する基本講習プログラムに準じた講習会を修了した診療放射線技師が撮影することが望ましいとされている。また、読影室の照度やシャカステンの輝度に十分配慮するなど、読影環境を整えた上で、視触診と同時併用で読影を行い、十分な経験を有する医師(マンモグラフィ検診精度管理中央委員会が開催する読影講習会またはこれに準ずる講習会を修了していることが望ましい)による読影を行うことを原則としている。

4. わが国のデジタルマンモグラフィの現状

最近、デジタルマンモグラフィ装置の普及は目覚ましいものがあり、3,800台を超える仕様基準を満たした装置のうち、デジタル装置が60%以上を占めている状況にある。デジタル装置も以前はCR(computed radiography)を用いたデジタルマンモグラフィ装置が大半を占めていたものの、最近、各メーカーからFPDを搭載したデジタルマンモグラフィ装置が発売されるようになり、約10%を占めている。仕様基準を満たした装置のうち、NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会の施設認定を取得している施設は3割程度である¹⁾。図3に現在使用されているデジタルマンモグラフィ装置の一覧を示す²⁾。

5. デジタルマンモグラフィの診断能力

デジタルマンモグラフィとスクリーンフィルム(SF)マンモグラフィの診断能力を比較した試験、いわゆるデジタルマンモグラフィ臨床試験(DMIST: The Digital Mammographic Imaging Screening Trial)³⁾の概要を紹介する。全米33カ所

DR装置

メーカー	装置名	ターゲット	フィルタ	変換方式	濃度分解能	ピクセルサイズ	パネルサイズ(cm)	1画像当りの容量
GE	Senographe ^{*1} 2000D	Mo・Rh	Mo・Rh	間接	14bit	100(μm)	19.2×23	9MB
	Senographe DS							
SIEMENS	MAMMOMAT ^{*2} Novation	Mo・W	Mo・Rh	直接	14bit	70(μm)	23×29 18×24	16MB/26MB
日立(LORAD)	LORAD Selenia	Mo	Mo・Rh	直接	14bit	70(μm)	24×29 18×24	16MB/26MB
島津(Planmed)	SEPIO ^{*3} NUANCE DT	Mo	Mo・Rh	直接	14bit	85(μm)	17.4×23.9	11MB

CR装置

メーカー	装置名	濃度分解能	ピクセルサイズ	1画像当りの容量
富士フィルム	FCR PROTECT CS	10bit	50(μm)	約32MB
コニカミノルタ	Mermaid(MGU-100B)	12bit	25(μm)	約134MB
	REGIUS190		43.75(μm)	約44MB
コダック	コダックダイレクトビュー CR850 システム CR950 システム	12bit	48.5(μm)	37.2MB
アグファ・ゲバルト	CR75.0 CR25.0	12bit	50(μm)	32.8 MB

図3：国内で主に使用されているデジタルマンモグラフィ機器

において、乳癌の徴候のない49,528人の女性が登録され、2001年10月にスタートした。その結果によると、デジタルマンモグラフィとSFマンモグラフィとでは全体の診断精度はほぼ同じであった。特に次の被検者に対して、デジタルマンモグラフィの精度は顕著に高かった(図4)。①50歳以下の女性、②不均一高濃度および高濃度の乳房の女性、③閉経前および閉経直前直後の女性である。また、デジタルマンモグラフィとSFマンモグラフィでは同程度の特異性を示し、それぞれ7%のリコール率であった。

今回の結果に限らず、デジタルマンモグラフィにはSFマンモグラフィにはない特徴がある。イメージを簡単に見られること、読影を助けるCAD(computer-aided diagnosis)などソフトウェアが充実していること、さらにはネットワーク転送、イメージの検索取得、サーバーへの保存などが可能なことが挙げられる。

