

イメージングプレートを用いた鉛ディスク法による散乱X線含有率の測定

天野 貴司¹, 荒尾 信一¹, 松宮 昭¹
大倉 保彦¹, 北山 彰¹, 林 明子¹
山下 一也²

Measurement of Scattered Radiation for Lead Disc Method Using the Imaging Plate

Takashi AMANO¹, Shinichi ARAO¹, Akira MATSUMIYA¹,
Yasuhiko OKURA¹, Akira KITAYAMA¹, Akiko HAYASHI¹
and Kazuya YAMASHITA²

キーワード：イメージングプレート，デジタル画像，散乱X線含有率

概 要

散乱X線は，X線画像のコントラストを低下する因子であり，散乱X線の含有率を定量的に解析することは重要である。今回われわれは鉛ディスク法を用いて，イメージングプレートによって得られたデジタル画像中の散乱X線含有率の測定を試みた。そして，従来のアナログ画像とデジタル画像の散乱X線含有率の測定結果を比較し，鉛ディスク法がデジタル画像に応用可能であるかを検討した。その結果，両者の測定結果は一致し，これまでのアナログ画像での測定法がデジタル画像へ応用可能であることを確認した。

1. 緒 言

散乱X線は，X線画像のコントラストを低下する大きな要因であり，X線画像中の散乱X線の含有率を定量的に解析することは重要である。増感紙/フィルム系を対象としたアナログ画像中の散乱X線含有率の測定法には，鉛ディスクを用いた方法（以下，鉛ディスク法）^{1,2)}や蛍光量計を用いた方法などがある。これらの測定法は，アナログ画像ではほぼ確立している。しかし，デジタル画像へ応用できるかどうかを確認した報告はまだない。

今回われわれは，散乱体からの散乱X線の放散が比較的少ない場合に適用される鉛ディスク法を用いて，イメージングプレート（以下，IP）で得られたデジタル画像中の散乱X線含有率の測定を試みた。そして，従来のアナログ画像とデジタル画像の測定結果を比

較し，鉛ディスク法がデジタル画像に応用可能であることが確認できたので報告する。

2. 実験方法

図1は，鉛ディスク法の幾何学的な配置図である。焦点-受光系間距離は150cm，散乱体は，厚さ3cmのアクリル（横×縦：30cm×30cm）を使用した。鉛ディスクは，直径8mmから2mmまで1mm間隔で，厚さ2mmのものを散乱体中央の表面に配置した。照射野は，散乱体の大きさ（30cm×30cm）とした。

IPは，富士フィルムメディカル社製（以下，富士社製）のST-VNを使用し，次に述べる二つの方法で，アナログ画像とデジタル画像を撮影した。

アナログ画像の撮影：

散乱X線含有率は，増感紙/フィルム系などの受光系のX線吸収特性に依存する。したがって，IPを用いたデジタル画像と比較するには，増感紙ではなく，IPを使ってアナログ画像を撮影する必要がある。ここで，輝尽性蛍光体のIPは，輝尽発光（赤外線などの2次的な刺激によって，蓄積しているエネルギーを蛍光として発光する現象）だけでなく瞬時発光の特性も持っている。われわれはその特徴を利用し，増感紙の代り

(平成16年10月5日受理)

¹川崎医療短期大学 放射線技術科，²(前)川崎医療短期大学 放射線技術科

¹Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

²(Formerly) Department of Radiological Technology, Kawasaki College of Allied Health Professions

