

鉛ディスク法による散乱線測定

佐久間俊光, 佐々木清昭, 安彦 茂*, 阿部久義**
村井 均***, 伊藤道明****, 大久敏弘****, 鈴木正吾*****

東北大学医学部附属病院

*仙台赤十字病院

**東北労災病院

***仙台通信病院

****NTT 東北病院

*****東北大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科

The Measurement of the Content Rate of Scattered Radiation for the Lead Disk Method

Toshimitsu SAKUMA, Seisyo SASAKI, Shigeru ABIKO*, Hisayoshi ABE**

Hitoshi MURAI***, Michiaki ITOH****

Toshihiro OHISA***** and Shogo SUZUKI*****

Department of Radiology, Tohoku University Hospital

**Department of Radiology, Sendai Redcross Hospital*

***Department of Radiology, Tohoku Rousai Hospital*

****Department of Radiology, Sendai Teisin Hospital*

*****Department of Radiology, NTT Tohoku Hospital*

******Department of Radiological Technology, College of
Medical Sciences, Tohoku University*

Key words : Lead disk, Scattered radiation, Characteristic curve

The scattered radiation is affected the image quality. The quantity of scattered radiation changed with tube voltage, object thickness, size of radiation field, without grid or with grid, and using x-ray apparatus.

We investigated the relationship of the content rate of scattered radiation among them with the lead disk method.

As a result, we found a little scattered radiation from grid and cassette. The content rate of scattered radiation of the aluminum cassette is as same quantity as carbon cassette, but two curves of aluminum cassette and carbon cassette crossed each other. Therefore, it is necessary that we should better consider the use of the lead disk method.

1. はじめに

X線撮影系において、画質低下の原因のひとつとして散乱線の影響があり、被写体厚、撮影管電圧、照射野の大きさ、グリッド等によっても散乱線の量は変化することがこれまでに多数報告されている^{1)~7)}。またグリッドやカセット、スクリーンからもわずかながら散乱線が発生していると考えられている。そのため、画像評価としての散乱線の量を知ることは大切なことである。

しかし、線量計や蛍光量計による測定は、ディテクタがある面積を持つために小さいサイズの鉛ディスク使用時の測定精度が低下するとされ⁸⁾⁹⁾。さらにディテクタが厚みがあるために実際の撮影と同じ配置での測定は困難な場合がある。またフィルムを用いた鉛ディスク法があるが、再現性のある正確な特性曲線を得ることが難しく問題となっている。

今回、我々は鉛ディスク法で使用する鉛ディスクサイズの検討を行い、また再現性のあるX線センシトメトリーを用いることで、基本的な条件化での散乱線含有率を求め、散乱線の定量化について検討を行ったので報告する。

2. 使用機器

X線装置：UD-150B（島津）、KXO-1250（東芝）

フィルムチェンジャー：CXC-B5（キャノン）
CXC-B3（キャノン）

ブッキースタンド：VBR-10

グリッド：10:1（34）、10:1（40）、
10:1（57）、12:1（40・wood）

スクリーン：HR-4、HR-3、KM-250

フィルム：SR-G、SR-C

ディスク：0.5×0.5、1.0×1.0、1.5×1.5
2.0×2.0、4.0×4.0 cm²
各3 mm厚（自作）

鉛ステップ：0.1 mm×5段（自作）

銅ステップ：0.2 mm×5段（自作）

アルミ階段：M-2（東北画像研究会仕様）

濃度計：FUJI 301

自動現像機：FPM-4000/35.0°C

その他：アクリル板

3. 測定方法

1. 鉛ディスク法

図1に示すように大きさの異なる矩形の鉛ディスク数個をアクリル板およびカセット上の中心部に置きX線を照射し試料を作成する。また使用するフィルムの特性曲線の試料をブートストラップ法にて作成する¹⁰⁾。まとめて現像後、各鉛ディスクの中央部分の濃度(DL)とその外周囲4箇所(平均濃度(DH))を測定し、図2に示すように特性曲線より強度変換し露光量EL, EHを求める。露光量ELは散乱線のみ(散乱線)の露光量であり、露光量EHは直接線と散乱線からなる露光量であるので次式にて散乱線含有率(% scatter)を求めた。なお使用するフィルムの特性曲線の直線部にDLとDHが入るようにmAsを調整した。

$$\% \text{ scatter} = 10^{(EL-EH)} \times 100 \quad (1)$$

しかし、散乱体の厚さが薄い場合や散乱体がない場合、鉛ディスクの中心濃度がほとんどカブリ濃度と同じくなり、特性曲線の直線部に入らないため正確な散乱線含有率は求められない。