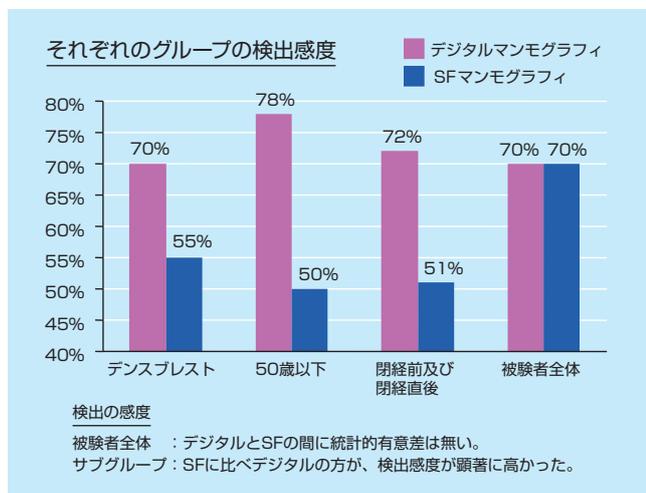


図4 : DMISTにおけるがん検出率

6. デジタルマンモグラフィの概要

デジタルマンモグラフィにおいて、ダイナミックレンジの広さはその特徴のひとつとされ、乳房のような吸収の大きく異なる組織では、皮膚面から脂肪、そして乳腺組織までのデータを取得することができ、処理を最適化することによって画像上に描出することができる。他の利点は、FPD(flat panel detector)においてほぼリアルタイムに画像を確認でき検査のスループットが良くなること、画像データの保管が容易であること、遠隔画像診断が可能であること、CADの可能性があることなどが挙げられる。受光系は検出方式の違いにより、大きく分けてCRとFPD⁴⁾に分けられるが、FPDはさらに変換方式の違いにより直接変換方式FPD、間接変換方式FPDに分けられる。今まではCRを用いたデジタルマンモグラフィが主流であったが、最近では各メーカーからFPDを搭載したデジタルマンモグラフィ装置が発売され、近い将来には主流になると思われる。

直接変換方式FPDは、X線情報をX線変換膜によって直接電気信号に変換する方式である。X線変換膜にはアモルファスセレン(a-Se)が用いられる。X線発生器から放射され

たX線は、被写体を透過した後a-Seに入射する。a-Se層では入射されたX線量に応じた電荷(正孔-電子対)が励起され、発生した電荷はa-Se層の表面に設置した電極間に電界が生じていれば、電子正孔対をX線の強弱に応じた電気信号として取り出すことができる(図5)。

間接変換方式FPDは、X線情報を蛍光体によって一旦光に変換した後、フォトダイオードで光を電気信号に変換する方式である。この蛍光体はヨウ化セシウム(CsI)結晶が用いられ、フォトダイオードとしてはアモルファスシリコン(a-Si)が用いられる(図6)。フォトダイオードの優れた光検出機能を利用できるといったメリットを有する反面、光拡散による空間分解能の低下が課題とされているが、CsIは針状または柱状結晶構造を有しているため、側方への蛍光の広がりを最小限に抑え、空間分解能の低下をできるだけ少なくすることができる(図7)。

