

# Photon-counting 技術によるマンモグラフィ装置のコントラスト特性評価

## 要旨

目的: Photon-Counting 技術によるマンモグラフィ装置 (Micro Dose Mammography L30, SECTRA 社製、以下 MDM) は、ターゲット/フィルタに W/AI を用い、管電圧を 30kV 以上に設定するため、コントラスト特性が従来と異なる可能性がある。よって従来の直接変換型マンモグラフィ装置 (MAMMOMAT Novation DR SIEMENS 社製、以下 DR) とその特性を比較評価する。方法: RMI156 ファントム、アクリルで挟んだステップファントム及びウエッジ形状の水ファントムを、MDM は 32kV、DR では 28kV~35kV (ターゲット/フィルタ: Mo/Mo, Mo/Rh, W/Rh) で撮影し、ピクセル値と濃度プロファイルと比較した。また取得画像を視覚的に比較した。結果及び考察: 模擬腫瘍のコントラストは、DR Mo/Mo 33kV 以下のとき MDM より勝っていた。またステップファントム及び水ファントムのコントラストでは、低吸収領域では線質の影響により DR が勝り、高吸収領域ではマルチスリットスキャンによる散乱線除去効果によって MDM が勝っていた。よって MDM のコントラストを DR に近づけるためには、低吸収領域のコントラストを高くすることが必要であると考えられ、MDM の臨床画像において試験的に行ったコントラスト補正によりその効果が示された。

## I. 緒言

Photon-counting 技術 (Detector に入射する光子の数を検出し画像として表現する技術) を用いたデジタルマンモグラフィ装置である SECTRA 社製 Micro Dose Mammography L30 (以下、MDM) は、上下2つのコリメーターが連動しスリット状の X 線ビームによりスキャンしていくため従来よりも低線量かつ散乱線の影響が少ない撮影が可能である。また MDM は従来と異なる点として、ターゲット/フィルタに W/AI を用い、30kV 以上の硬い線質を設定する。そのためコントラスト特性が従来装置と異なる可能性があるため、本研究ではその特性を従来の直接変換型マンモグラフィ装置と比較検討する。

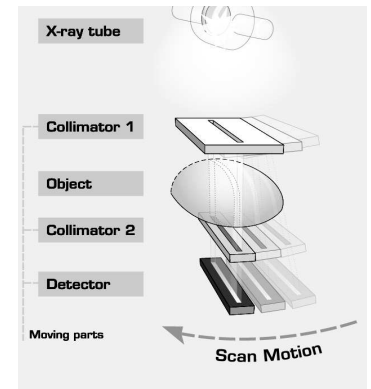


Fig.1 MDM のマルチスリットスキャン

## II. 使用機器

- Photon-counting マンモグラフィ装置: Micro Dose Mammography L30 SECTRA 社製
- 従来型直接変換型マンモグラフィ装置: MAMMOMAT Novation DR SIEMENS 社製
- 画像解析ソフト: ImageJ
- ファントム: RMI156 ファントム, ステップファントム, 水ウエッジファントム

## III. 方法

### 1) 線質

実験で用いた各装置における管電圧、ターゲット/フィルタ及び線質を Table.1 に示す。

Table 1 線質

装置	管電圧(kV)	半価層
MDM	32(W/AI)	0.61
DR	28~35(Mo/Mo)	0.34
	28~35(Mo/Rh)	~
	28~35(W/Rh)	0.58

### 2) コントラスト評価

Table 1で示した線質にて以下に示すようにファントムを撮影し、その画像のローデータをを用いて解析を行った。

a. RMI156 ファントム

RMI156 ファントム画像の最も大きな模擬腫瘍上とそのバックグラウンドに ROI をとり(Fig.2a), 式1によってコントラスト算出した。

$$\text{コントラスト} = \frac{ROI_B - ROI_A}{ROI_B + ROI_A} \quad \dots \text{式1}$$

b. ステップファントム

リン酸カルシウムにて吸収係数を 10 段階に調節したステップファントムを 2 枚の亚克力板で挟んだ(上に 10mm, 下に 20mm)状態で撮影し, 画像の各ステップ上に ROI をとり(Fig.2b), ステップが低吸収から高吸収になるにつれてデジタル値がどのように変化するか調べた。