そこで、試料作成のときに鉛ディスクと一緒に0.1 mm×5段の鉛ステップと0.2 mm×5段の銅

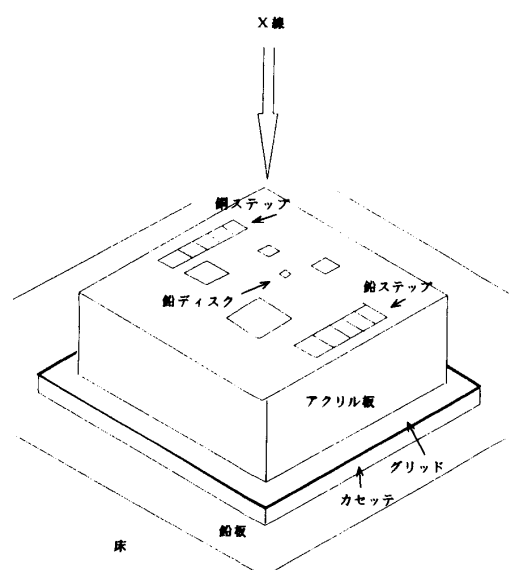


図1. 鉛ディスク法の幾何学的配置図

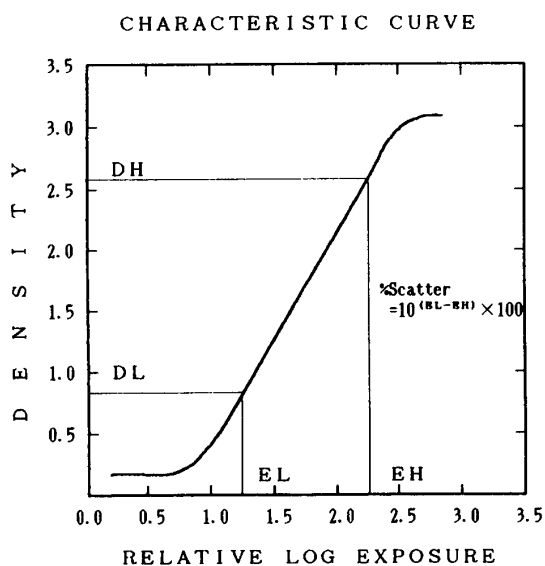


図2. 特性曲線からの強度変換

ステップを撮影する。

基準露光で鉛ディスクの周辺濃度 (D) = 2.5 程度の試料を作成し、また mAs を変えて約 5 倍~8 倍の倍数露光を行ない、鉛ディスクの中心濃度 (D) = 0.5 程度の試料を作成し、そのときの露光量 EL を求めておく。また 2 つの試料から鉛ステップまたは銅ステップから同一の段数で特性曲線の直線部に入っている濃度点を探し出し、特性曲線より実際の露光比を求める。基準露光で得られた鉛ディスクの周辺濃度の露光量を求め、これに露光比の補正を加えると、本来の露光量 EH が求められる。これを (1) 式に代入し散乱線含有率を求めた。(1) 式で得られた各鉛ディスクの散乱線含有率の測定点より、最小自乗法を用いて得られた近似式より、鉛サイズ 0 cm まで外挿し本来の散乱線含有率を求めた。この場合、横軸は鉛ディスクサイズの面積を周囲の長さで除した値とし、縦軸は測定点を結ぶカーブを滑らかにし近似による外挿点が求めやすくするため対数表示とした。

4. 結果

1. 管電圧と被写体厚の関係

フィルムチェンジャー (CXC-B5) の管電圧 80 kV, 100 kV, 130 kV と被写体厚 0 cm, 8 cm, 16 cm とそれぞれ変化させたときの散乱線含有率を

図3, 図4に示す。被写体厚に対し管電圧を変化させても図3のように散乱線含有率の大きな上昇は見られないが、図4のように各管電圧に対し被写体厚が増すにつれて明らかに散乱線含有率は大きくなった。これより散乱線含有率は管電圧よりも被写体の厚みに大きく依存する²⁾⁵⁾¹¹⁾。

