

グレーデル効果と画質の検討

片山昌春* 高山輝彦*

要 旨

X線写真の画質を損なう原因の一つである散乱線を除去する目的で、グレーデル効果について、その除去効果と画質の検討を行った。

実験の結果、線量の測定では高散乱部において、ファントムを20cm離すことによって、約42%に減弱し、低散乱部においては15cm離すことによって、約59%に減弱した。散乱線のみについてみると、いずれも約30%に減弱した。すなわち、散乱線の約70%が除去されたことになる。

画質についてみると、グレーデル効果によって散乱線が除去され、低コントラスト物質および高コントラスト物質いずれもコントラストは改善された。特に高散乱部において、その改善度は高かった。低散乱部においても、低コントラスト物質のコントラスト・ディテールが改善され、乳房、手、足などの撮影にグレーデル効果を応用できると考えられる。

KEY WORDS

Scattered radiation, Burger phantom, Contrast, MTF, Air gap

はじめに

X線写真の画質を損なう原因の一つに散乱線がある。散乱線はX線と被写体の相互作用により二次的に発生する。散乱線そのものはエネルギーや方向は種々様々であり、フィルムを黒化し、カブリとなって現れる。その結果、X線写真のコントラストや鮮鋭度は劣化する。X線撮影において重要な要件の一つは散乱線をできるだけ除去することである。

散乱線を除去する方法の一つにグレーデル効果(エアギャップ法ともいう)がある。これは被写体とフィルム間距離を離すことによって、被写体から発生する散乱線は距離逆自乗則によって減弱し、また、斜方向の散乱線はフィルムに入射しない、などの理由で散乱線は大幅に除去される。

胸部高圧撮影では、グレーデル効果についていくつか報告されているが、^{1,2,3)}乳房、手、足など低散乱部位の撮

影では、散乱線の除去についてほとんど考慮していないため、グレーデル効果の報告はなされていない。しかし乳房撮影においてもグリッドを用いて散乱線を除去する方がコントラスト・ディテールが改善され、微小な石灰化が検出できる。という報告^{4,5,6)}がある。

今回は乳房、手、足など低散乱部位の撮影に応用する目的で、グレーデル効果について、散乱線の除去効果や画質の検討を行った。

実験材料および方法

1. 機器および材料

X線発生装置：島津 HD150B

(circlex 0.8P38CS)

線量計：Ionex 2500/3 30ccプローブ

ファントム：アクリル板25×30cm, 13cm, 5cm

バーガーファントム：美和医療電気、京都科学標本製

* 金沢大学医療技術短期大学部・放射線技術学科

矩形波チャート：0.5~10Lp/mm, Pb 0.05mm
 ミクロフオトメーター：サクラ PDS-15
 スクリーンフィルム：極光 BM-III, コニカ newA
 自動現像機：コニカ KX-130 (2分処理)
 現像液コニカXD-90

2. 実験方法

1) 被写体・フィルム間距離と線量減弱率の関係

焦点・フィルム間距離を100cmとし、フィルムの位置に線量計の30ccプローブを固定し、その上に密着するようにファントム（アクリル板13cm）を置き、線量を測定した。（照射野の大きさは25×30cm）次いで、ファントムを5cm上の方へ離して、線量を測定した。順次10cm, 15cm, 20cmと離して線量を測定した。X線管電圧は60kV, 80kV, 100kVについて、それぞれ測定した。

また、低散乱体としてアクリルファントム5cmについて、同じように測定した。この場合、X線管電圧は50kV, 60kV, 80kVとした。

2) 被写体・フィルム間距離と画質の関係

バーガーファントムを用いて低吸収物質の認識能について実験した。まず、フィルムの上にバーガーファントムを置き、その上にアクリル板13cmを乗せて撮影した。次に、バーガーファントム、アクリル板ともにフィルムから15cm上の方へ離して撮影した。X線管電圧は80kVとした。