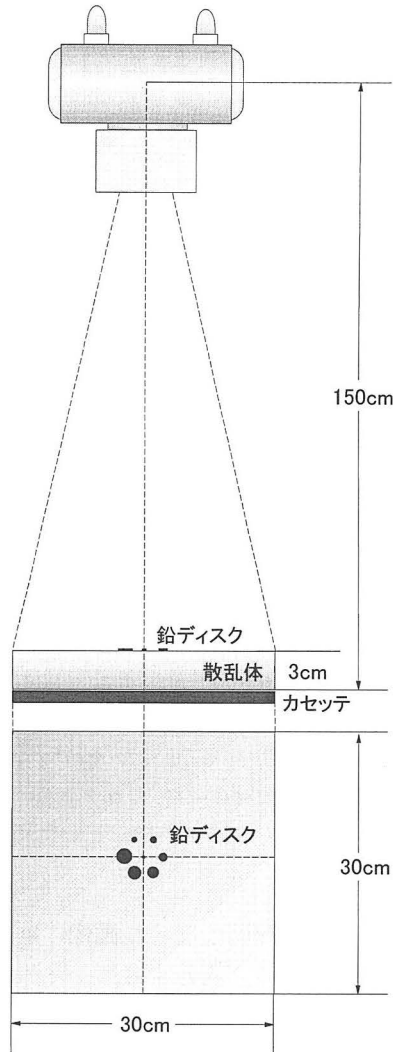


図1 幾何学的な配置図

にIPをカセット(EC-A:富士社製)に装填し、IP/フィルム系としてアナログ画像を撮影した。使用したIPの蛍光体(BaFX:Eu)の発光色は青紫色である。したがってX線フィルムは、青紫色に感光波長域をもつレギュラフィルム(RX-U:富士社製)を使用した。そしてIPをカセット後面側に配置した片面IP/両面フィルム系で鉛ディスクの撮影をした。撮影条件は、管電圧70kV、管電流50mA、撮影時間0.5秒で、アルミニウム板4.0mmと銅板0.5mmを付加フィルタとした。また、有効露光量変換に必要な特性曲線は、距離の逆2乗則を応用したX線センシトメトリー(距離法)で、鉛ディスクの撮影と同様の管電圧、管電流、付加フィルタで計測をした。鉛ディスクとX線センシトメトリーの試料は、それぞれ3枚ずつ作成した。

撮影した鉛ディスクと特性曲線のステップ試料は、自動現像機(CEPROS-M:富士社製)で同時現像をし

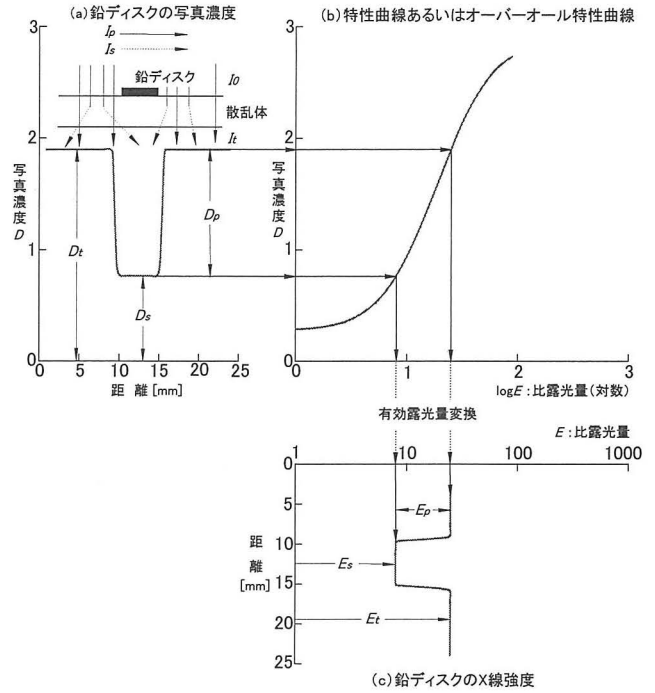


図2 鉛ディスク法の概念図

た。写真処理後、鉛ディスク像の中央部分とその周辺部、特性曲線のステップ像の写真濃度をコニカミノルタ社製PDA-15(アパーチャ直径:1.0mm)で計測した。

デジタル画像の撮影:

アナログ画像で使用したカセットにIPを装填し、アナログ画像と同じ撮影条件、幾何学的配置で鉛ディスクの撮影とX線センシトメトリーをした。撮影後のIPはIP専用のカセットに戻し、画像読取り装置(FCR 5000 MA plus:富士社製)で読取り処理をした。読取りの条件は、サンプリング間隔100 μ m、濃度分解能10bit、読取り感度(S値)200固定で、ラチチュード(L値)を1.0~4.0まで1.0間隔で変化し線形処理した。試料は、L値ごとに3枚ずつ作成した。