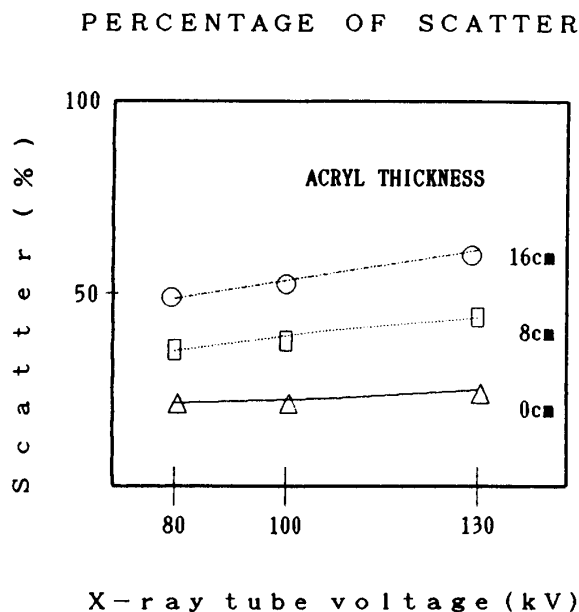


図3. 被写体厚変化における散乱線含有率

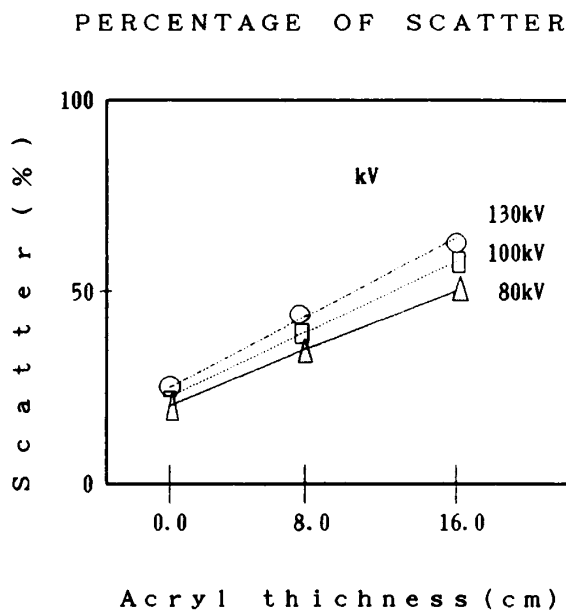


図4. 管電圧変化における散乱線含有率

2. フィルムチェンジャーとブッキースタンドの散乱線含有率

管電圧 100 kV, 被写体厚を 0 cm, 8 cm, 16 cm と変化させたときのフィルムチェンジャー (CXC-B3) のグリッド比 10:1 (40) とブッキースタンド (VBR-10) 10:1 (34) と比較した散乱線含有率を図 5 に示す。グリッド比が同じでグリッド密度が高いフィルムチェンジャーはブッキースタンドよりもかなり高い値の散乱線含有率を示した。このフィルムチェンジャーはフロントスクリーンの全面の支持体にアクリル板が使われており全体的な散乱体の厚みが増したためと考えられる。フィルムチェンジャーは機種によってもかなり違いがあるが、ブッキースタンドを使用したカセット撮影が散乱線の影響が少ないことを確認した。

3. グリッドの違いによる散乱線含有率

通常使用している 10:1 (34) と高密度グリッド 10:1 (57) と WOOD グリッド 12:1 (40) (中間物質が木) の比較したグラフを図 6 に示す。高密度グリッドは、管電圧 80 kV, 被写体厚 8 cm では多少差があるものの、管電圧が高くなるにつれてまた被写体厚が厚くなるにつれて、10:1 (34) の

