

二層構造を有したマンモグラフィ用直接型 FPD の画質特性

要旨

新しく開発された二層構造を有するマンモグラフィ用直接型 FPD (画素サイズ: $50\ \mu\text{m}$) の物理的画質特性を測定し他の二機種 (直接型及び間接型) と比較する. 二層構造を有する直接型 FPD (富士フィルムメディカル, Amulet), 直接型 FPD (Siemens, Novation DR, 以下 Novation), 間接型 FPD (GE 横河メディカル, Senograph2000D, 以下 2000D) の, MTF (modulation transfer function), NPS (noise power spectrum) を, IEC61267 で定められた RQA M2 にて測定し, DQE (detective quantum efficiency) を算出した. MTF 測定では 1mm 厚のタングステンによるエッジ法を用い, NPS では, 二次元フーリエ変換法を用いた. NPS の測定線量は, 約 1.29×10^{-6} , 2.58×10^{-6} C/Kg とした. MTF は, 5 cycles/mm で比較すると Novation が最も高く, 次いで Amulet, 2000D の順となった. NPS は, MTF の影響で Amulet が最も低くなった. DQE は, 中高空間周波数においては Novation と Amulet はほぼ同等となった. Amulet は画素サイズが十分に小さく DQE も高いことから, より微細な構造を描出できる可能性が示唆された.

I. 緒言

Amulet はアモルファスセレンの 2 層構造になっており, 第 2 層で光照射をスイッチとして, 電気信号化された画像情報を読み取ることができる構造となっている. 画素サイズは直接変換型で世界最小の 50 ミクロン. 本研究ではこの新しく開発された Amulet の物理的画質特性を IEC 62220-1-2 に基づいて測定し, Novation (直接型 FPD) と, 2000D (間接型 FPD) と比較検討した.

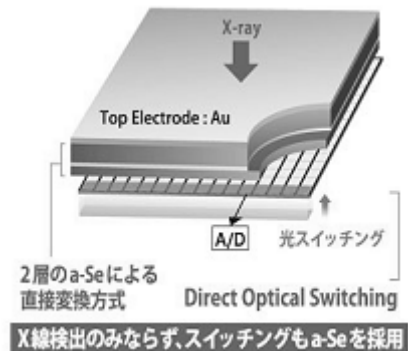


図 1 : 二層構造直接型 FPD の概要

(富士フィルムメディカルホームページから引用)

II. 使用機器

・マンモグラフィ装置

二層構造直接型 FPD : Amulet (富士フィルムメディカル) 画素サイズ 50 ミクロン

直接型 FPD : Novation DR (SIEMENS) 画素サイズ 70 ミクロン

間接型 FPD : Senographe 2000D (GE 横河メディカル) 画素サイズ 100 ミクロン

・電離箱線量計 : RADCAL model9015

・解析ソフト : Image J, Microsoft Excel, Visual Basic 6

III. 方法

IEC62220-1-2 の測定法を使用した.

1) 線質の決定

IEC62220-1-2 に規定されている線質， RQA-M2 を使用した。

RQA-M2 の線質は、管電圧約 28kV、付加フィルター2mmAlにて、半価層が 0.6mmAl となるような線質である。

2) 特性曲線の測定

一様曝射したデジタル画像から、ピクセル値と照射線量の関係をグラフにし、直線性およびガンマを確認した。

3) MTF (解像特性) の測定：エッジ法

線量は検出器面で約 2.58×10^{-6} C/kg を選択。1 mm 厚タングステン製エッジを 2.5° 傾けて撮影し、合成 LSF のフーリエ変換により、MTF を算出した。

Novation はノイズが多かったため、外挿した。Amulet は 水平方向と垂直方向に差があったためそれぞれ示し、他の二台の装置は水平方向と垂直方向の平均値を示した。

4) NPS (ノイズ特性) の測定：二次元フーリエ変換法

線量は検出器面で約 1.29×10^{-6} C/kg ， 約 2.58×10^{-6} C/kg を選択。IEC 62220-1-2 に基づいて、一様曝射した画像データを二次元フーリエ変換法によりパワースペクトルを算出し、加算平均して、NPS を算出した。

NPS でもアミュレットは 水平方向と垂直方向に差があったためそれぞれ示し、他の二台の装置は水平方向と垂直方向の平均値を示した。

5) DQE (検出量子効率) の算出

以下の式から求めた

q: 単位面積あたりの入射光子数

$$DQE(u) = \frac{MTF(u)^2}{q \times NPS(u)} \quad \dots \textcircled{1} \quad * \text{NPS は normalized noise power spectrum(NNPS)を算出}$$

