

マンモグラフィのグリッドレス撮影における 散乱線補正処理

要旨

被ばく低減を目的としたグリッドレス撮影において、散乱線の影響を補正処理によって低減可能かを検討した。40mm と 20mm 厚の PMMA ファントム上にアクリル円盤(直径 10mm, 厚さ 4mm)を置き、Mo/Mo(ターゲット/フィルタ)では 28kV, W/Rh では 31kV の管電圧にて、平均乳房線量(AGD)を変化させ、グリッドの有無の条件で撮影した。それぞれの画像から、粒状性とコントラストを測定し、解像特性のデータと合わせて信号雑音比(SNRc)を算出した。また、散乱線補正ソフトウェアにより補正処理を施した。同一 AGD で比較すると、40mm 厚においてグリッド有に対してグリッドレスの SNRc は同等であった。20mm 厚では、グリッドレスが高い SNRc を示した。20mm 厚においてグリッドレス撮影は、被ばく低減技術に寄与することが示唆された。

I. 緒言

マンモグラフィ撮影において、グリッドレスとすることで被ばくが低減できるという研究報告がされており[1, 2], グリッドの性能に依存するものの、最大で 40%程度 of 被ばく低減が可能であることが示されている。しかし、現状の装置での報告は少なく十分な検証がなされていない。そこで、富士フィルム社製直接変換型デジタルマンモグラフィ、Amulet を使用し、被ばくの低減を目的としたグリッドレス撮影において、散乱線の影響を補正処理によって低減可能かを検討した。

II. 使用機器

- ・直接変換型マンモグラフィ装置 Amulet(富士フィルム社製)
 - 2 層構造 a-Se 直接変換方式
 - Target/filter : Mo/Mo, W/Rh
- ・タングステン板 : 1mm 厚
- ・アクリル円盤 : 10mm 径、4mm 厚
- ・鉛板 : 5mm 四方、2mm 厚
- ・アクリルファントム : 20mm 厚
- ・RM156 ファントム (Gammex)

III. 方法

1. 定量的画質評価

(1) ノイズ特性の測定

粒状性を表す NNPS(normalized noise spectrum)は、Fig.1 のように、256 × 256 の region of interest (ROI) を複数設定し、2 次元フーリエ変換法を用いて測定した。測定方法は「日本放射線技術学会監修 標準 デジタル X 線画像計測」に準拠した。

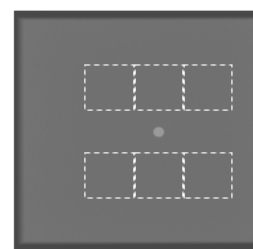


Fig.1 ノイズ特性における ROI 設定

(2) コントラストの測定

コントラスト C は、ノイズ特性と同様にファントムを配置し、Fig.2 のように ROI を設定し、その平均値 M を、また近傍の background の ROI の平均値 B を測定して以下の式(1)より算出した。

$$C = (B - M) / (B + M) \cdots (1)$$

(3) 解像特性の測定

解像特性であるMTF(modulation transfer function)は、エッジ法より測定した(1mm厚, タングステン板使用). 測定法は, 「日本放射線技術学会監修 標準デジタルX線画像計測」に準拠した.

(4) 散乱線含有率測定

散乱線含有率 S は, Fig. 3 のように ROI を設置し, 鉛板の露光量の平均値 E_s と Background の ROI の露光量の平均値 E_b を測定し, 以下の式(2)より算出した.

$$S = E_s / E_b \cdots (2)$$

(5) 散乱線とコントラストを考慮した SNR の算出

線質と散乱線によるコントラスト変化を考慮した信号対雑音比 SNR_c を, 上記(1)~(3)で得られた NNPS, コントラスト, MTF を用いて下式(3)より算出した.

$$SNR_c^2 = C^2 MTF(u)^2 / NNPS(u) \cdots (3)$$

(6) 散乱線補正処理

1mm厚タングステン板を 20 mm 及び 40 mm 厚の亚克力板上に置いて撮影し, そのエッジ画像より edge spread function(ESF)を求め, フーリエ変換することで散乱線の MTF を算出した. 画像の X 線分布において, 直線部分をゼロとした後, 散乱線 MTF から算出した超ローパスフィルタを適用することで散乱線関与の近似的 X 線強度分布を作成した. この強度分布を元の強度分布(元画像)から減算することで近似的な散乱線補正を行った. この処理を RMI156 ファントム画像に適用して, グリッド使用時の画像と比較した.