読取り後、ドライ画像記録装置(CR-DP L)でフィルムを出力し、鉛ディスクと特性曲線のステップ像を取得した。そして、アナログ画像と同様の手法で写真濃度の計測をした。

散乱X線含有率の計測:

図2は、鉛ディスク法によって散乱X線含有率を計測する概念図である。図2(a)において、撮影の時に入射するX線強度を I_0 、散乱体透過後のX線強度を I_t とすると、 I_t は、直接X線の強度 I_p と散乱X線の強度 I_s の和である。ここで、鉛ディスク上の写真濃度 D_s は、直接X線を含まない散乱X線強度 I_s によって得られたもので、鉛ディスク周辺部の写真濃度 D_t は、直接X

線強度 I_p と散乱X線強度 I_s の両方を含んだ全透過X線強度 I_t によって得られた写真濃度となる。したがって、 D_s と D_t を図 2(b)の特性曲線、デジタル画像においてはオーバーオール特性曲線³⁾を用いて有効露光量変換し、図 2(c)の相対的な散乱X線強度 E_s と全透過X線強度 E_t を求め、次の定義式を用いて散乱X線含有率 S [%] を算出した。

$$S = \frac{E_s}{E_t} \times 100 \text{ [%]} \quad \therefore E_t = E_p + E_s$$

3. 結 果

図 3 は、図 2(b)において有効露光量変換に使用するアナログ画像 (IP/フィルム系) の特性曲線 (図 3(a))

とデジタル画像のオーバーオール特性曲線 (図 3(b)) である。オーバーオール特性曲線は、やや滑らかさに欠けるが、同じ幾何学的配置でX線センシトメトリーをしたアナログ画像の特性曲線が非常に滑らかであるから、測定による影響ではない。

表 1 は、散乱X線含有率 S の定義式で算出した測定結果である。鉛ディスクの直径が小さくなるにしたがって、鉛ディスク周辺からの散乱X線の混入が増えるため、散乱X線含有率が少しずつ増加する傾向となった。

図 4 は、表 1 の結果をもとに、鉛ディスクの直径と散乱X線含有率の関係を図示したものである。ここで、最小鉛ディスク (直径 2 mm) の散乱X線含有率は、「限

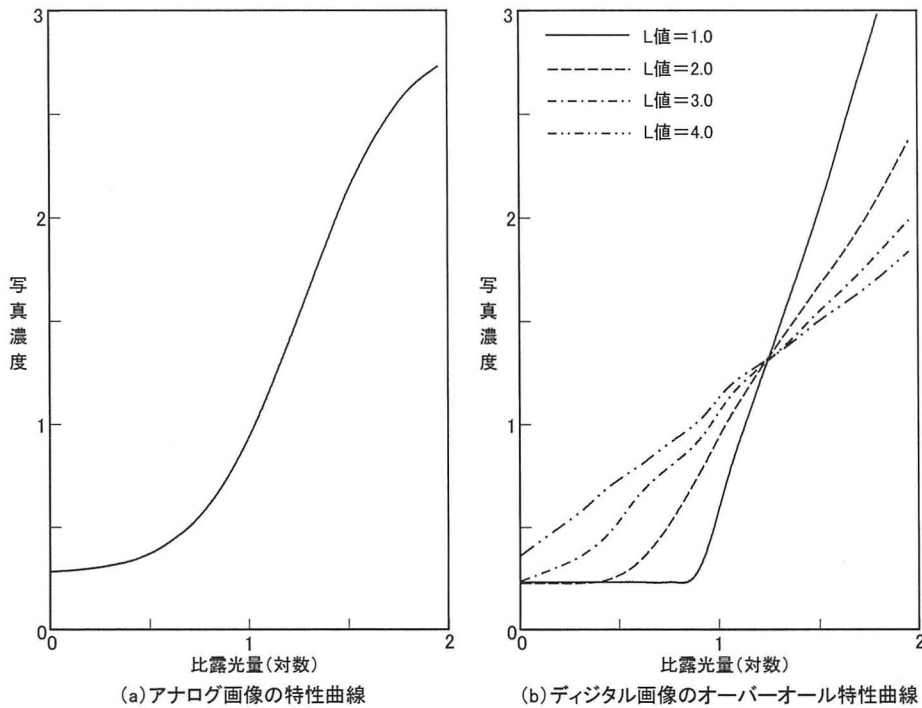


図 3 特性曲線とオーバーオール特性曲線

表 1 鉛ディスク直下の散乱X線含有率 (%)