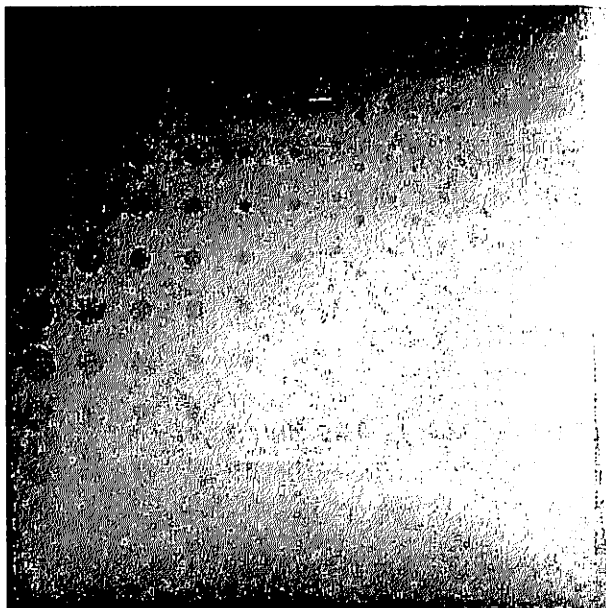


Fig. 1 Radiographic image of Burger phantom.

また、低散乱体としてアクリル板5cmについて、同じように行った。この場合、X線管電圧は50kVとした。

バーガーファントムとはアクリル板（厚さ10~15mm）に円形または正方形の穴を大きさおよび深さ（直径0.5~10mm, 深さ0.5~10mm）をいろいろ変えて開けたもので、撮影後の画像から、その穴が信号として識別可能（コントラスト・ディテール）かどうかで、評価する。Fig. 1にバーガーファントムの画像を示す。評価法として、ここでは各信号のサイズごとに、コントラストの差として信号が見えるか見えないかを、穴の深さの関数として表した。すなわち、縦軸は識別限界（識別コントラスト）の穴の深さを表している。

3) MTFの測定

矩形波チャートを用いてMTFを測定した。まず、フィルムの上に矩形波チャートを置き、その上にアクリル板13cmを乗せて撮影した。次に、矩形波チャート、アクリル板ともにフィルムから15cm上の方へ離して撮影した。X線管電圧は80kVとした。

また、低散乱体としてアクリル板5cmについて、同じように行った。この場合、X線管電圧は50kVとした。

結果

1. 被写体・フィルム間距離と線量減弱率の関係

高散乱部位（アクリル板13cm）においてはFig. 2に示すごとく、管電圧80kV, および100kVでは同じように、X線量は距離を離すごとに減弱し、20cmでほぼ42%に減弱した。管電圧60kVでは減弱率は少なくとも47%であった。また、距離15cmですでに48%となりプラトーに達していた。

低散乱部位（アクリル板5cm）においてはFig. 3に示すごとく、いずれの管電圧でも同じように減弱し、20cm離して約59%であった。15cmでもほぼ同じ値であり、15cmでプラトーに達していた。

ここで測定した線量は一次線も含んだものであり、散乱線のみ減弱率ではない。そこで、一次線のみを測定し（プローブの大きさまで絞り、アクリル板50cm離す）散乱線のみ減弱をみたところ、いずれも30~33%であった。すなわち、グレーデル法によって、散乱線のほぼ70%は除去できる。

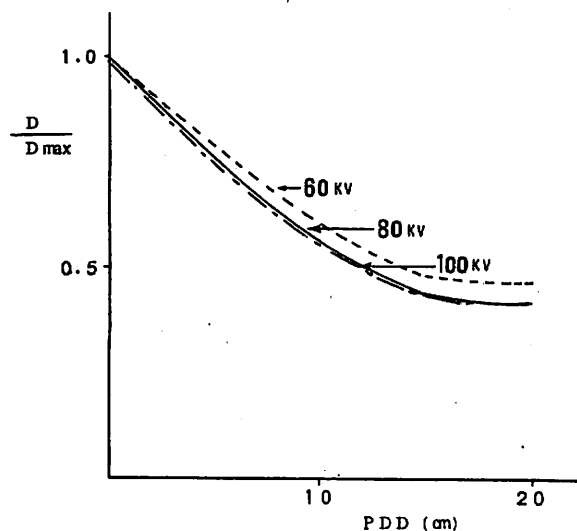


Fig. 2 Attenuation of dose in phantom-to-detector distance at acril phantom 13cm, 80kv.