IV. 結果

(1) コントラスト測定

Table 1 に亚克力円盤のデジタル値計測によるコントラスト測定の結果を示す. グリッドレス撮影により 20 mm では約 80%に, 40 mm では約 70%にコントラストが低下した.

Table 1 アクリル円盤のデジタル値計測によるコントラスト測定

亚克力厚	tatget/filter	管電圧	管電流	グリッド	コントラスト
20 mm	Mo/Mo	28 kV	25 mAs	+	1.00
				-	0.80
	W/Rh	31 kV	25 mAs	+	1.00
				-	0.79
40 mm	Mo/Mo	28 kV	80 mAs	+	1.00
				-	0.69
	W/Rh	31 kV	80 mAs	+	1.00
				-	0.66

(2) SNR_c

Fig. 4 に 20mm 厚 Mo/Mo, Fig. 5 に 20mm 厚の W/Rh, Fig. 6 に 40mm 厚 Mo/Mo, Fig. 7 に 40mm 厚 W/Rh の測定結果を示す. 20mm 厚では Mo/Mo, W/Rh のどちらにおいても 25mAs グリッド無が最も高く, つい

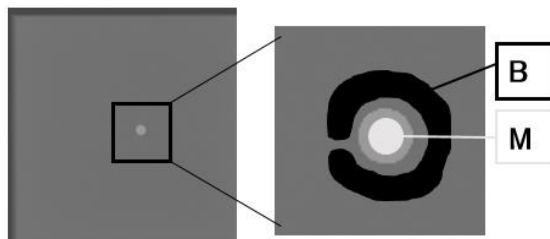


Fig.2 コントラスト測定における ROI 設定

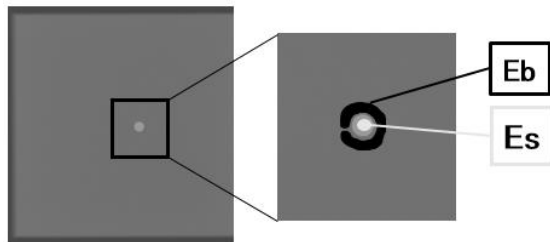


Fig.3 散乱線含有率測定における ROI 設定

で 25mAs グリッド有, 20mAs グリッド無, 16mAs グリッド無となった。40mm 厚では Mo/Mo では 80mAs でグリッド有無に差はあまり見られず, W/Rh においては 80mAs グリッド有が最も高く, ついで 80mAs グリッド無, 63mAs グリッド無, 50mAs グリッド無となった。