IV. 結果

1) 特性曲線の結果

図 2 に特性曲線の結果を示す。Novation は X 線量ゼロでピクセル値 33, Amulet のガンマは 1024 である。三台の装置ともよい直線性が見られた。

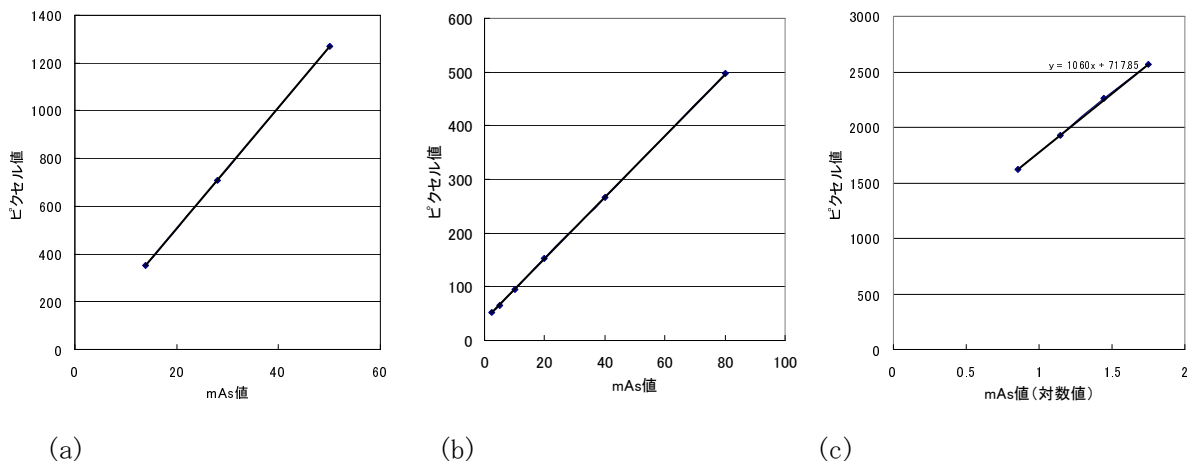


図 2：特性曲線の結果 (a) Amulet, (b) Novation, (c) 2000D

2) MTF の結果

図3にMTFの測定結果を示す。ナイキスト周波数は2000Dでは5cycles/mm, Novationは7.1cycles/mm, Amuletは10cycles/mmである。直接型のNovationが一番高いMTFを示した。

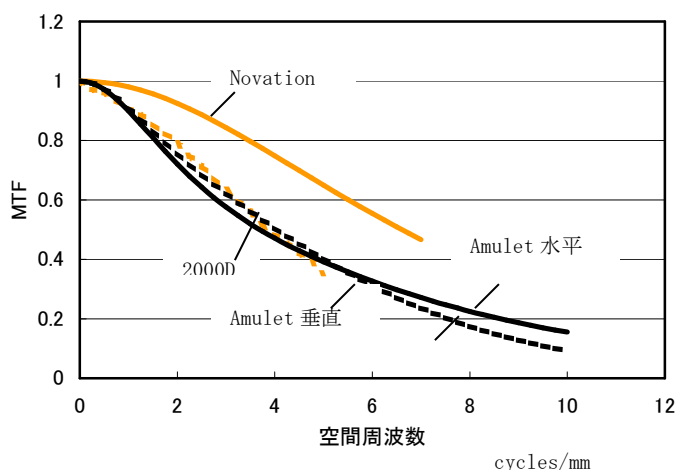
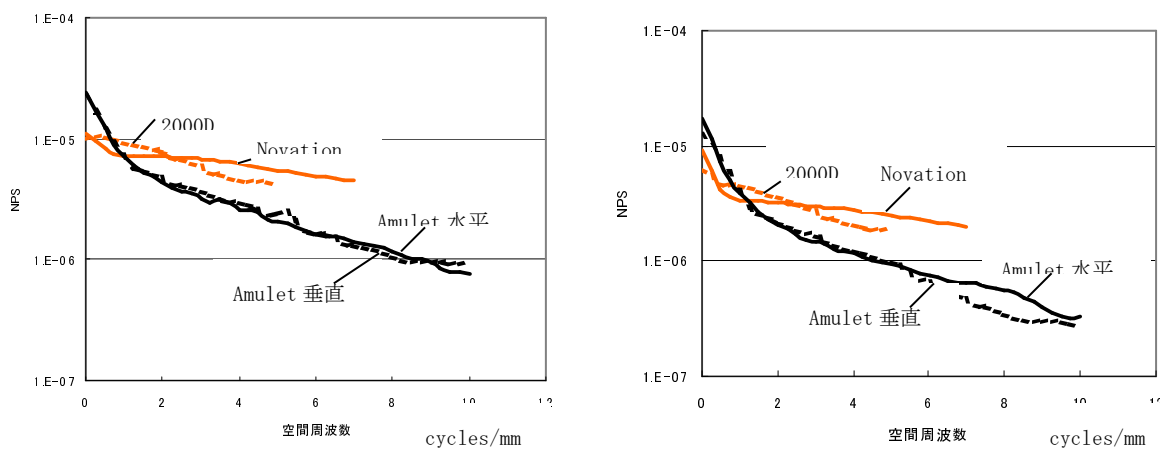