c. 水ウエッジファントム

最も厚い部位で 60mm となる水ウエッジファントムを撮影し, 濃度プロファイルを作成した(Fig.2c)。

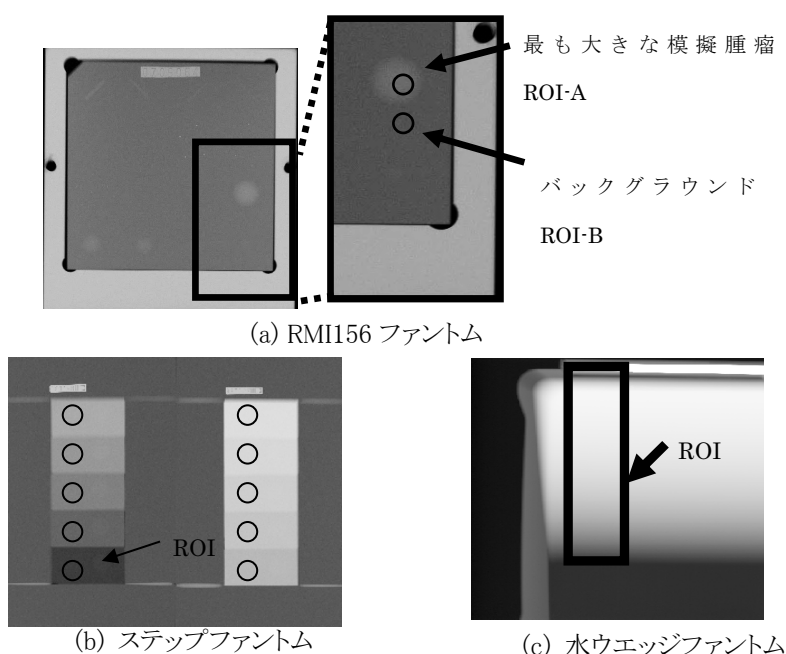


Fig.2 コントラスト測定で用いたファントム

#### IV. 結果

1) コントラスト測定

a. RMI156 ファントム

Fig.3 は管電圧を変化させたときの模擬腫瘍のコントラストの変化を示したものである。模擬腫瘍のコントラストではDR Mo/Moが 33kV以下においてMDM より勝っていた。

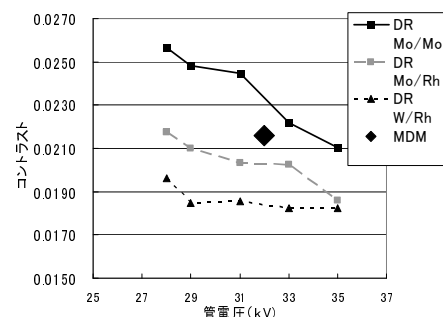


Fig.3 模擬腫瘍のコントラスト

b. ステップファントム

Fig.4 にステップファントムの濃度変化を示す。MDM の濃度変化は直線的であり, 吸収体によらずほぼ一定のコントラストを示すことがわかった。また, 高吸収域ではMDM のほうが高いコントラストを示した。

