

Title	擴大撮影法の研究(第19報)擴大撮影に於ける重複効果
Author(s)	篠崎, 達世; 小見山, 喜八郎; 吉田, 三毅夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 18(3), p. 324-328
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/18210">https://hdl.handle.net/11094/18210</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 擴大撮影法の研究(第19報)

### 擴大撮影に於ける重複効果

弘前大学医学部放射線医学教室(高橋信次教授指導)

篠崎 達世, 小見山 喜八郎

名古屋大学医学部放射線医学教室(高橋信次教授指導)

吉田 三毅夫, 岡島 俊三

(昭和32年12月24日受付)

#### 緒言

X線単純撮影をなす時に若し被検体が数層をなしている様ときはフィルムには重複して投影されて来る。此の重複投影の為にX線像の判断をする時に種々不都合が起り勝である事は既に一般に知られている。

此の現象は拡大撮影の場合特に重要な意味を持つ。今、此の場合の問題に就いて少しく考察を重ねて見よう。

**実験目的:** 多数の粒状の被写体が重複してX線フィルムに投影される時、拡大撮影にて此の現象はどの様に起り、どの様に評価すべきかを知らんとした。

**実験方法:** 0.4~0.5mmφの大きさの球、即ち平面像では形は円形と長円形のもの3:1の割合に混じている「スケトウタラの子」を乾燥したものを被検体とした。此を厚さ0.5mm(一層)、5mm(略々八層)、10mm(略々十六層)及び50mm(略々八十四層)に積み重ねて夫々被写体とした。

撮影は先ず、15kV(Softexを使用)の電圧でノースクリンにて撮影した。又、それより間接的に5倍の引伸撮影も行った。

他方80kVの電圧にてノースクリン若しくはFS増感紙を用いて夫々単純撮影した。次に直接拡大撮影を行ったのであるが、それは80kVpで、FS増感紙を用いて直接3倍及び5倍拡大したのである。此の際使用したX線管球は廻転陽極微小焦点管球で、此は25μのテストチャートを解像出

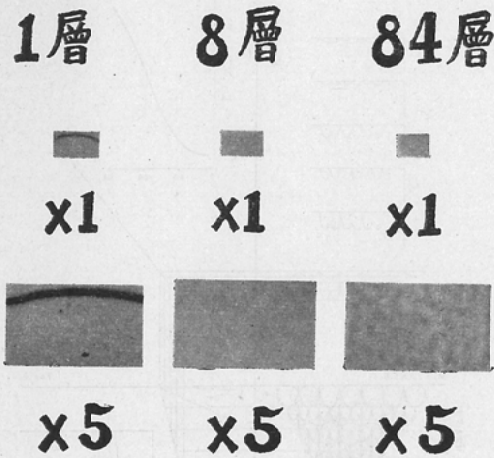
来る能力を有している。此等のX線写真を観察するには明視距離より裸眼で行った。そして陰影の形状及び陰影の数を検べた。

**実験結果:** 80kVpの管電圧では「鱈子」一層だけの場合は単純撮影を行つても陰影は現出しないが15kVの軟X線では明瞭な陰影を作り大きさは略々0.5mmφで62個/5×5mm<sup>2</sup>の陰影を算える。此を間接拡大せるX線写真の像を見ると、その形は円形若しくは楕円形である。

「鱈子」を5mmの厚さに重ねるとノースクリンで撮影した単純及び直接拡大写真共に80kVpの場合にも点状陰影として認められるが、そのX線像は単純写真では0.5mmφより小さい。又各点状陰影は側枝を出して相連つている様に見えるものもあるが、対比度の小さい故為もあつてその個々を判然と區別する事は容易でない。従つてその識別し得るのは12個位の少数である。殊にFSスクリーンを用いて撮影せる単純写真ではそれからは融合し殆んど均等に近い陰影である。此に比べ5倍拡大写真FSスクリーン使用では1.5~2mmφ(拡大像にて)の点状陰影が密集しているが形状も明瞭でその数は56個/5×5mm<sup>2</sup>である(第1図)。