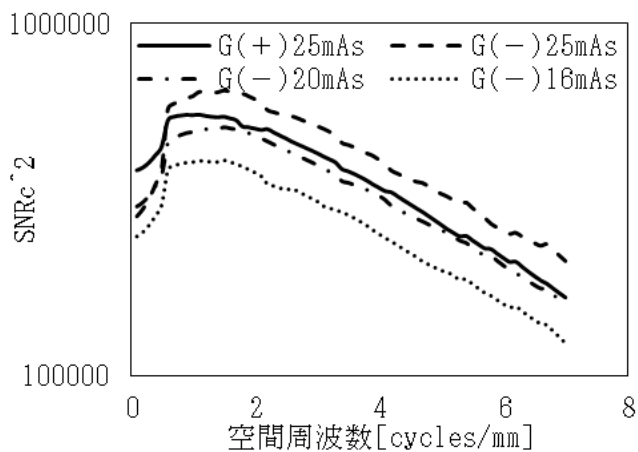


Fig. 4 20mm 厚 Mo/Mo の SNR_c^2

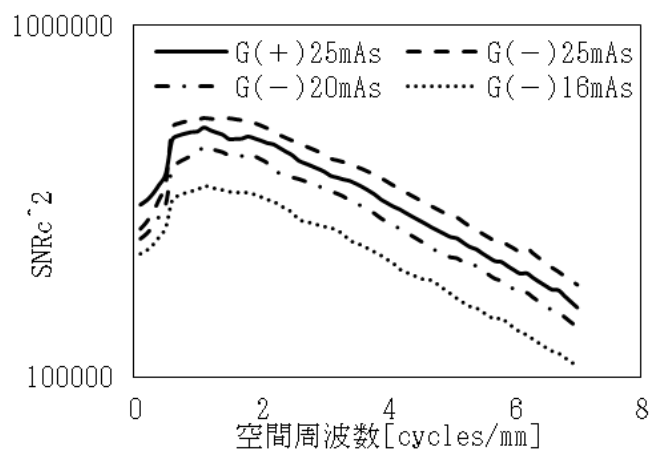


Fig. 5 20mm 厚 W/Rh の SNR_c^2

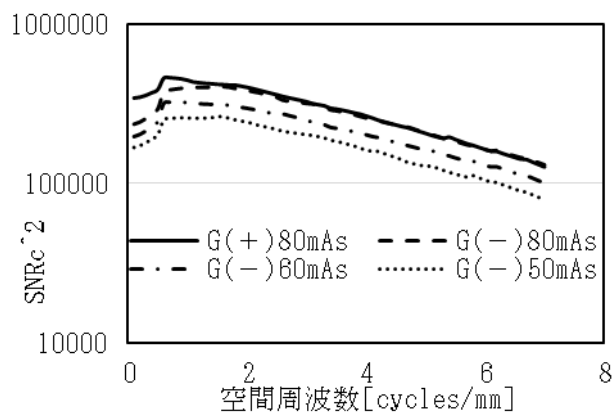


Fig. 6 40mm 厚 Mo/Mo の SNR_c^2

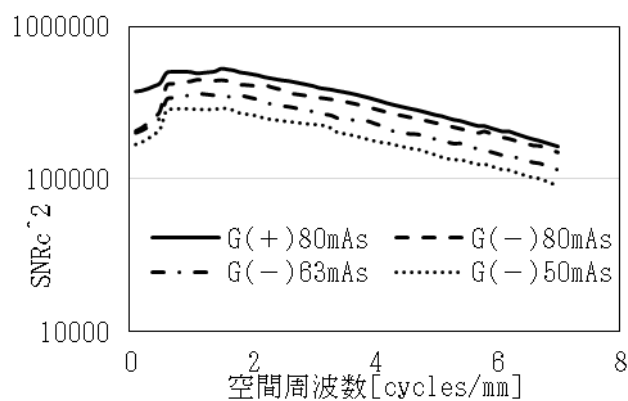


Fig. 7 40mm 厚 W/Rh の SNR_c^2

(3) 散乱線含有率

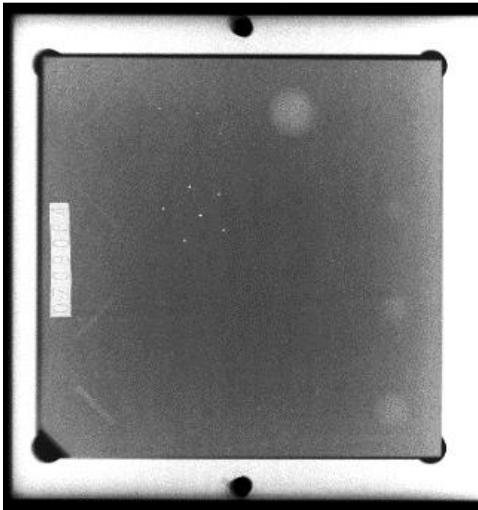
散乱線含有率の測定結果を Table 2 に示す。これより、散乱線含有率はアクリル厚みにのみ依存し、線質には依存しなかった。