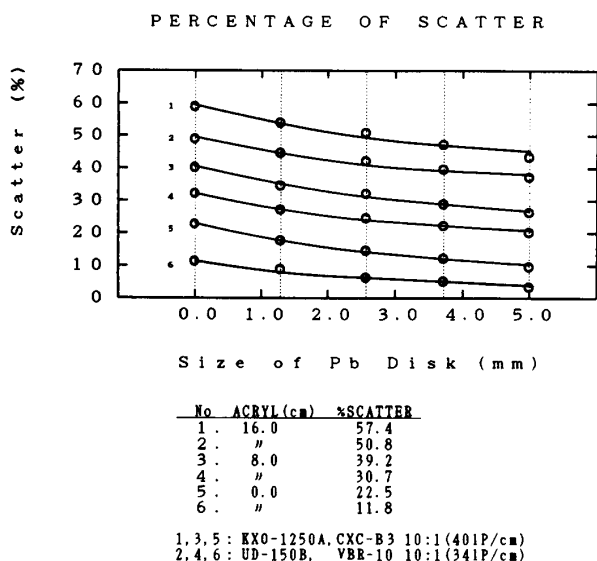
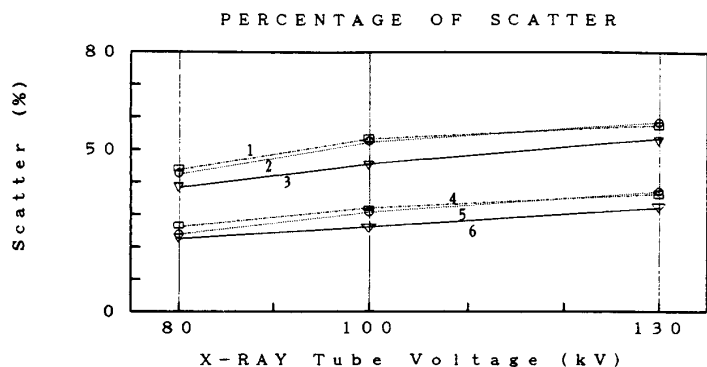


図 5. フィルムチェンジャーとブッキースタンドの散乱線含有率



No.	X-RAY APPRATUS	GRID	ACRYL (cm)	(% SCATTER)		
				80kV	100kV	130kV
1.	UD-150B, VBR-10,	10:1 (34)	16.0	42.4	50.8	55.0
2.	"	10:1 (57)	"	41.0	50.6	56.2
3.	"	12:1 (40, WOOD)	"	39.2	45.0	51.2
4.	"	10:1 (34)	8.0	26.4	30.7	35.5
5.	"	10:1 (57)	"	22.8	29.7	36.5
6.	"	12:1 (40, WOOD)	"	21.8	25.4	31.1

図 6. グリッドの違いによる散乱線含有率

グリッドの散乱線含有率とほぼ等しい結果となった^{12)~14)}。これは、グリッド密度が高くなるにしたがい鉛容積が小さくなるためフィルム面に到達する散乱 X 線が多くなったためと考えられる。100 kV 以上の管電圧を使用する胸部撮影を考えた場合、10:1 (34) のグリッドで十分であると考えられる。また、WOOD グリッド 12:1 (40) は他の 2 つのグリッドと比較して、全体的に散乱線含有率は低い傾向にあった。

4. グリッドの移動の有無

管電圧 100 kV で被写体厚 6 cm と 16 cm で、同一グリッド 8:1 (34) の移動の有無での散乱線含有率を図 7 に示す。移動の有無で散乱線含有率が変化すると報告¹⁶⁾もあるが、被写体厚を変化させてもほとんど一致した結果となった。

5. カセットからの散乱線含有率

今までは、被写体厚変化や管電圧変化、使用するフィルムチェンジャー、ブッキースタンド等での散乱線含有率を測定してきたがカセットやグリッドからも散乱線が発生していると考えられる。そこで管電圧 100 kV でグリッド使用時とカセットのみの散乱線含有率を測定したグラフを図 8 に示す。カセットのみでは散乱線含有率は 5.5% と低い値であるが、グリッドを使用するとグリッ

鉛ディスク法による散乱線測定

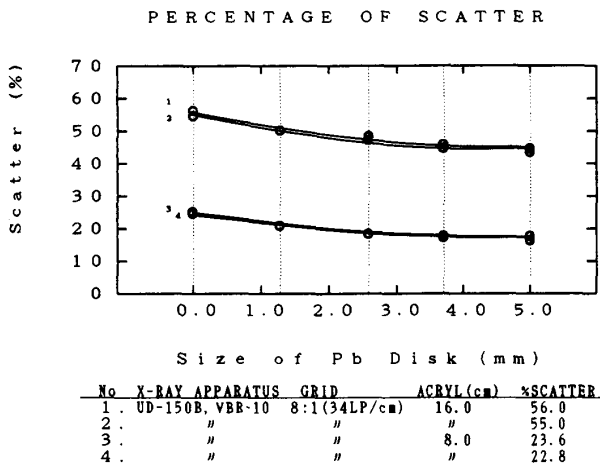
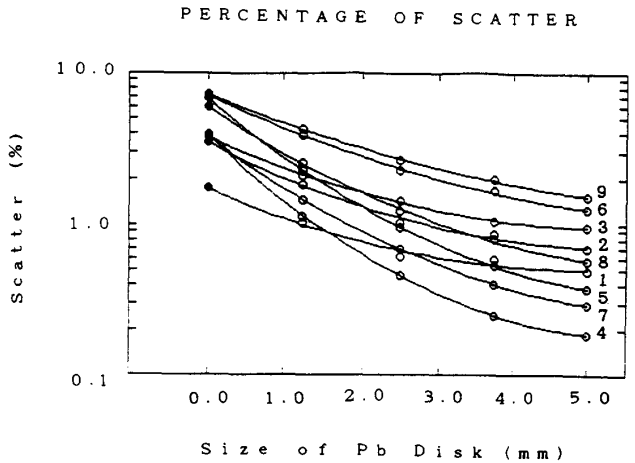