鱈子が10mm、50mmと厚くなると単純写真の点状陰影は一見して顆粒状となるが各個の陰影は辛うじて識別される程度である。50mmの厚さの場合の点状陰影は26個であり5mmの厚さの場合の単純写真に比べて2倍強に増加している。点状陰影の大きさは0.5mmφ以下のものが多い。

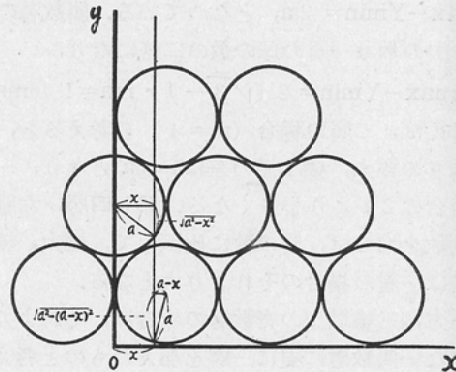
第 1 図



5倍拡大写真では厚く重ねて重複が大なる場合の陰影の対比度は良好で判別し易いがその形状は5mm重複の場合と大差はない。然し、陰影の数は10mmでは67個、50mm重複では75個であつた。3倍拡大と5倍拡大写真に於ける点状陰影の数は殆んど同数であるが後者の方が更に識別し易くなる。

5mmの層にスケトウタラの子を重ねたものを80kVの管電圧で5倍の直接拡大をせるものと15kVの低電圧で撮影せるものを間接拡大撮影したものとを比べるとX線像の形状や濃度差及び配列の状態は間接拡大写真の方が明瞭である。何れにしても個々の点状陰影の大きさは1.0~1.5mmφ(拡大撮影せるもの大きい)で「鱈子一個」の大きいより小さい。又それからの点状陰影の相互の間には所々網目状をなして連絡しているのが認める事が出来る。点状陰影の数を認め得る度合は直接拡大よりも間接拡大の方が可成り多く、90個/5×5mm<sup>2</sup>であつた。スケトウタラの子の如き微小なるものは、只一層に並べたのでは特別低圧を用いる撮影を行わないと、例えば80kV等の電圧では陰影を与えない。然し層を厚くして行くと重複像として認知されるに至る(第1図)。その場合点状陰影の形は重複する個数、即ち層の厚さに可成り影響される。然も重複像は個々に在る場合の原形と異なつて居る。その辺縁は不鮮明で形は歪んでいる。然もそれらの変化は単純撮影では明瞭で

第 2 図



はない。即ち重複像も原形もその形ではあまり區別はつかない。然し拡大撮影をすると此がはつきりしてくるのである。然しその個々の大きさは原形よりも常に稍と小さくなる。此等の現象は一種の擬影効果と云うべきものであろう。一定の面積に隙間なく並べた場合の個体の数は層の厚さを増すにつれて増えては行くが、実際に一層に並べた場合の数の二倍迄増す事はなかつた。超低圧の電圧で撮影を行つた場合に比べると生体に於ける普通の管電圧撮影では、X線陰影の数は少ない。

理論的考察

同径の球が層をなして互い違ひによく居居る様に重ねた場合はどの様な陰影を与えるべきかを理論的に考察してみよう。

今、半径  $a$  の球を図の様に重ねて層を作りこれがX線撮影した場合を考える、第2図の如く  $x$  軸の原点を選び  $x$  なる座標で  $y$  軸が各層の球を切つた時の各球の厚さの和を  $y$  で表せば、