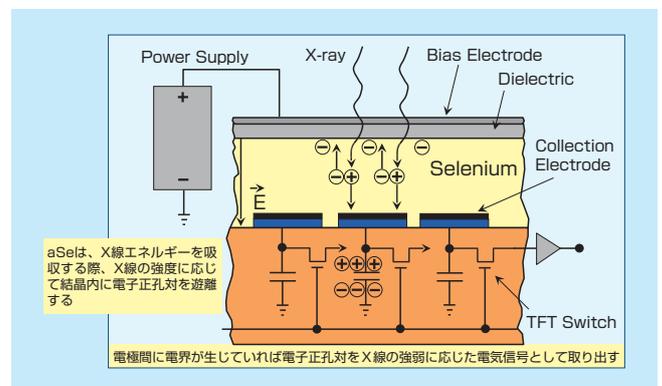


図5 : 直接変換方式

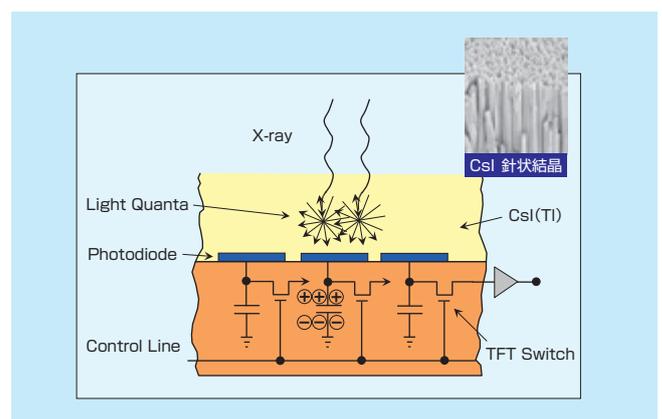


図6 : 間接変換方式

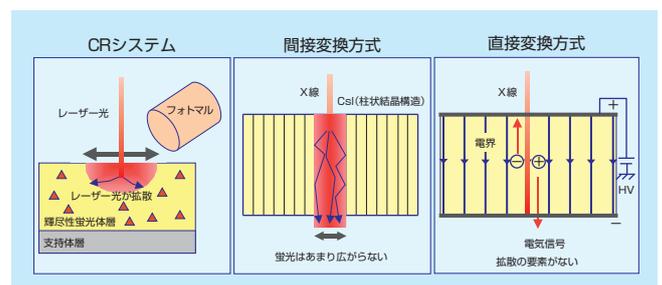


図7 : X線検出機構の違い

7. LORAD M-IV Seleniaの導入

院内の電子カルテ化・PACS化構想により、2007年2月に直接変換方式FPD搭載デジタルマンモグラフィ装置LORAD M-IV Seleniaが導入された。最大の導入目的は次期医療情報システムに必須となる電子カルテ化、PACS化に対応するためである。当院のマンモグラフィに関するシステム構成は図8に示すとおりである。3台のデジタルマンモグラフィ装置を使用しているが、Selenia以外の装置は、各メーカーからの受託研究用として導入しているものである。Sele-

niaに搭載されている直接変換方式FPDは、前項で述べたようにX線変換に蛍光体を用いないため、光の拡散の影響がなく空間分解能に優れている。図9に画像取得フローを示す。撮影後、次撮影まで約40秒程度を要すが、アナログシステムと比較すれば格段にスループットの良いシステムと言える。また、ディテクタサイズ24×29cmのパネルではポジショニングにかなり影響を及ぼすと思われたが、スマートパドルシステム(図10)により、従来のポジショニング法で十分対応可能であった。画質については他のデジタルマンモグラフィ装置と比較し、直接変換方式FPDによる高い解像力により石灰

