



Title	高電圧X線撮影法の臨床への適用に関する基礎的研究 (第2報) 高圧撮影における散乱線強度の方向分布について
Author(s)	木村, 幾生
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(3), p. 624-627
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19695
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

特別掲載

高電圧 X 線撮影法の臨床への適用に関する基礎的研究

(第 2 報) 高圧撮影における散乱線強度の 方向分布について

レントゲン技術専修学校（滝内 政治郎校長）

京都大学医学部放射線医学教室（福田 正教授）

木 村 幾 生

(昭和34年5月25日 受付)

第1章 緒 論

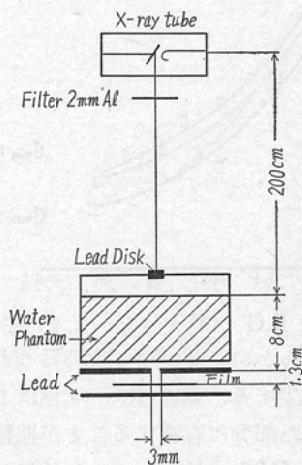
X線撮影に際し、被照射体透過後の散乱線強度の方向分布²²⁾を知る事が、grid の性能、延いては写真 contrast を推定する上に極めて重要な因子である。前の論文においては、grid 使用時の Radiation contrast を理論的に計算し、X線写真 contrast の考察を行つたが、この場合被照射体から grid 面上の 1 点に投射される散乱線強度の方向分布を Compton 1 回散乱を仮定する事により導き、理論の構成をはかつた。

以下実験的に求めた散乱線強度の方向分布が、Compton 1 回散乱を仮定した理論結果とどの程度一致するか検討を加えた。この事は延いては前の論文の結果に対する有力な論拠となる。

第2章 実験方法

phantom は Fig. 1 に示す如く厚さ 8 cm の水槽で、その底面はアクリル酸樹脂で以つてある。この底面に接して厚さ 1 mm の鉛板を設置し、この鉛板には $3 \times 3 \text{ mm}^2$ の細孔をあけ、こゝから被照射体による散乱 X 線をとり出した。尚直接 X 線のフィルムへの影響を除く為、Fig. 1 に示すように、上記細孔への直接線を丁度 cover する程度の小鉛板 (lead disk) を phantom 上面に正しく設置した。散乱線強度測定はフィルム法を用いたが、使用フィルムは線量一黒化度が直線状と考えられる Fuji type-80 を用いた。細孔-フィルム

Fig. 1.



間距離は 13 mm.

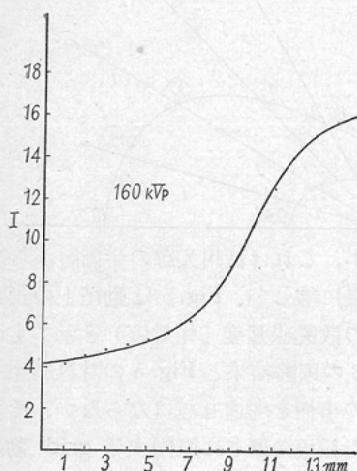
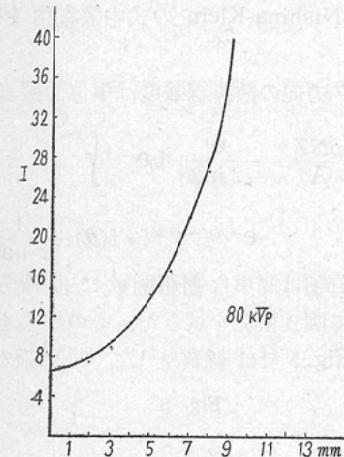
第3章 実験結果

上記実験装置により得た実験結果を Fig. 2 に示す。横軸はフィルム面上細孔影像の中心から測った距離 (mm), 縦軸はマイクロ・フォトメーターの読みである。フォトメーターの読みの少い程黒化度は大である。試験電圧は 80kVp, 160kVp で何れもフィルターとして 2 mm Al を使用した。

散乱 X 線による黒化度 D は次の如くして求めた。

カブリ部分のフィルム濃度 (濃度計で測定) を D_2 , 細孔影像中心部分の濃度を D_1 (同じく濃度計

Fig. 2.