$n = 2m$  ( $m=0, 1, 2, \dots$ ) 即ち、偶数層の時は

$$y = 2m (\sqrt{a^2 - (a-x)^2} + \sqrt{a^2 - x^2})$$

$$= 2m (\sqrt{2ax - x^2} + \sqrt{a^2 - x^2})$$

$n = 2m + 1$  即ち奇数層の時は

$$y = 2m (\sqrt{2ax - x^2} + \sqrt{a^2 - x^2})$$

$$+ 2\sqrt{2ax - x^2} \quad \text{となる。}$$

$n = 1, 2, 3, 4, 5$  と球の物質と空気の層との厚さの割合は第3図の左下のようなになる。

球が一層に並んだ場合は曲線の山の数は球の

数に等しく、層の厚さの極大値、極小値の差は  $Y_{max}-Y_{min}=2a$ 、となつている。偶数層の場合は山の数は一層の球の数の二倍になり、

$$Y_{max}-Y_{min}=2(\sqrt{3}-1)ma=1.46ma$$

例えば、二層の場合 ( $m=1$ ) を考えると、層の厚さの極大、極小値の差は  $1.46a$  となり、一層の場合の  $2a$  より小さくなる。然し四層、六層と層の数を増せば、層の数に比例して、極大、極小の差は一層の場合のそれより大となる。

一方、三層以上の奇数層の場合は、それより一層少ない偶数層に更に一層を加えたものと考えればよく

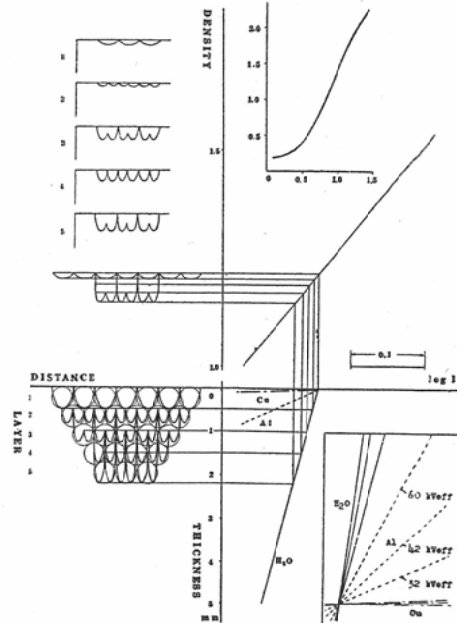
$$Y_{max}-Y_{min}=(1.46+\sqrt{3})ma=3.19ma$$

$n=3$  の場合は図に見られる様に形は少し変形し、山の中に、谷を生じるが、此の谷の最小値  $Y_{min}$  と極大値との差は  $Y_{max}-Y_{min}$  ( $3.19-2$ )  $ma=1.19ma$  となり此は矢張り偶数層の場合に準じて考える事が出来る。然し此の様な計算による重積による被写体の厚さの和は実際にどの様な対比度を与えるかは此の儘では判らない。そこで此等の厚さのものは具体的にどれ丈の黒化度に相当したX線像となるかを考えてみよう。第3図の左上の象限に示される。此の濃度曲線は、厚さの和の曲線(左下象限)とは異なる曲率であるが相似形をなしている。波形の極値の差は陰影の対比度の大きさを示している。

今厚さの和の曲線と黒化度曲線との関係を述べるに、先づ右下の象限は、被写体の厚さを縦軸にとつた場合、此を透過した後のX線の強さをあらわしている。水では吸収係数が小なるために此の傾斜は緩やかである。比較のためにアルミニウム、銅の場合も右下象限右方のグラフで示しているが此等の値は  $I=I_0e^{-\mu d}$  より算出して得たものである。此等は夫々32, 42, 及び60kVeffの管電圧の場合についても示している。

右下象限では此のうち簡単のために、32 kVeffの場合の水に例(中央)をとつている。軟部組織の0.5mm径の球が一層の場合と五層重積した場合を例にとると、その厚さを重積すると左下象限の

