

乳房 X 線撮影装置

Mammography X-ray Unit

榎原 俊文

T.Sakakibara

半田 清高

K.Handa

近年、乳がんによる死亡数が急増し、欧米諸国および国内の共通医療問題であり、“早期がんの発見と早期治療”的なため乳がんの検診が積極的に行われている。国内では老人保健法に基づく乳がん集団検診が行われているが、がん発見率向上のため、欧米同様、マンモグラフィ(乳房 X 線撮影)が導入される動向にある。一方、マンモグラフィによる乳がん検診が普及・定着した欧米では、撮影機器の品質管理、放射線医および撮影技師の継続的な教育など乳がん検診の包括的な品質保証体制に取組んでいる。これらのマンモグラフィ市場に対応するため、高品質な乳房画像を安定して提供できる乳房 X 線撮影装置を開発した。

Mortality resulting from breast cancer has seen dramatic increases, making this disease a serious medical concern in Europe, the United States and Japan, where screening for the early detection and treatment of breast cancer is actively practiced. In Japan, with breast cancer screening a part of the health-care laws for the elderly, mammography is being introduced for initial screening. In Europe and the United States, where mammography is already used for initial screening, the focus is on the quality control of imaging devices and on continuing education of medical professionals to ensure effective screening of breast cancer. To address the demands of all these markets, we have developed an X-ray mammography system which provides stable, high-quality imaging.

1 まえがき

マンモグラフィは、乳房など軟部組織で高い X 線減弱を示す低い X 線エネルギーが用いられ、微小石灰化および腫瘍(しゅりゆう)など微細病変の描出が診断上不可欠であり、しかもこれらは乳腺(せん)組織との X 線吸収差が小さいので、高い解像力と高いコントラストで描出することが要求される。最近では被曝(ばく)低減と描出能向上のため高感度・高コントラストのフィルム／スクリーン組合せが使用され、乳房 X 線撮影装置のいっそうの品質向上が要求される。

一方、国内では近い将来実施されるマンモグラフィによる乳がん検診に備えるため、装置の品質、撮影技術およびこれら全般の品質管理などの教育、標準化が学会を中心に進められている。

今回、これらの市場ニーズに対応できる乳房 X 線撮影装置(図 1)を開発したので、以下にその製品系列と特長を述べる。

2 製品系列

表 1 に示すように、ユーザからの要求は、乳房 X 線撮影を専門に行う、1 台の X 線高電圧装置で乳房 X 線撮影と胸部 X 線撮影を行うなどさまざまであり、これらの要

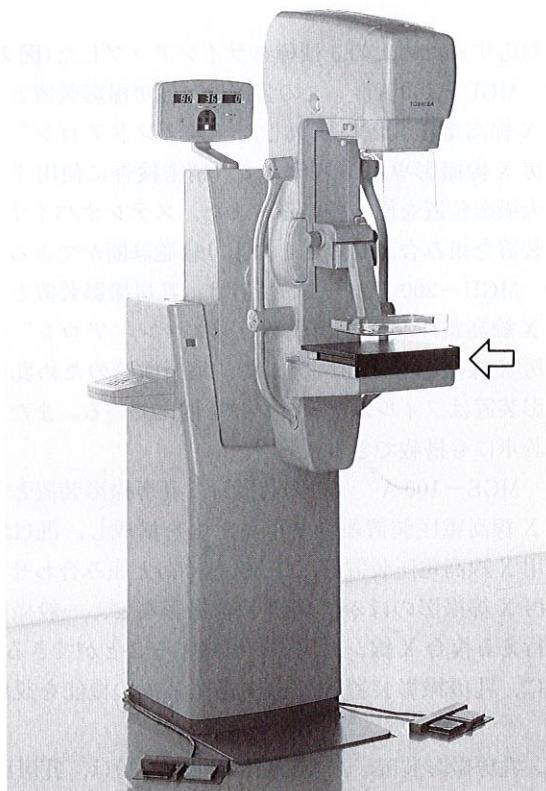


図 1. 乳房 X 線撮影装置の外観(MGU-100 A/MGS-100 A) この機種はカセット保持装置を備えた装置で、矢印のカセット保持装置をフィルムチェンジャーに取り替えた装置が MGU-200 A。
Exterior of mammography stand for MGU-100A/MGS-100 A