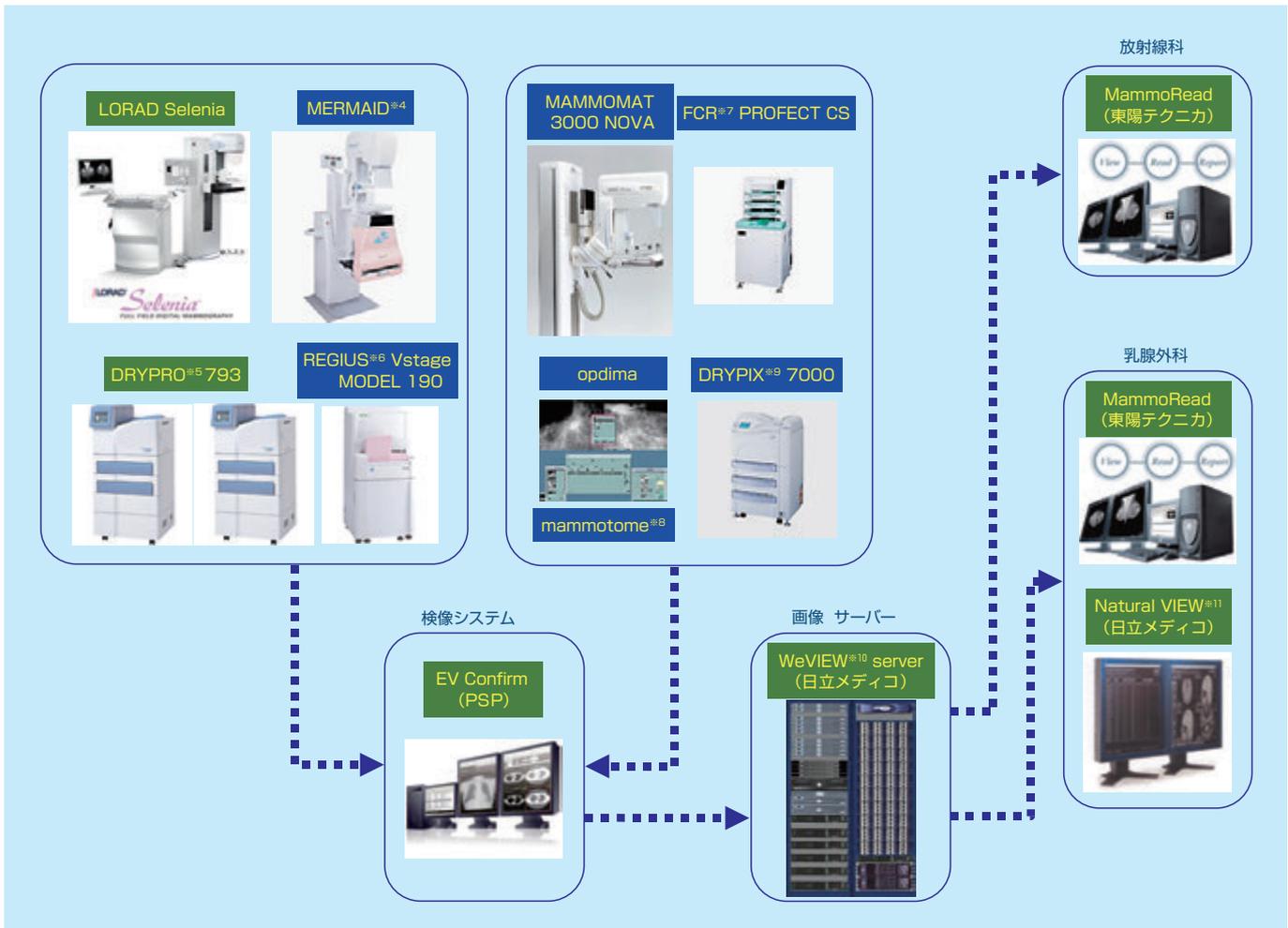


図8：当院のシステム構成

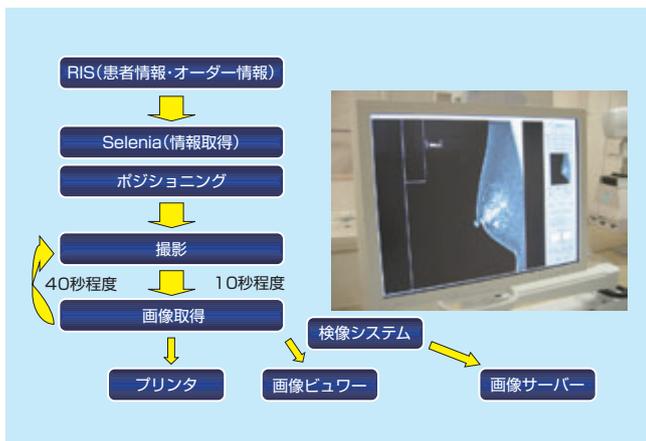


図9：Seleniaにおける画像取得フロー

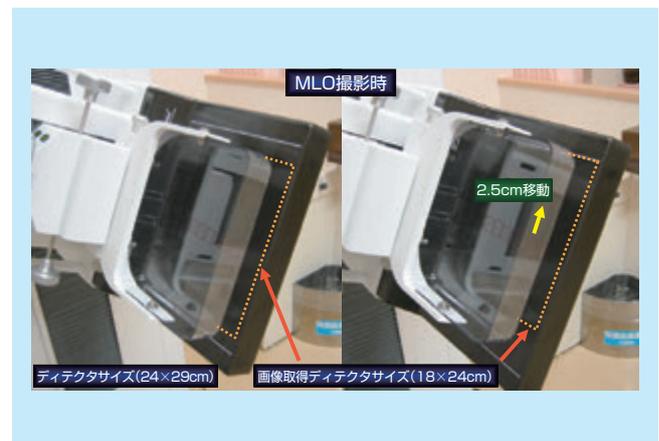


図10：LORAD M-IV Selenia の特徴

化の描出能に優れている。図11にSeleniaと他のデジタルマンモグラフィ装置で撮影した標本画像を示すが、Seleniaのほうが、石灰化の辺縁まで高解像度で描出することができる。

8. おわりに

国内のマンモグラフィ装置の半数以上がデジタル化している現在、デジタルマンモグラフィの普及は今後ますます拍車がかかると思われる。しかし、デジタル化されたとしても、画質を左右するのはポジショニングを含めた撮影技術であり、大きな影響を及ぼすことは言うまでもない。究極のシステムと言われたアナログ画像を超えるためには、デジタルマンモグラフィの特性を十分に引き出して、良好な画像を確得することが重要である。導入にあたっては、種々のデジタル装置が存在するが、性能的にはそれぞれ十分なものを持っており、その施設のコンセプトを踏まえて検討するべきである。現在はまだ研究段階ではあるが、今後衛星回線を使用したテレマンモグラフィやデジタルトモシンセシス(Digital Tomosynthesis) (図12)といったデジタルマンモグラフィを利用した画像診断にも期待する。2007年の北米放射線学会(RSNA)においても数多くの臨床データが展示されており、注目度の大きさがうかがえる(図13)。特に乳腺の重なり部分における病変の描出は有用であると言える(図14)。これらの新しい技術が、さらなるマンモグラフィにおける診断能の向上とさらには乳がん死亡率の低下に寄与することを望む。