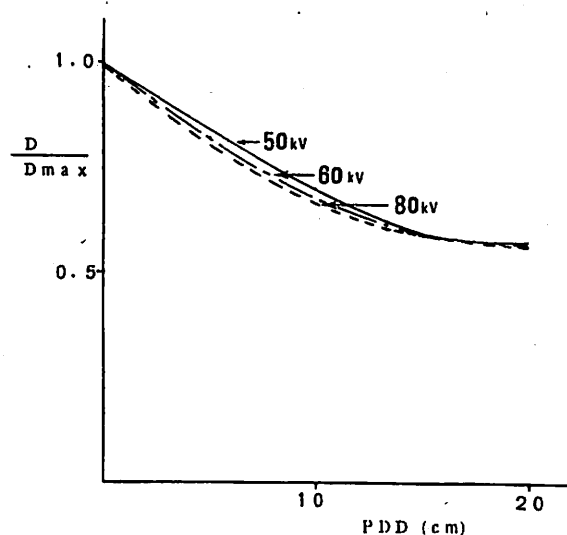


Fig. 3 Attenuation of dose in phantom-to-detector distance at acril phantom 5cm, 50kv.

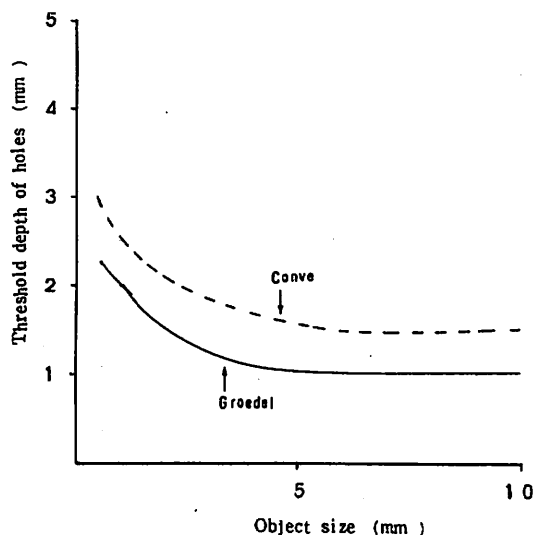


Fig. 4 Contrast-detail curves of acril phantom 13cm, at 80kv.

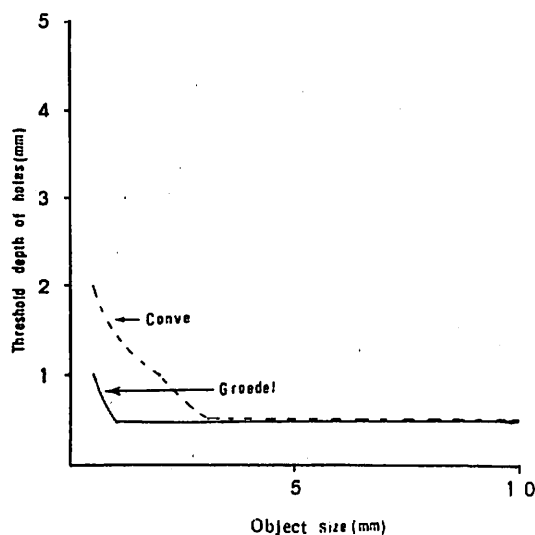


Fig. 5 Contrast-detail curves of acril phantom 5cm, at 50kv.