第3図



如き曲線となる。此の曲線は前述せる  $y$  である。此の曲線  $y$  の高さ即ち厚さを通過したX線の強さは右下象限に示される。此のX線の強さが或るフィルムに或る黒化度を与えるにはそのフィルムの特性曲線にそのX線の強さをプロットすればよい。即ち左上象限の如き曲線である。此の場合フィルムの基地黒化度が1,2 近辺の場合に当る様にす。同様にして2,3,4 層に重なつた場合も求め得られる。然し、若し此の被写体が銅の様なX線吸収体で構成されている場合にはX線吸収曲線の傾斜が小さいので一層で既にフィルムの特性曲線の趾より肩に達してしうので像を重複しても重複効果は起らない。又軟部組織を超軟線で撮影しても同様な結果となる。今、或る軟部組織を適当なX線で撮影するとX線吸収曲線の傾斜は適当であるので、層を沢山重ねれば重複像は益々明瞭に出て来る。然し、それも非常に多層になれば(人体では先ず考えられないが) 矢張り重複像は出なくなる限界がある。その時のX線の強さのプロットは特性曲線の趾の部分にくるからである。一般に此等の球が不規則に然もいろいろの層に並んだ時には、即ち、臨床的には此に確率の法則を適用

して上の様な曲線を考える事が出来る。人体肺部の散布像等は、その曲線の凹凸の、山と谷の差が、対比度を与えるに充分の差を次第に与える事になる。斯く考えると重積による対比度の差が少なくなり、陰影が均等化することはない。対比度の差があれば像として認知されその時の、山又は谷の数が、像の数として数えられる事になる。層が奇数の場合に第3図の偶数層の示す線の上部に少許の陥没が起り得る。然し此は全体の対比度に比べると可成り小さいが陰影差としてあらわれるために球の数に影響する場合が考えられる。像の数は一個の球によつて生ずる対比度の程度及び球の並び方によつて変つて来る。然し、略く同一の大きさの球がそう甚しく偏つた排列をなさず上式に示した様な排列と似ている場合、そしてその場合が撒布等による球状陰影形成では確率的に最もあり得る事ではあるが、此の様な重複効果によつて生ずる陰影の数は球のもとの数の4倍になるのが精々である(第3図)。

尙、球が極めて対比度が低く、数層で始めて陰影を与える様な場合は一層の場合に比べて二層以上は既に粒子の数は増さないから重複したからと云つて数はそう増しては来ない。此の模型実験の場合の様に同径の球が此の様な規則正しいズレにて重なっている場合と異なり実際には径の違う球が互いにズレて重なるという場合も多いので原形とは形も大きさも違う所謂擬影となり得るのである。

### 考 按

粟粒結核のX線像の説明をする場合、背側の粟粒は管球の焦点の大きさの為に半影となつて暈け去るために像とならず、腹側に近い粟粒が結像するのだから、との説をなす人もあるが、多くは多数の粟粒の重複がX線像として認知されるだろうと考えている<sup>2)3)</sup>。此等の現象に就いては、然し、在来は微小なる被写体をX線的に拡大視する如き特殊の場合ほどの様になるべきか等に就いての実験はなかつた。

拡大撮影をなす場合には被写体がフィルムに近いとか、遠いとか問題にならない。それは、拡大撮影の照準はフィルムに最も遠い被写体に合せて倍率を合せてあるからで半影による暈は問題にな

らないからである。

軟部組織片はその大きさに従つて厚さが0.5mm以下である場合には、普通の管電圧ではX線像としての黒さを与えないものである<sup>4)</sup>。然るに単純撮影で観察されていたのは、一般には、索状陰影の重複による、或いは一個でも対比度があつた点状陰影であつた。従つて、それらが重複しても、それが重複によつた像である事は推定する事が出来た。尙、拡大撮影では所謂細去効果によつて、孤在せる場合には認知出来ない様な微小被写体であるのが一般である。然も拡大撮影で拡大による観察の効果を期待しようとする様な微小な被写体は実は、即ち0.5mm以下の軟部組織である。拡大撮影でX線像となるのは此の効果によるものであると云う事は注意されてよい。然も重要なことは切角重複して陰影像を与える段階にあつてもその点状陰影はあまり小さいために、増感紙の影響、等のために均質な陰影として見えてくる。拡大して始めて点状陰影に區別される。此を特に拡大撮影による重複効果と云う所以である。