表1. 乳房X線撮影装置のユーザ要求対応例

Typical application of mammography X-ray unit to users' requirements

ユーザ要求		乳房X線撮影装置 または装置組合せ
乳房X線撮影 専用システム	精密検査	MGU-100 A
	集団検診 施設内	MGU-200 A
乳房X線撮影のほかに胸部X線撮影など 一般X線撮影も行える複合X線システム		MGS-100 Aと汎用X線 高電圧装置の組合せ

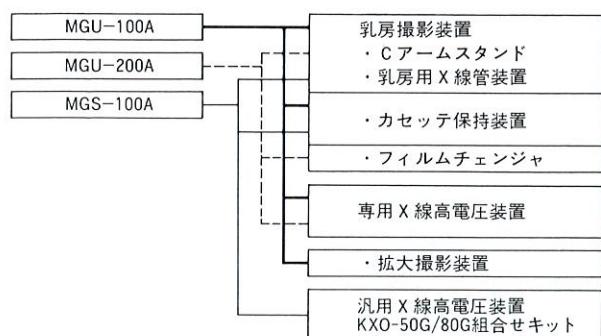


図2. 乳房X線撮影装置の基本構成 今回開発した乳房X線撮影装置(3機種)の基本構成ユニットを示す。

Standard composition of mammography X-ray unit

求に対応するため次の3機種をラインアップした(図2)。

- (1) MGU-100 A この装置は、乳房撮影装置と専用X線高電圧装置を構成した“スタンドアロン”的乳房X線撮影専用システムで、精密検査に使用する拡大撮影装置を備えている。また、ステレオバイオプシ装置を組み合わせることにより細胞診断ができる。
 - (2) MGU-200 A この装置は、乳房撮影装置と専用X線高電圧装置を構成した“スタンドアロン”的乳房X線撮影専用システムで、集団検診のため乳房撮影装置はフィルムチェンジャーを備えている。また、検診車にも搭載できる。
 - (3) MGS-100 A この装置は、乳房撮影装置と専用X線高電圧装置組合せ用キットを構成し、汎(はん)用X線高電圧装置(KXO-50G, 80G)と組み合わせて乳房X線撮影のほかに胸部X線撮影など、一般撮影も行える複合X線システムを構築することができる。
- 次に、乳房撮影装置とX線高電圧装置の機能を説明する。
- (1) 乳房撮影装置 乳房撮影装置(図1)は、乳房用X線管装置と受像器保持部(カセット保持装置またはフィルムチェンジャー)を対向配置したCアーム形状の構造になっている。被検者を立位または座位の状態で乳房撮影を行うためにCアームが回転および上下動

する。

- (2) X線高電圧装置 X線管装置に高電圧を印加し、X線管から発生するX線の強さおよび量を制御する。

3 特長

(社)日本医学放射線学会の乳房撮影ガイドライン^②は、乳がん画像診断に従事する専門家が「的確な撮影技術により精度の高い画像をつねに生み出す」ための要求を掲げたもので、撮影機器の性能も含まれている。

今回開発した装置は、このガイドラインの内容に適合し、しかも次の特長を備えている。

3.1 自動露出制御(AEC: Automatic Exposure Control)

これはX線曝射開始から乳房透過後のX線を検出し、適正なフィルム露光量(濃度)が得られた時点でX線を停止させるもので、次の性能を備えている。

- (1) 内外側斜方向撮影は、腋窩(えきか)の描出を基本に胸筋および乳腺下部組織を含めた乳房組織の全体像をとらえ、1枚の写真に多くの診断情報を描出できるので、乳房X線撮影の基本の一つとなっている。この撮影では、図3に示すように乳腺組織がフィルム中心線から下方に外れた状態で描出される場合が日本人女性で多く見られ、AEC検出器の位置調整をフィルム中心線上に沿って胸壁から乳頭に行う従来の方式では、脂肪組織または大胸筋が適正なフィルム露光量となり、診断上重要な乳腺組織は露光不足となって、乳腺領域内の診断情報が得られない場合が発生する。