2. 被写体・フィルム間距離と画質の関係

バーガーファントムの実験の結果はFig. 4に示すごとく、高散乱部位（アクリル板13cm）においては顕著な差があり、グレーデル効果によって、コントラストが改善され、細かい部位が識別できた。

低散乱部位（アクリル板5cm）の実験の結果はFig. 5に示すごとく、ここでも、グレーデル効果によって、コントラストが改善され、細かい部位が識別できた。すなわち、低吸収部（低コントラスト部位）の検出には散乱線の影響が大きいことがわかる。

3. MTFの実験の結果は Fig. 6に示すごとく、高散乱

部位（アクリル板13cm）においては顕著な差があり、散乱線によるカブリがMTFを大きく低下させている。

低散乱部位（アクリル板5cm）の実験の結果はFig. 7に示すごとく、低空間周波数領域ではグレーデル効果によってMTFは良くなっているが、3LP/mmで逆転し、矩形波チャートをフィルムに密着した方が良くなった。

これは拡大による半影の影響が散乱線の影響より大きくなるためと考えられる。しかし、実際の臨床X線写真では3LP/mm以下の目的物を観察することは不可能である。

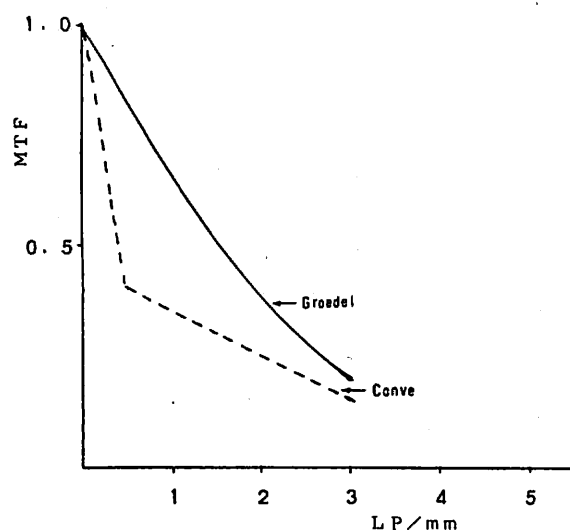


Fig. 6 MTF of Groedel technic in acril phantom 13cm, at 80kv.

考 察

X線写真の画質を損なう要因の一つである散乱線はX線と被写体の相互作用により二次的に発生するため、被写体の体積が大きいほど（被写体が厚く、照射野が大きい）散乱線は多くなる。また、X線管電圧が高くなるほど量も多く、エネルギーも高くなる。このため、頭部、腹部など厚みの大きい部位では散乱線を除去することが重要である。これに対して、乳房、手、足など厚みの小さい部位では散乱線の量も少なく、エネルギーも小さいため散乱線の除去は考慮していないのが、現状である。しかし、散乱線は全く発生しないわけではなく、多少とも散乱線カブリによって、コントラストは低下すると考えられる。事実乳房撮影においては、グリッドを使用し、散乱線除去を講ずることによって、コントラスト・ディテールが改善される。^{4,56)}

今回、実験したグレーデル効果において、高散乱部、低散乱部ともに、15~20cm離すことによって散乱線はほぼ70%除去された。

この場合、高散乱部位は当然としても、低散乱部位でも、かなりの散乱線が発生し、グレーデル法によって、散乱線除去効果が大きいことが解った。

また、画質においてもパーガーファントムによる実験の結果、低コントラスト部のコントラスト・ディテールの改善がなされ、矩形波チャートによるMTFの実験の結果、MTFが改善された。ところで、グレーデル法の短

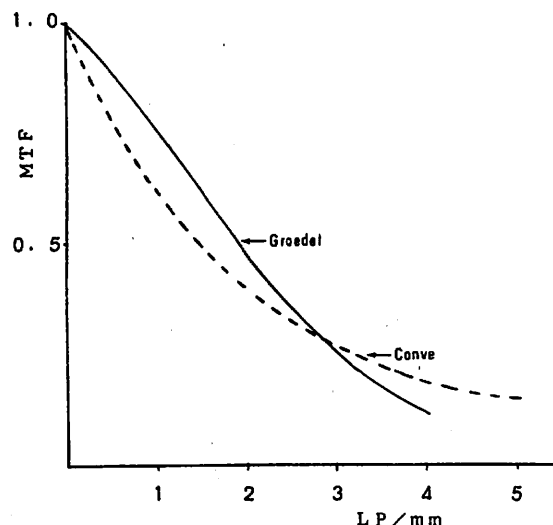


Fig. 7 MTF of Groedel technic in acril phantom 5cm, at 50kv.