此の様な重複効果によつて、始めて認知されたX線像は孤在性の原被写体と同じような形態を執るか否かと云うと必ずしもそうではない。原則として異つた形を執るものである。此についても一般の単純撮影による模型実験で既に注意されて居るのである<sup>5)</sup>。但し、拡大撮影に於ては、同様ではあるが、矢張り少しく事情は違つて来る。即ち重複効果によるX線像は成程存在するが、それは原形に比べ歪形されているかどうかは明らかでない。あまり小さいからである。然るに此を直接拡大撮影せるX線像に見ると、此は始めて明らかに原形とは異つている事が判る。又粒状性が保存されているにしてもお互に側枝を出して交通している様に明らかに見えてくるのは拡大して始めて判るのである。此を特に拡大撮影による擬影効果と呼ぶ所以である。此は層が厚ければ厚い程甚しい。此の場合此のX線像の大きさは、孤在性被写体の一個の大きさに比べると小さいし、単層に並べたのと、多層に並べた場合の数が、後者が多くなるけれど、4倍以上にはならない事は、理論的、実験

的に確められた。

此等を綜合すると、点状陰影が撒布している如きX線像より、個々の孤在被写体の形を帰納するのは困難であるが、多層に密に散布せる場合は、「或る層に撒布せる被写体の数はX線像にあらわれた数より少いものである」と云う事が推測される。又、拡大撮影に於ける重複効果、擬影効果と云うものは、単純撮影の場合と似た効果ではあるが、拡大撮影では幾分異なつて独得の意味をつけ加えなければならない。

### 結 論

1) 拡大撮影に於ける重複効果及び擬影効果を知る為めにスケトウタラの子(卵の直径 0.4mm~0.5mm)を一層、八層、十六層、八十四層と重ね、此を単純撮影、3倍直接拡大撮影、5倍直接拡大撮影を行った。

2) スケトウタラの子は一層の場合は 80kVで単純撮影したX線像では對比度を與えない。此は細去効果の爲である。

八層以上では点状陰影を與えるが、そのX線像は融合し従つてその数は極めて少なく、且つ、その陰影の形は明瞭でない。

3) 此を直接3倍若しくは5倍拡大したX線像を見るに、一層の場合は矢張り認知するに足る對比度はない。層を重ねるとX線像を與える様になる。此の場合その点状陰影の数は単純撮影に比べ甚しく増し、又その大きさは原形より稍々小さい。又点状陰影は種々な形であり、原形とは違つて來ている事、即ち擬影効果を生じる事が観察される。

4) 此等は理論的に考按された。

5) 拡大撮影の対象となるものは細去効果が効いて來る如き微小被写体であるので、此の重複効果は像の認知上重要役割をなし意味を持つて來る。然も観察されるX線像からは擬影効果を考えに入れると原形を軽々に判断出來ない。

(本論文要旨は特殊検査法研究班(昭和32年9月16日)の席上報告せり)(本研究は文部省試験研究費の援助によりなされた感謝の意を表す、高橋信次)

### 文 献

- 1) Newell, R.R. and Garnan, R.: Radiology 56, 3, 409—423, (1951). —2) 吉田三毅夫: x線微細陰影の識別について, 日医放誌, 17, 12, (昭33). —3) Ad. Ott, Fortschr. Roentgenstr. 41, 404, (1930). —4) 高橋信次: 最新医学, 12, 9, (昭32). —5) H. Franke: Fortschr. Roentgenstr 50, 53, (1934).

## Effect of Superposition for Image Formation at Enlargement Radiography (Enlargement Radiography Study. 19th Report)

By

Tatsuyo Shinozaki and Kihachiro Komiyama

(From the Department of Radiology, Hospital of the University of Hiroasaki)

And

Mikio Yoshida and Shunzo Okajima

(From the Department of Radiology, Hospital of the University of Nagoya)

The details written in English will be published in the Nagoya J. Med. Sci., Vol. 21, No. 2, 1958.