図7. グリッドの移動の有無による散乱線含有率

ド比が高くなるほど散乱線含有率は大きな値となり、フィルムチェンジャーではさらに大きな値を示した。被写体厚が0 cmになっても0%とはならず、グリッドやカセットからもわずかではあるが、散乱線が発生しているのが確認できた。

6. カセットの材質の違いによる散乱線含有率の比較

カセットの材質がアルミニウム、カーボンとビニールパックにおけるカセットのみの散乱線含有率を図9に示す。ビニールパックが一番低く、アルミカセットとカーボンカセットはほぼ同じ値となった。しかし鉛ディスクサイズ0 cmでの散乱線含有率は同じでも、カーボンカセットはアルミ



1, 2, 3.: ビニールパック 4, 5, 6.: カーボンカセット 7, 8, 9.: アルミニウムカセット

図9. カセットの材質の違いによる散乱線含有率

カセットと比較して鉛ディスクが小さくなるにしたがい急激に大きくなるという形状の違いが見られた。またビニールパックの近似したカーブの形状はアルミカセットやカーボンカセットの形状と交差する結果となった。

7. 散乱線の画質への影響

臨床応用のシミュレーションとして異なるグリッドとスクリーン/フィルムの組み合わせを使用し、画質への影響を確認するために、低感度・

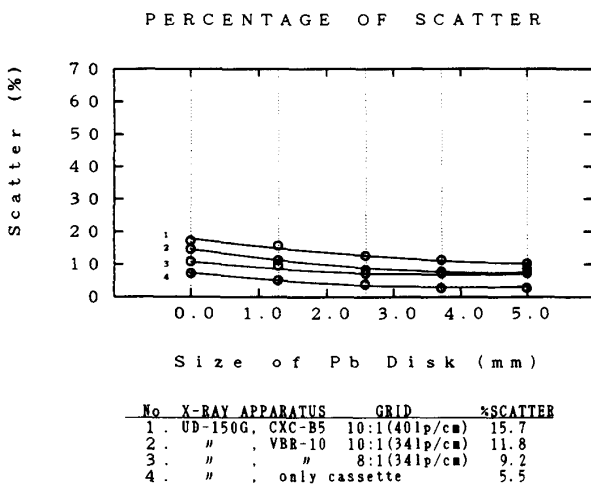


図8. カセットにおける散乱線含有率

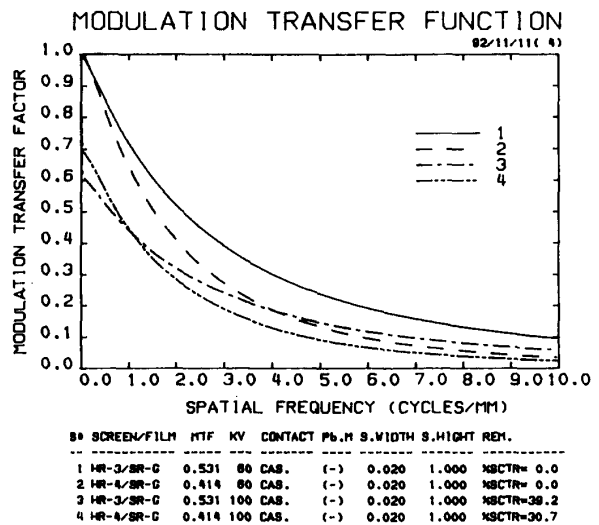


図10. 散乱線の MTF への影響

高鮮鋭システムとしてHR-3/SR-Gにグリッド8:1 (34)の組み合わせ、中感度・高鮮鋭度システムとしてHR-4/SR-Gにグリッド10:1 (34)を組み合わせ、MTFを求めた。図10に示すように散乱線を含んでいない場合、MTFの値はHR-3/SR-GがHR-4/SR-Gより全体的に高い値を示すが、散乱線を含んでいる場合のMTFの値は1 cycle/mmあたりまでの低周波領域では、HR-4/SR-Gが高い値を示し、高周波領域では逆にHR-3/SR-GがHR-4/SR-Gより高い値を示した。