(4) 散乱線補正処理

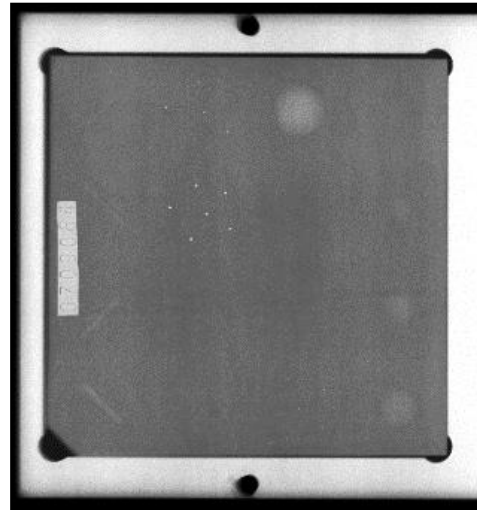
Fig. 8 に、63mAs のグリッドレス、63mAs グリッドレス+補正処理、80mAs グリッド有りの画像を示す。補正処理により散乱線による不均一性が補正された。 SNR_c^2 の結果から、40 mm ファントムでは、グリッドレスによる被ばく低減効果は得られないことから、80 mAs グリッド有りに対して、63mAs グリッドレスの補正画像はやや視認性に劣った。プロファイルで比較すると、補正処理によりコントラストは復活したが、 SNR_c^2 の結果に対応し、contrast to noise ratio は低かった。

Table 2 散乱線含有率の測定結果

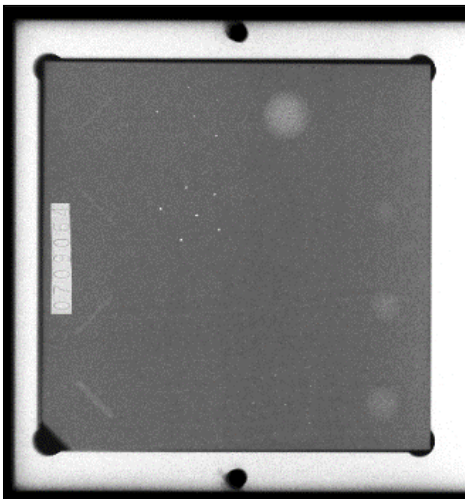
アクリル厚	target/filter	管電圧	管電流	グリッド	散乱線含有率[%]
20mm	Mo/Mo	28kV	25mAs	+	6.9
			12.5mAs	-	22.0
	W/Rh	31kV	25mAs	+	6.8
			12.5mAs	-	22.4
40mm	Mo/Mo	28kV	50mAs	+	11.7
			25mAs	-	35.4
	W/Rh	31kV	50mAs	+	11.3
			25mAs	-	35.4



(a)



(b)



(c)

Fig. 9 (a) 63 mAs グリッドレス, (b) 63mAs グリッドレス+補正処理, (c) 80 mAs グリッド有り

V. 考察

SNR_c²の結果より、20mm厚では10.2～15.6%の被ばく低減が可能であるが、40mm厚ではMo/Moで同等のであり、W/Rhではグリッド有のほうが値は大きくなったことから、被ばく低減は不可能であると考えられる。

散乱線補正処理の画像より、補正処理を施すことにより不均一性が補正され、コントラストも改善された。しかし、補正処理後であってもSNR_c²の結果に対応した画質であった。これは、散乱線分布は補正されるが散乱線による量子ノイズは残されたままであるからだと考えられる。よって、より広い範囲の乳房厚でグリッドレスを使用するためには、エッジ保存型ノイズ低減処理や逐次近似処理などのノイズ低減処理の適応を今後検討していく必要がある。

VI. 結語

散乱線補正処理は、グリッドレスにおける不均一性補正とコントラスト改善に有効であった。20mm程度の薄い乳房厚では、グリッドレスによる被ばく低減の可能性が示唆された。

VII. 参考文献

- 1) Nykänen K, Siltanen S. X-ray scattering in full-field digital mammography. Med Phys. 2003;30(7):1864-73.
- 2) Fieselmann A, Fischer D, Hilal D, et al. Full-field digital mammography with grid-less acquisition and software-based scatter correction: Investigation of dose saving and image quality, Siemens report. April 2014, 2-7