で測定)とする。各々の濃度に対するマイクロ・フォトメーターの読みを I_2, I_1 とする。

$$D_1 = \log_{10} \frac{I_0}{I_1} \quad I_0 : \text{未露光部分のマイクロ・}$$

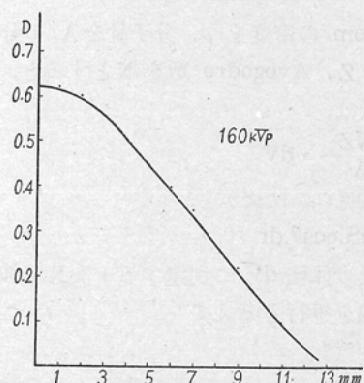
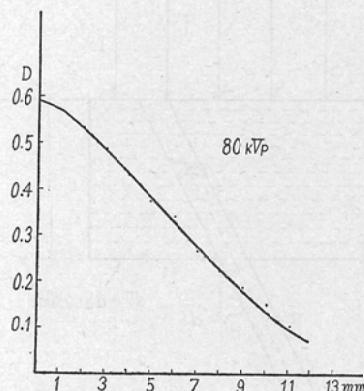
$$D_2 = \log_{10} \frac{I_0}{I_2} \quad \text{フォトメーターの読み}$$

したがつて

$$D_1 - D_2 = \log_{10} \frac{I_0}{I_1} - \log_{10} \frac{I_0}{I_2} = \log_{10} \frac{I_2}{I_1}$$

$D_1 - D_2$ は最強散乱線 (0° 方向) 強度に相等する黒化度である。故に半対数グラフ上で、横座標が $D_1 - D_2$ 、縦座標が I_2/I_1 なる点と原点を結ぶ直線を引けば、フィルム上の各点の散乱線による黒化度 D はこの直線から求められる。即ちその点

Fig. 3.



のマイクロ・フォトメーターの読みを I とすると I_2/I_1 に相当する D を上記直線から求めればよい。

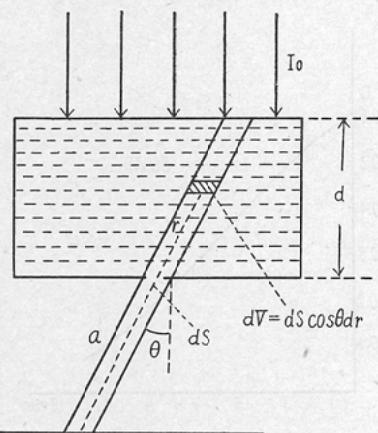
以上の如くして求めた結果を図示すると Fig. 3 になる。縦軸は黒化度従つて散乱線強度の相対値、横軸はフィルム面上細孔影像中心から測つた距離 mm である。

160 kVp と 80 kVp の両曲線はフィルムの黒化度を適当にする為X線管出力を加減しているから相互間には数量的な関係はない。

第4章 理論計算

Fig. 4 に於いて厚さ d の水 phantom の底面にあけた微少面積 dS から θ 方向に射出する散乱線強度 I は dS から逆方向 γ なる距離にある微少体積 dV 中に含まれる電子により、入射 1 次 X 線が θ なる角度で Compton 散乱される微分散乱線強度 dI_θ の集積と考える。散乱は既に述べた如く 1 回散乱のみを考慮する。

Fig. 4.



phantom の密度を ρ , 分子量を A , 1 分子中の電子数を Z , Avogadro 数を N とすると, dV 中の電子数は,

$$\frac{\rho NZ}{A} \cdot dV$$

dV は明らかに図から

$$dV = dS \cos \theta \cdot dr$$

一方微少体積 dV に到達する 1 次 X 線強度は, 入射 X 線を平行と考えて

$$I_0 e^{-\mu(d-r \cos \theta)}$$

I_0 : 入射 X 線の phantom 表面上での強度.

μ : phantom の入射 X 線質に対する減弱係数

微少体積 dV によって θ 方向に散乱された X 線は線質を変化する. 従つて散乱 X 線が phantom に対して減弱される割合は μ とは異つた μ' を用いねばならない.

散乱にあたり波長ののび $\Delta\lambda$ は次式によつて与えられる.

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

h : Planck 常数 m_0 : 電子の静止質量 c : 光の速度. μ' は $\Delta\lambda$ だけ延びた波長に対する減弱係数である.

かくして dI_θ として

$$dI_\theta = I_0 e^{-\mu(d-r \cos \theta)} e^{-\mu' r} \frac{e^i}{2 m_0^2 c^4 (r+a)^2} f(\theta)$$

$$\frac{\rho NZ}{A} dV = \frac{\rho NZ}{A} dS \cos \theta dr I_0 e^{-\mu d} \cdot$$

$$e^{-r(\mu' - \mu \cos \theta)} \frac{e^i}{2 m_0^2 c^4 (r+a)^2} \cdot f(\theta)$$

a : dS からフィルム受光点迄の距離

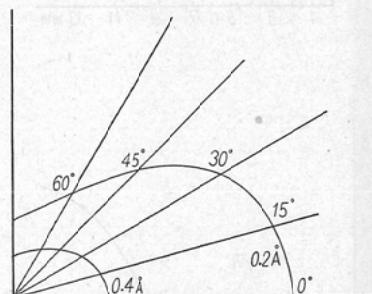
$f(\theta)$: Nishina-Klein の式中散乱角を含む部分

従つて θ 方向の散乱線強度は単位面積当り,

$$I_\theta = \frac{\rho NZ}{A} \cdot \frac{e^i}{2 m_0^2 c^4} I_0 e^{-\mu d} \int_0^{\frac{d}{\cos \theta}} e^{-r(\mu' - \mu \cos \theta)} \cdot f(\theta) \frac{1}{(r+a)^2} dr$$