5. 考 察

1. フィルムチェンジャーの機種により、散乱線をかなり含んでいるので、フィルムチェンジャーの撮影よりもブッキースタンドのカセット撮影が散乱線の影響を受けにくいことが確認できた。さらに散乱線除去に使用されるグリッドについては、グリッド密度よりもグリッド比に左右され散乱線含有率が変化する。

2. 散乱線含有率は、管電圧よりも被写体の厚みによって大きく変化した。また被写体厚が0 cmになってもカセットやグリッドからわずかではあるが散乱線が発生しているのを確認した。しかしアルミカセットとカーボンカセットは散乱線含有率が同じでも鉛ディスクサイズ0 cmまで外挿したカーブの形状は異なり、さらにビニールパックでの形状は、アルミカセットとカーボンカセットの形状と交差する結果となったため、鉛ディスクサイズ0 cmでの散乱線測定法を見直す必要があると考えられる。

3. 散乱線の有無によって、MTFが変化することを確認したことで、一般的に行われているスクリーン/フィルム系の画質評価だけではなく、撮影系全体としての評価が必要である。

文 献

- 1) 内田 勝, 金森仁志, 稲津 博: 放射線画像工学 (I), 通商産業研究社, 東京, 1980, p. 297-310
- 2) 大塚昭義, 宇津見博基, 東田善治ほか: 散乱線含有率と画質について, 日放技学誌, **33**, 564-569,

1978

- 3) 稲津 博, 上田正美, 東 敏也: 鉛ディスク法におけるディスク位置と散乱線含有率の関係, 日放技学誌, **47**, 709-713, 1991
- 4) 中村 勝, 加藤秀紀, 鎌田貴夫: 診断領域における散乱X線のスペクトル解析, 日放技学誌, **48**, 1815-1822, 1992
- 5) 越智 保, 上野山文夫, 白井明子ほか: 散乱線含有率の近似式の導出, 日放技学誌, **37**, 773-779, 1981
- 6) Chan, H.P., Doi, K.: The validity of Monte Carlo simulation in studies of scattered radiation in diagnostic radiology. Phys. Med. Bio., **28**, 109-129, 1983
- 7) Schmidt, R.A., Chan, H.P., Doi, K. et al: Evaluation of cassette performance physical factors affecting patient exposure and image contrast. Radiology, **146**, 801-806, 1983
- 8) 古田儀之, 森 邦生, 中村 実ほか: X線用グリッド検査法の検討(その1, 性能試験に及ぼす2, 3の因子の検討), 日放技師会誌, **17**, 5-12, 1970
- 9) 古田儀之, 森 邦生, 中村 実ほか: X線用グリッド検査法の検討(その2, 散乱線除去用Gridの内部品質試験法の検討), 日放技師会誌, **17**, 2-9, 1970
- 10) 佐久間俊光, 阿部養悦, 佐々木清昭ほか: プートストラップ法によるセンシトメトリー (第1報), 日放技学誌, **46**, 1163, 1990
- 11) 大塚昭義: X線検査における患者被曝低減の技術的研究, 日放技学誌, **39**, 760-779, 1983
- 12) 細谷志郎, 土屋 仁, 遠藤吉宗ほか: 散乱X線除去用グリッドの研究(構造と物理的性能について), 日放技学誌, **43**, 1619-1626, 1987
- 13) 細谷志郎, 鳥飼健次: X線除去用グリッドの研究(シングルグリッドとクロスグリッドの物理的性能比較), 日放技学誌, **45**, 518-523, 1989
- 14) 細谷志郎, 鳥飼健次: X線除去用グリッドの研究(ハイレシオグリッド撮影について), 日放技学誌, **44**, 1703-1710, 1988
- 15) 小川敬寿: 胸部単純撮影における肺癌模擬病巣の描出能, 日放技学誌, **49**, 1761-1785, 1993
- 16) 江藤秀雄, 足立 忠, 寛弘 毅ほか: 間接撮影の実験的研究(5)(散乱線とブレンデ), 日医放誌, **5**, 28-37, 1944