図3：MTFの測定結果

3) NPSの結果

図4にNPSの測定結果を示す。全体的にAmuletが良く、高周波になるほどより良くなった。これは画像情報の読み取りの際に用いる光照射によるボケの影響であると考えられる。しかし低周波に注目するとAmuletが悪くなっている。図5は露光量に変換し、平均値で除した画像である。よく見るとAmuletの画像にムラがあるように見える。これによって低周波ノイズが増加したのではないかと考えられる。理由はまだ分かっていない。



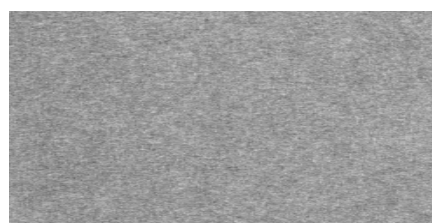
(a)

(b)

図4：NPSの結果 (a) 約 1.29×10^{-6} C/kg, (b) 約 2.58×10^{-6} C/kg



(a)

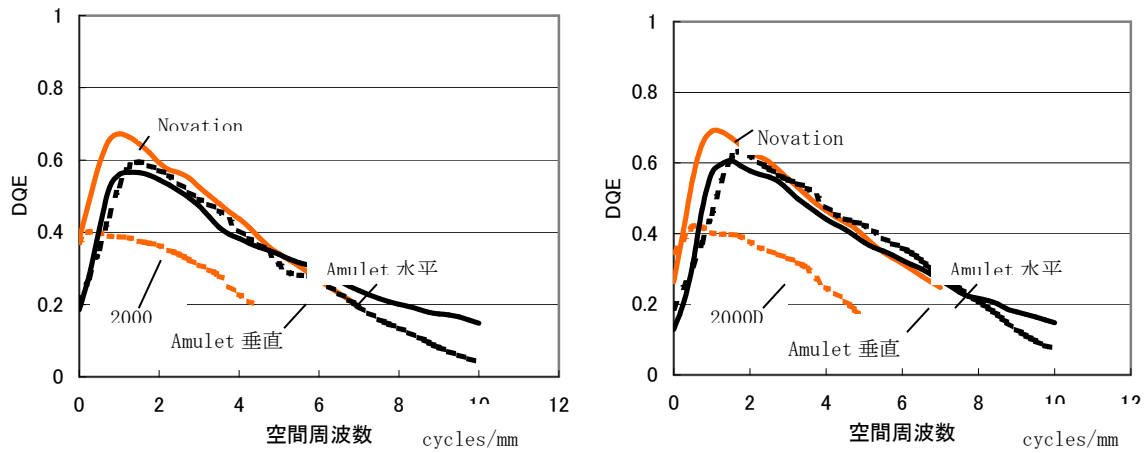


(b)

図5：露光量に変換し平均値で除した画像 (a) Novation, (b) Amulet

4) DQE の結果

図 6 に DQE の結果を示す。2cycles/mm あたりまでは Novation が一番良く、それ以上の空間周波数では、測定誤差を考慮すればほぼ Amulet と Novation はほぼ同等という結果となった。



(a)

(b)

図 6 : DQE の結果 (a) 約 1.29×10^{-6} C/kg, (b) 約 2.58×10^{-6} C/kg

V. 考察

Novation は、直接変換型 FPD の特徴に合った高い MTF を示した。

Amulet ではナイキスト周波数は異なるものの間接変換型の 2000D とほぼ等しい MTF を示した。NPS は、Amulet の方が優れていたが、低周波で悪くなった。この原因として画像の細かいムラが影響していると考えられるので原因究明が必要である。

DQE は、低周波では Novation の方が良く、それ以上の空間周波数においては Amulet と Novation ではほぼ同等という結果となった。

VI. 結語

2 層構造を有するマンモグラフィ用直接型 FPD の物理的画質特性を測定した。DQE の結果は、低周波は劣るが、全体的に Novation とほぼ同等であった。

Amulet は画素サイズが十分に小さく DQE も高いことから、画像処理により、より微細な構造を描出できる可能性が示唆された。今後、小さな画素サイズを生かした画像処理パラメータの検討が必要である。