今回、図3および図4に示すようにAEC検出器を胸壁から乳頭方向と胸壁ラインに沿った方向にXY移動

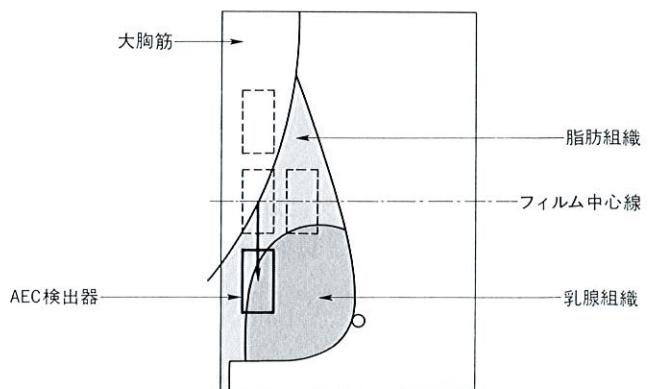


図3. 内外側斜方向撮影で得られる画像 乳腺組織にAEC検出器が位置決めできるため、乳腺組織を適正なフィルム濃度で描出できる。

Image obtained by medio-lateral oblique projection

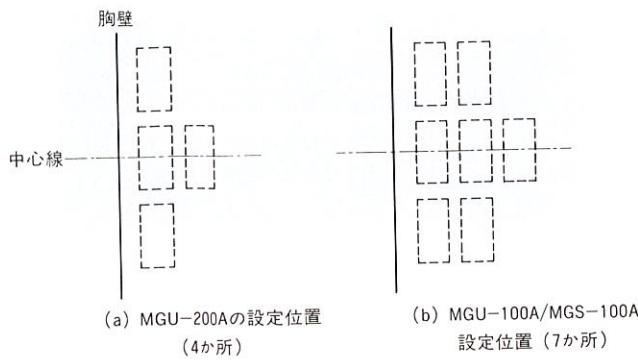


図4. AEC検出器の設定位置 機種によるAEC検出器の設定位置を示す。

Setting position of AEC detector

させ、AEC検出器を乳腺組織に位置決めし、乳腺組織を適正なフィルム濃度で描出できるようにした。

(2) 乳房X線撮影は、乳房組織で高いX線減弱を示す低いX線エネルギーが用いられ、その減弱は乳房形態(乳腺密度と乳房の大きさ)により大きく変化する。

また、乳腺組織とのX線吸収差が小さい微細病変を高いコントラストで捕出するため、さまざまな乳房形態に応じた適正な管電圧の設定を要求され、その設定範囲は25~32kVと狭い。このため、適正な管電圧で診断画像をつねに安定して得るには乳房X線撮影の経験、問診票および乳房圧迫操作から得られた情報を総合的に判断できる術者の技術力が要求される。

今回、乳房X線撮影専用装置に以下の管電圧の自動設定機能を備え、診断画像の安定性を増すことができた。

(a) 乳房の圧迫厚を検出して、厚さに応じた適正な管電圧を自動的に設定し、X線曝射の最初の数10msでAEC検出器に入射するX線量から乳腺密度を検知し、乳腺密度に応じて管電圧をリアルタイム補正し、AECを動作させて適正なフィルム露光量でX線を停止させる。

3.2 乳房撮影装置

受診者の体格およびさまざまな撮影手技におけるポジショニングを容易に行うためCアームの回転、上下動およびAEC検出器の位置調整を電動化し、しかもこれらの位置調整を基本撮影方向(頭尾方向、内外側斜方向および内外側方向)に応じた所定の位置に自動設定できる機能を備えた。図5および図6は基本的な2方向撮影に関する自動設定の例で、左乳房の撮影を示す。図5は頭尾方向撮影を終えた後、内外側斜方向撮影を行う場合を示し、Cアーム回転は所定の角度で停止し、AEC検出器はフィルムの