上記積分項は簡単な解析函数には積分出来ない. よつて図式積分を試みた. その結果を Fig. 5 に示す. Fig. 5 では線質として 0.2\AA 及び 0.4\AA

Fig. 5.



を選んだが, これは使用 X 線の半価層から決定した実効波長に等しい. Fig. 5 は動径上の長さがその方向への散乱線強度(相対値)を示すものである. Fig. 3 の実験結果と Fig. 5 の計算結果を比較する時次の事柄を考慮せねばならない. それは細孔をあけた鉛板の厚さに原因する grid 効果である.

Fig. 6.

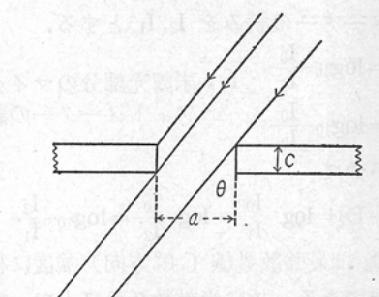


Fig. 6 に示す如く, 細孔に θ 方向から入射する X 線は鉛板の厚さ c の為一部 cut off され, フィルム面に到達する強度は見掛け上減少する. 細孔

の幅を a , 鉛板の厚さを c とすると, この細孔を θ 方向に通過するX線強度の割合は, 到達散乱X線強度に対し,

$$\frac{a - c \tan \theta}{a}$$

となる。

かくして前に実験的に求めた黒化度Dを上式の鉛板に原因する grid 効果の補正項で割れば理論結果と比較出来る事になる。尙実験では散乱線はフィルム面に一般に斜に投射され, 理論計算では直角方向の強さで考えているから, その補正が必要である。この補正は簡単で黒化度を $\cos \theta$ で除する事により理論値に対比出来る。以上で実験結果と理論結果を対比する資料は整つた。

第5章 考 按

実験結果と理論結果を対比するには次の方法をとつた。何れも $\theta = 7.5^\circ$ 方向の散乱線強度を 100 とし, これに対する比散乱線強度を計算した。即ち Fig. 3 から 7.5° 方向の黒化度を求め, これに grid 効果の補正及びフィルム入射角の補正を施し, その結果を標準とする。次に同様に各方向への黒化度を求め, これに上記補正を施し, 7.5° 方向への黒化度に対する比を求める。これを相対強度比の実験値とする。

理論結果の方は Fig. 5 から 7.5° 方向への散乱線強度を 100 とし, これを標準に各方向への散乱線強度比を求める。これを相対強度比の理論値とする。理論と実際の対比はこれら 2 つの相対強度比の比較によつた。

図表 1 は相対強度比の理論値と実験値の比較の 1 例である。

図表 1. 160kVp

	7.5°	15°	22.5°	30°
理論値	100	86.0	69.5	49.8
実験値	100	87.6	70.5	51.5

80kVp

	7.5°	15°	22.5°	30°
理論値	100	83	63.3	46.4
実験値	100	84.5	66.0	43.0

160kVp, 80kVp とも両者には満足すべき一致がみられる。

第6章 結 論

被照射体からフィルム面(又は grid 面)に到達する散乱線強度の方向分布を実験的に求め, 理論値と比較した。実験は線量-黒化度が直線的と考えられる Fuji type-80 を使用し, 黒化度計算から散乱線強度を推定した。理論計算は, 散乱はすべて Compton の 1 回散乱に原因すると考え, Nishina-Klein の式を用い各方向への散乱線強度を算出した。 7.5° 方向への散乱線強度を標準にした場合の各方向への散乱線強度比は実験値と理論値はよく一致する。この事は散乱に対する取扱いとしては, Compton 1 回散乱で充分な近似が得られる事を物語るもので, 延いては前の論文に対する有力な実証とも言える。

本実験の遂行にあたり協力頂いたレントゲン技術専修学校山田勝彦氏及び京都大学医学部放射線科平井昭一氏に深甚な謝意を捧げる。

(引用文献は第 4 報の末尾に記す)。