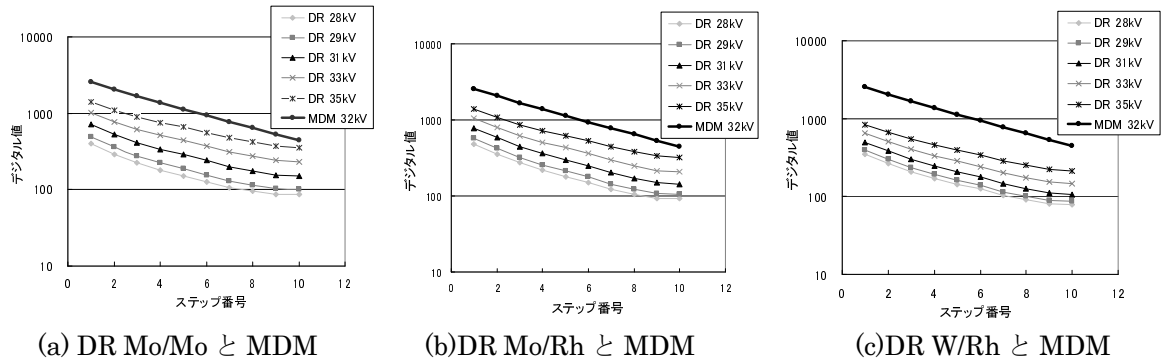


Fig.4 ステップファントムの濃度変化

次に各ステップ間コントラストをグラフ化するとFig.5のようになった。MDMはDRと比較して高吸収域において高コントラストを示し、低吸収域において低コントラストを示すことがわかった。

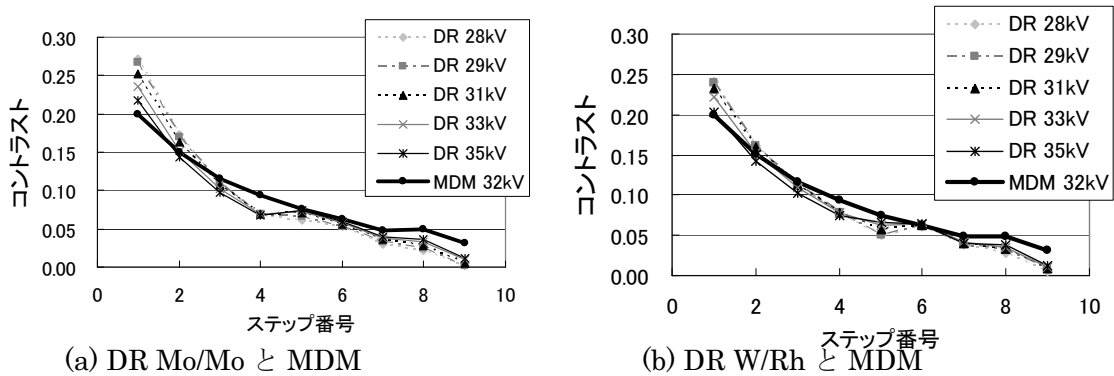


Fig.5 ステップ間コントラスト

### c.水ウエッジファントム

水ウエッジの濃度プロファイルを図.6に示す。濃度プロファイルからもMDMは、高吸収域で比較的高いコントラストを示すことがわかった。

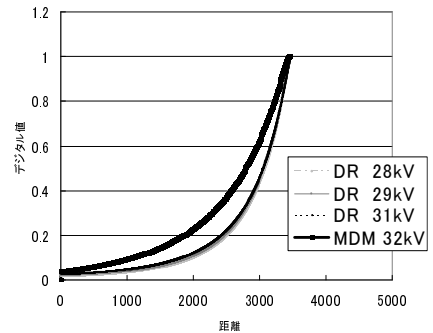


Fig.6 水ウエッジの濃度プロファイル

### 2) 取得画像

実際に取得されたステップファントムの画像を図.7に示す。低吸収域では、DR Mo/Mo 28kVのコントラストが最も高く、MDMよりDRのほうが高コントラストを示した。高吸収域ではMDMが高いコントラストを示した。DRでは管電圧が高い方が高いコントラストを示した。

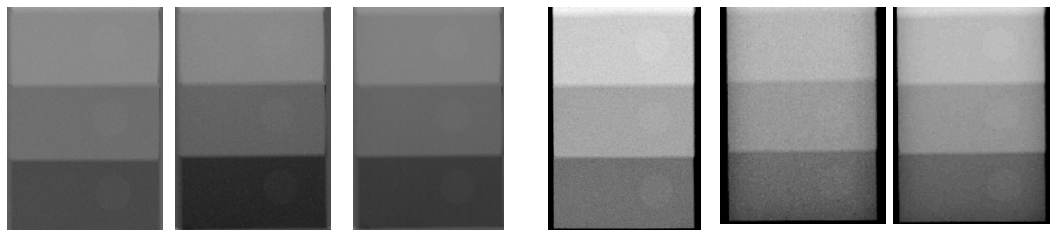


Fig.7 ステップファントムの取得画像 (a)~(c) : 低吸収域, (d)~(f) : 高吸収域

## V. 考察

模擬腫瘍のコントラスト測定では、DR、Mo/Mo/33kV以下のコントラストが他より勝り、ステップファントムの低吸収域でDRが勝ったのは、MDMの32kV/W/AIより、DRが線質低いことによるものと考えられる。一方、高吸収域ではMDMのコントラストが勝ったのは、MDMのスリットスキャンにより、散乱線が大幅に除去されたためであると考えられる。よってMDMのコントラストをDRに近づけるためには、低吸収域のコントラストを高くする処理が適していると考えられる。