所はフィルムと被写体を15~20cm離すため、像が拡大すること、幾何学的な半影が大きくなって画像がボケることである。しかし、この問題点はX線管焦点を小さくすることで解決できる。最近のX線管装置はほとんどが0.8mmないし1.0mm焦点であり、撮影距離1mで、被写体をフィルムから15cm離した場合、半影の大きさは0.14mmないし0.17mmとなり、ボケとして許容できる0.2mm以下であり、問題とならない。また、画像の拡大については1.2倍程度であり、とくに問題とならない。それより、拡大することにより信号の面積が大きくなるが、スクリーン・フィルム系のノイズは変わらないため、SN比が向上する。^{7,8,9)}すなわち粒状性がよくなる。

以上の利点から、乳房、手、足など低散乱部位の撮影にグレーデル法を応用できると、考える。

結 論

グレーデル効果と画質の検討の結果、次の結論を得た。

1. X線量は高散乱部（アクリルファントム13cm）では15cm離すことによって約45%に、20cm離すことによって約42%に減弱した。低散乱部（アクリルファントム5cm）では15cm離すことによって約59%に、20cm離すことによって同じく約59%に減弱した。散乱線のみについてみると、20cm離すことによって、いずれも約30%に減弱した。
2. パーガーファントムによるコントラストディテールの評価では高散乱部（アクリルファントム13cm）、低散乱

線（アクリルフアントム5cm）ともに改善された。特に高散乱部でその改善度は大きく、低コントラスト物質は散乱線の影響が大きいことが解った。

3. 矩形波チャートによる MTF の効果では高散乱部（アクリルフアントム13cm）、低散乱部（アクリルフアントム5cm）ともに MTF は良くなった。

以上のことから、グレーデル法によって、散乱線は除去され、画質が改善される。乳房、手、足など低散乱部位においてもグレーデル法の応用は有利であると考え。実際の臨床例について、今後検討したい。

文 献

1) 倉光一雄 他：胸部高圧撮影時のグリッド法とグレーデル法の比較（被曝線量軽減と MTF 評価の立場から）。日放技学誌, 31(3) : 215-220, 1975.
 2) 大塚昭義 他：多軌道断層撮影装置における照射野と Groedel 効果について。日放技学誌, 32(6) : 578-584, 1977.

3) 東田善治 他：多軌道断層撮影装置における照射野と Groedel 効果について(第2報散乱線含有率と断層像の画質)。日放技学誌, 34(1) : 12-18, 1978.
 4) Barnes GT, Brezovich IA. : The intensity of scattered radiation in mammography. Radiology., 126 : 243-247, 1978.
 5) Chan HP, Doi K, et al : Development of ultrahigh strip density grids : a new antiscatter technique for mammography. Radiology., 154 : 807-815, 1985.
 6) Arthur G Haus : Technologic improvements in screen-film Mammography. Radiology., 174 : 628-637, 1990.
 7) 土井邦雄 : X線画像の信号検出と視覚特性の重要性。日放技学誌, 43(6) : 694-729, 1987.
 8) Doi K and Imhof H : Noise reduction by radiographic magnification. Radiology., 122 : 479-487, 1977.
 9) 大塚昭義 他：密着・拡大・立体撮影による微小信号の検出能。日放技学誌, 43(11) : 1612-1618, 1987.

Groedel effect and evaluation of radiographic image quality

Masaharu Katayama, Teruhiko Takayama

Summary

Groedel method is used for eliminating the scattered radiations which degrade the imaging quality. In this paper, In order to reduce scattered radiations and evaluate the radiographic image quality we examined with the Groedel technic. As results, the scattered radiation was attenuated to 30% with phantom-to-detector distance of 20cm. Radiographic image quality was improved clearly by the Groedel technic. In particular it was superior in the detectability of some low contrast objects. We expect that the Groedel technic in useful in mammography.