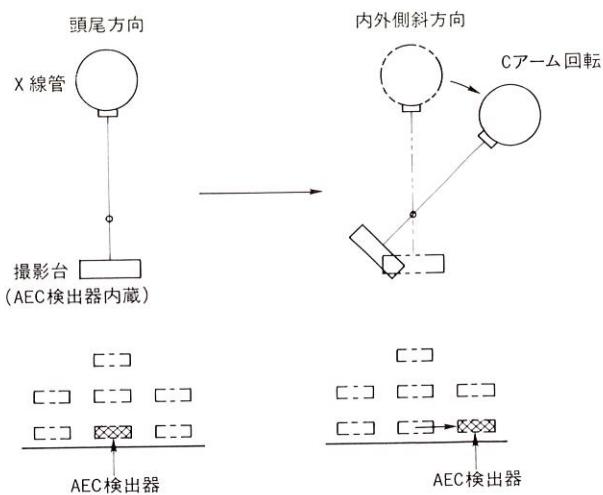


図5. 頭尾方向／内外側斜方向 頭尾方向撮影のあと、内外側斜方向撮影を行う。Cアームは所定の回転角度で停止し、検出器は移動する。

Two projection views (cranio-caudal/medio-lateral oblique)

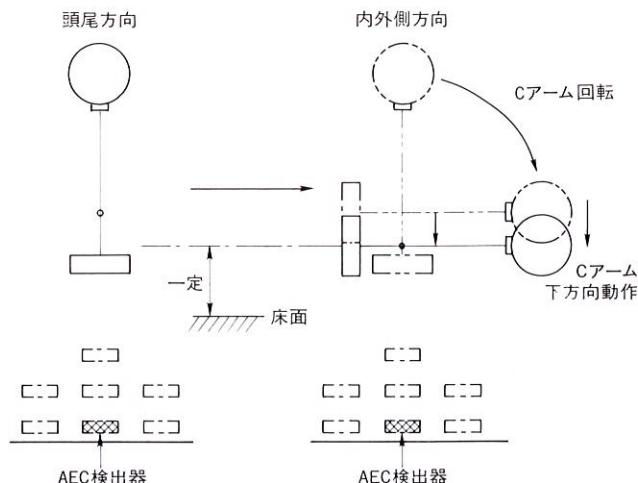


図6. 頭尾方向／内外側方向 頭尾方向撮影のあと内外側方向撮影を行うとき、乳頭をフィルム中心に保つため、Cアームの高さを補正する。

Two projection views (cranio-caudal/medio-lateral)

センタ位置から右側(図3では下側)へ移動、停止する。

Cアーム構造は上下の再調整を不要とした設計がなされている。

図6は頭尾方向撮影を終えた後、内外側方向撮影を行う場合を示す。この2方向撮影はともに乳頭をフィルム中心線上で描出させ、乳房全体をとらえる必要があるので、床面から撮影面センタの高さを一定に保つことが要求される。この要求にこたえるため、Cアーム回転は所定の角度で停止し、AEC検出器はフィルムのセンタ位置状態を保つ。また、Cアームはオフセンタ構造(撮影面とCアーム回転中心から外れた位置関係)であるため、Cアームを下

側の方向に移動させ、所定の位置で停止させる。

3.3 X線高電圧装置

X線高電圧装置の性能に関し、乳房撮影ガイドラインは、乳房X線撮影に用いる管電圧30kV前後で管電圧波形のリップルが小さいインバータ式装置と乳房X線撮影装置の乳房用X線管との組合せを要求している。

乳房専用のX線高電圧装置はこれらの要求に適合する設計がされているが、胸部など一般X線撮影に用いる汎用インバータ式X線高電圧装置は次の大きな問題がある。

- (1) 一般X線撮影管電圧50~150kVでインバータが最適動作するため、乳房X線撮影の管電圧30kV前後では管電圧波形のリップルが大きくなる。
- (2) 装置標準組合せの一般撮影用X線管と乳房用X線管では電気的な特性および接続が大きく異なる。