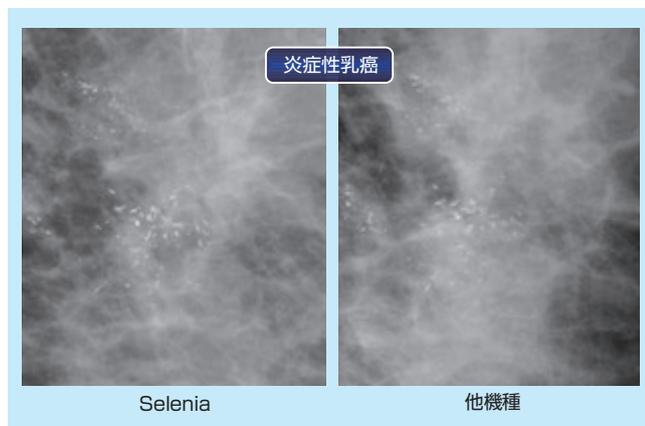


図11：臨床画像の比較



図12：デジタルトモシンセシスシステム

- ※1 Senographeはゼネラル・エレクトリック・カンパニイの登録商標です。
- ※2 MAMMOMATはジーマックス アクチエンゲゼルシャフトの登録商標です。
- ※3 SEPIOは株式会社島津製作所の登録商標です。
- ※4 MERMAID、※6 REGIUSはコニカミノルタエムジー株式会社の登録商標です。
- ※5 DRYPROはコニカ株式会社の登録商標です。
- ※7 FCR、※9 DRYPIXは富士フィルム株式会社の登録商標です。
- ※8 mammotomeはジョンソンアンドジョンソンの登録商標です。
- ※10 WeVIEWは株式会社日立メディコの登録商標です。
- ※11 Natural VIEWは株式会社日立製作所の登録商標です。

参考文献

- 1) 福田 護：本学会のこれからの活動。日本乳癌検診学会誌，17(1)：5-7，2008。
- 2) 大内憲明・編：実践 デジタルマンモグラフィ(基礎から診断まで)，8-9，中山書店，2006。
- 3) Pisano ED, et al. Diagnostic performance of digital versus film mammography for breast-cancer screening. N Engl J Med 2005, 353 : 1773-1783, 2005.
- 4) Pisano ED, et al. : Digital Mammography. Radiology, 234. 353-362, 2005.

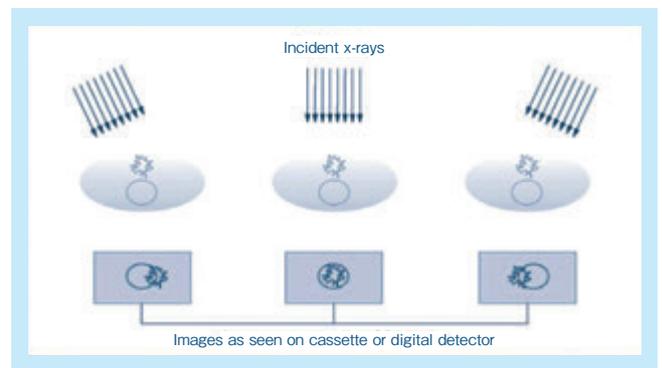


図13：トモシンセシスの原理

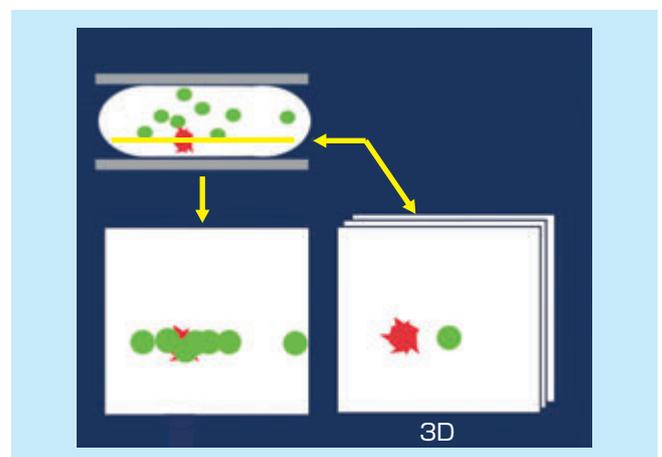


図14：通常の画像とトモシンセシスの画像の比較
2Dに比べ、3Dの方が乳腺の重なり部分の描出能が優れている。