そこでMDMに対するコントラスト補正について検討した。Fig.8はMDMとDRの減弱曲線、Fig.9はこの減弱曲線から算出したMDMに対するDRのコントラスト比である。よって低吸収になるに従いコントラストを増強するようなlook-up table (LUT) (Fig.10)にて処理するとMDMのコントラストをDR、Mo/Mo/28kVに近似可能であると考えられる。Fig.11はその例であり、コントラスト補正の効果が示された。

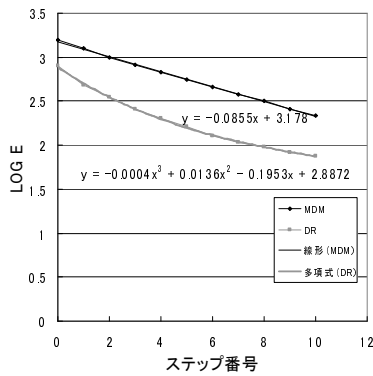


Fig.8 減弱曲線

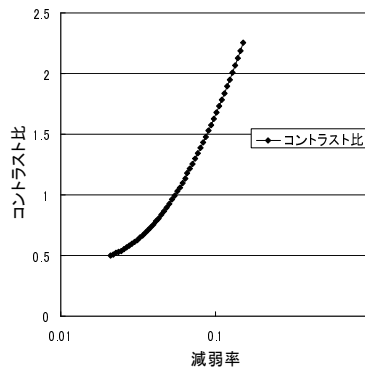


Fig.9 コントラスト比(DR/MDM)

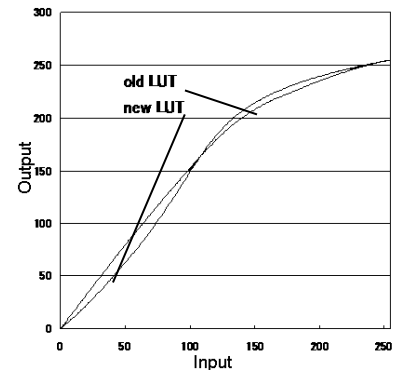
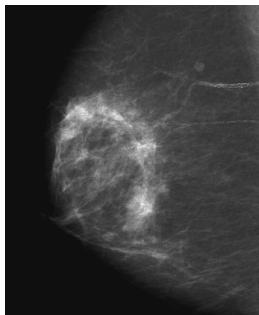
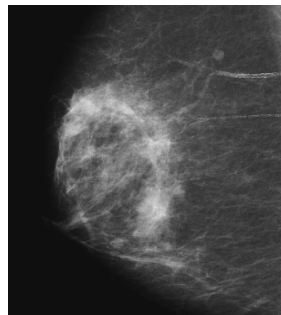


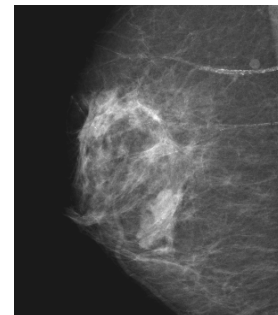
Fig.10 LUT



(a)MDM : Old LUT



(b)MDM : New LUT



(c)DR : 28kV

Fig.11 MDM に対するコントラスト補正の臨床画像例

## VI. 結語

Photon-counting 技術を用いたマンモグラフィ装置は、ターゲット/フィルタが W/AI で 30kV 以上を使用することから従来と異なるコントラスト特性を示し、低吸収域で従来よりコントラストが低く、高吸収域で高いことがファントム実験により示された。よって従来装置にコントラスト特性を近づけるためにはLUT 処理パラメータを考慮する必要がある。