今回、一般撮影から乳房撮影までの管電圧範囲で管電圧波形のリップルが小さい汎用X線高電圧装置KXO-50G,80Gを用いて、図7に示すように乳房用X線管を最適に制御できる。機能の追加と一般撮影用X線管と同じ電気的接続仕様にするユニットの追加で、ガイドライン適合の乳房X線撮影のほかに胸部など一般撮影ができる総合シ

汎用X線高電圧装置(KXO-50G/80G)

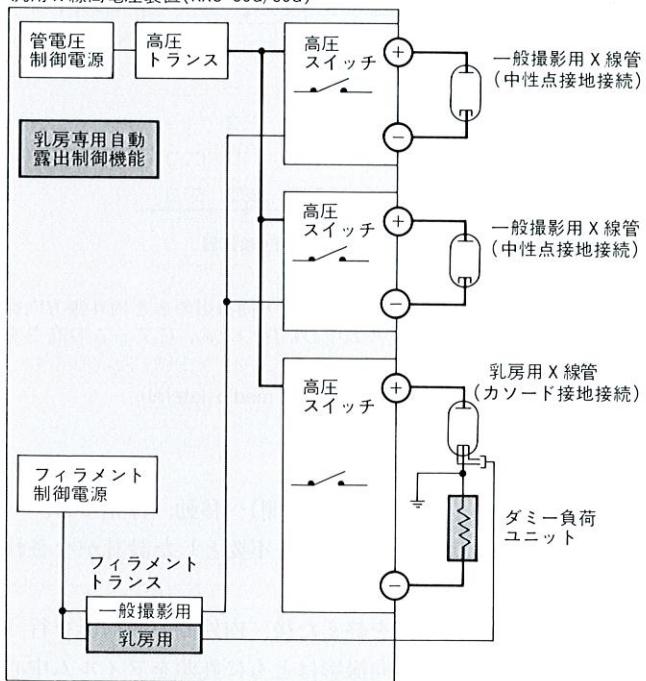


図7. 電気的接続 MGS-100A用X線管とKXO-50G/80Gの接続図で、太線は図2の組合せキットである。

Electrical wiring diagram

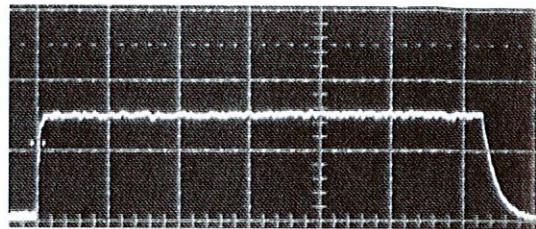


図8. 汎用X線高電圧装置の管電圧波形 MGS-100A用X線管を接続した汎用X線高電圧装置の管電圧30kVの波形で、リップルが小さく波形が安定している。

Tube potential waveform at 30 kV, supplied from X-ray generator for general purpose radiographic system

テムを実現した。

このシステムの乳房X線管に印加される管電圧波形を図8に示す。

4 あとがき

多様なユーザ要求に対応でき、乳房撮影ガイドラインの内容に適合した乳房X線撮影装置を開発した。乳がん検診は早期がんの発見による精神的生活の質(QOL:quality of life)の向上への一助として、より高品質な画像と診断精度の向上および維持が要求されると思われる。今後も市場ニーズを先取りした高品質、高精度な製品をタイミングで開発していく。

謝 辞

この開発にあたり、臨床面から貴重なアドバイスを頂いた愛知県がんセンター病院および大阪府警察病院の諸先生に感謝の意を表する。

文 献

- (1) 榊原俊文：乳房診断用システム、日本放射線機器工業会医用画像・放射線機器ハンドブック, pp.98-101(1995)
- (2) 乳房撮影ガイドライン、日本医学放射線学会、(1995)

榊原 俊文 Tosifumi Sakakibara

東芝メディカル製造(株)技術部主査。
X線診断装置の開発設計に従事。
Toshiba Medical Manufacturing Co.,Ltd.

半田 清高 Kiyotaka Handa

東芝メディカル製造(株)技術部主査。
X線診断装置の開発設計に従事。
Toshiba Medical Manufacturing Co.,Ltd.