		鉛ディスクの直径							
		2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm	
散乱X線含有率 (%)	アナログ画像	35.9	35.5	35.1	34.0	33.3	32.4	32.0	
	デジタル画像	L 値=1.0	35.7	35.5	34.8	34.0	32.8	32.1	31.5
		L 値=2.0	35.7	34.8	34.4	33.7	33.7	32.7	32.4
		L 値=3.0	35.9	35.9	35.9	35.3	34.1	33.1	32.6
		L 値=4.0	36.6	35.9	36.6	35.2	34.4	33.3	32.5

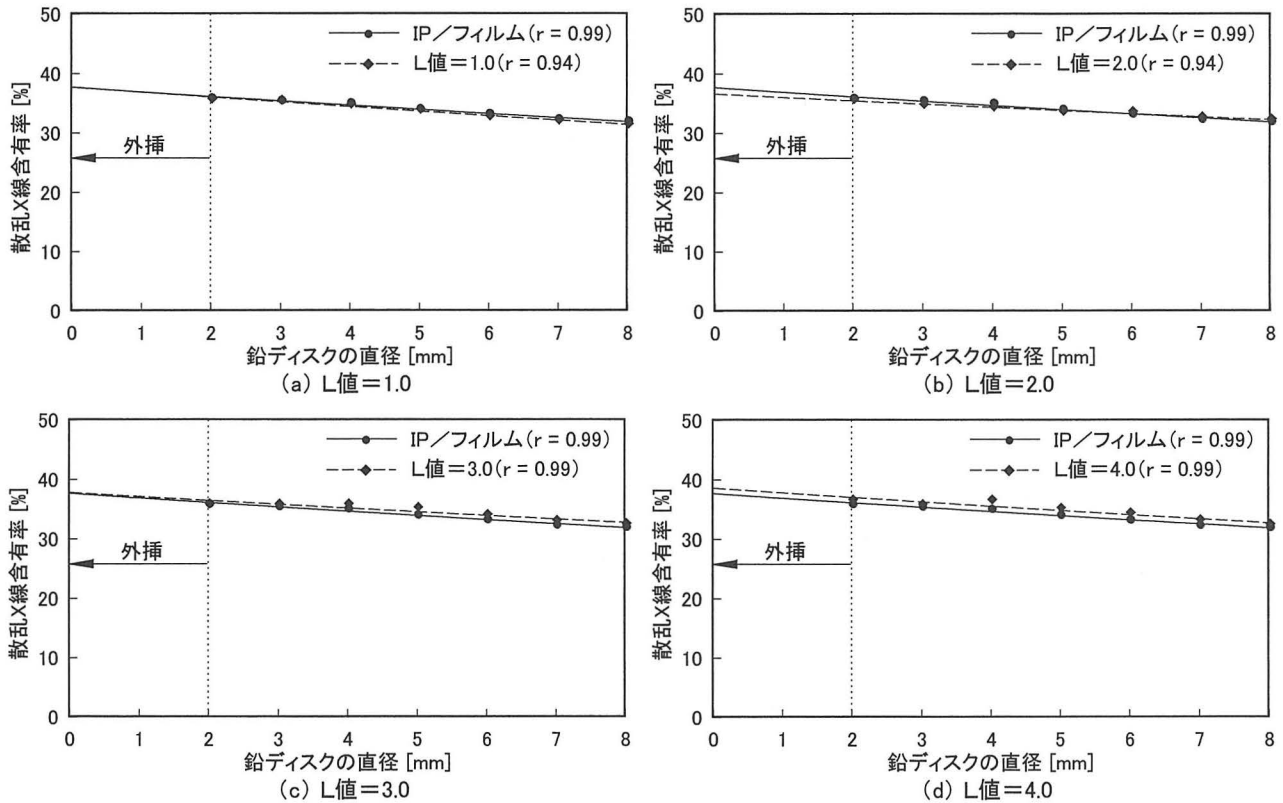


図4 鉛ディスクの直径と散乱X線含有率の関係

りなく真の散乱X線含有率に近い値を示す。しかし、鉛ディスクの直径が0 mmのときに真の散乱X線含有率となる。したがって、指数関数近似による外挿によって、直径0 mmでの散乱X線含有率を推定した。rは指数関数近似による相関係数である。近似曲線は、すべて高い相関を示した。

表2は、図4の外挿によって得られた真の散乱X線含有率の結果である。アナログ画像の散乱X線含有率は37.7%であり、デジタル画像の測定結果は、L値の変化に対して、アナログ画像の測定結果の±1.0%の範囲内であった。

4. 考 察

X線画像のコントラストは、X線画像の画質を決定する3因子（鮮鋭度、粒状度、コントラスト）の一つであり、コントラストの低下によって画質の劣化や画像情報の損失を生じる。特に、散乱体からの散乱X線の影響が大きく、散乱X線の定量的な解析^{4,5)}や散乱X線の除去⁶⁾に関して、これまでさまざまな研究の報告がある。デジタル画像の撮影法そのものは、これまでのアナログ画像のそれと大きな違いはない。両画像系で

表2 外挿による真の散乱X線含有率 (%)

真の散乱X線含有率 (%)	アナログ画像	IP/フィルム	37.7
	デジタル画像	L値=1.0	
L値=2.0			36.7
L値=3.0			37.9
L値=4.0			38.7

は、受光系と画像（写真）処理が大きく異なる。しかし、デジタル画像であっても散乱X線の影響は無視できないので、その解析は重要である。

表2の実験結果から、アナログ画像とデジタル画像の散乱X線含有率を比較すると、L値に関係なくほぼ正確に一致した。このことは、アナログ画像での鉛ディスク法が、デジタル画像へ応用可能であることの証左である。L値の違いは、X線フィルム上のコントラストのバランスに影響するが、散乱X線含有率とは直接関係がない。したがって、L値に関係なくほぼ同じ散乱X線含有率であったことは、今回の実験の妥当性を示す。このL値の変化によって撮影に最適な寛容度に変化する。鉛ディスクを最適かつ容易に撮影す

るには、L値2.0以上が良い。L値4.0では寛容度が広すぎるので、鉛ディスクの直径の変化を写真濃度の微妙な違いとして測定が困難になる。今回の実験ではL値2.0か3.0が最適であった。また、S値を200固定にしたが、S値を変えてもオーバーオール特性曲線が左右に平行移動するだけであり、散乱X線含有率には影響がない。

5. 謝 辞

本研究の一部は、平成14年度私立大学教育研究高度化推進特別補助によって行った。

6. 文 献

- 1) 田中 仁, 斎藤 勲, 山本千秋, 山田勝彦(編集): 医用放射線技術実験[臨床編], 東京: 共立出版, pp. 49-52, 1999.
- 2) 内田 勝, 小寺吉衛, 藤田広志: 基礎放射線画像工学, 東京: オーム社, pp. 96-100, 1998.
- 3) 藤田広志(班長): デジタルラジオグラフィの画質評価<1. 特性曲線>, 日放技学会誌, 46(9), 1580-1581, 1990.
- 4) 小縣裕二, 松本光弘, 佐藤和彦, 滝川 厚, 中森伸行, 金森仁志: モンテカルロ法による散乱X線の解析, 医用画像情報学会雑誌, 12(1), 26-34, 1995.
- 5) 滝川 厚, 松本政雄, 窪田英明, 小縣裕二, 西川幸秀, 金森仁志: 散乱X線スペクトルのX線写真の画質と被曝線量に及ぼす効果, 放射線医学物理学学会誌, 15(1), 41-52, 1995.
- 6) 丸石博文, 砂屋敷忠, 滝川 厚, 西原貞光: 散乱X線除去用グリッドのX線透過理論, 日放技学会誌, 55(7), 692-699, 1999.

