



| | |
|--------------|---|
| Title | X線ピンホールカメラを用い2回撮影法によるX線原寸法の測定 |
| Author(s) | 永見, 初太郎 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1956, 16(6), p. 666-670 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/18437 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

X線ピンホールカメラを用い2回撮影法による

X線原寸法の測定

(東京芝浦電氣株式會社マツダ研究)

永見初太郎

(昭和31年4月11日受付)

I 緒 言

最近、X線直接拡大撮影像は診断上有効¹⁾であることが明らかとなり、微小焦点X線管が要求されている。この研究に關連して微小焦点の大きさの測定が問題になる。従来、此の測定には、次のような方法が行われている。

- a) ピンホール或はスリット焦點像をフィルムに撮影し、その大きさを測定する方法。
 - b) ピンホールを用い焦點像を螢光板に寫像し、その大きさを測定する方法³⁾。
 - c) 細線(W, Cu 線)をその直徑或は巾と等間隔にならべて、その像を撮影し、解像限度の撮影條件より大きさを求める方法⁴⁾

上述の方法を微小焦點の測定に適應すると次のような問題がある。a) の方法は、鉛ピッホールの製作技術上 0.1mm 以下の真圓状のピッホールの製作が困難であるので、微小焦點になる程、ピッホール誤差が大となり、例えば、この誤差を補正するためにフィルム上に撮影した 1 倍像の測定値よりピッホールの直徑の 2 倍を差引くと、大きさは負になるような場合を経験する。また真圓状の極めて小さいピッホールが出来たとしてもこれを使用し、焦點状を撮影すると撮影時間が極めて長くなり、實驗的にも、實用的にも不便なことが多い。b) の方法は螢光板上の焦點を測定する際、像端の判定不明瞭となり、誤差が多くなる。c) の方法は細線の材質及び X 線質に影響され、更に像の解像度を主観的に判定するから観測時の條件によつて誤差が入り易い⁵⁾

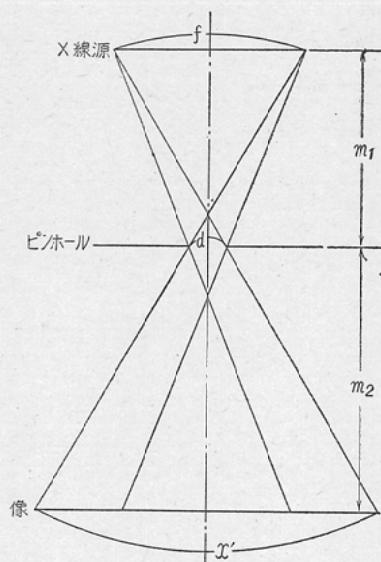
筆者はX線ピンホールカメラを用い、像の擴大

率をかえて2回撮影し(以下2回撮影法と呼ぶ),
ピンホールの誤差を正確に消去する方法を試み,
若干その測定精度を吟味し得た. 以下これについて述べる.

II. 測定原理

圖. 1に示すようにX線源を考え、X線源の幅を f 、鉛ピンホールの徑を d 、フィルム上で測定

第 1 圖



した像の巾をXとし、像の拡大率を $m' = \frac{m_2}{m_1}$ 、
 $m'' = \frac{m_4}{m_3}$ にかけて、2回撮影すれば、dとfとの
 の関係が如何なる場合にも、幾何的にそれぞれ次の
 の関係が成立する。

$$f = \frac{1}{m''} (x'' - d) - d \quad (2)$$

こゝに $x'x''$ は $m'm''$ に対するそれ各自的フィルム上の像巾である。

(1), (2) 式より f を求めると次式を得る。

$$f = \frac{(1+m')x'' - (1+m'')x'}{m'' - m'} \quad (3)$$

但し $m' \neq m''$ である。

(3) 式はピンホール径 d に無関係であるから、同一線質で2回撮影すれば、ピンホール周辺の透過X線の影響、ピンホールの形狀及び大きさの影響を受けない。數列の擴大率について(3)式を整理すると表1のように f は簡単に求まる。

III 測定精度の吟味

先づ(3)式によつて求めるには、フィルムに撮影した像の寸法を測定しなければならぬ。この測定精度は測定方法によつて違つてくることが考えられる。例えば、コンパレータで測定する場合

第1表

| 擴大率 | | f |
|------|-------|----------------------|
| m' | m'' | |
| 1 | 2 | $2x'' - 3x'$ |
| 1.5 | 2 | $(2.5x'' - 3x')/0.5$ |
| 1.5 | 2.5 | $2.5x'' - 3.5x'$ |
| 2 | 3 | $3x'' - 4x'$ |
| 2 | 4 | $(3x'' - 5x')/2$ |

第2表 模擬焦點寸法横0.275mm 縦0.28mm, Pin hole 0.06×0.05mm 使用

| film の種類 | 横 方 向 | | | 縦 方 向 | | | film 濃度 | |
|--------------------------|-------------|----------------|--------|-------------|----------------|--------|------------|----|
| | 測定値 (mm) | 實寸法との 差(mm) | 差の% | 測定値 (mm) | 實寸法との 差(mm) | 差の% | | |
| Dental 用 1枚 | C | 0.316 | +0.041 | +14.9 | 0.331 | +0.051 | +18.2 | 濃い |
| | M | 0.254 | -0.021 | -7.6 | 0.223 | -0.057 | -20.4 | |
| Dental 用 2枚 | C | 0.262 | -0.013 | +4.7 | 0.308 | +0.028 | +10.0 | 濃い |
| | M | 0.248 | -0.027 | -9.8 | 0.258 | -0.022 | -7.9 | |
| Process Plate | C | 0.34 | +0.066 | +24.0 | 0.355 | +0.075 | +26.8 | 淡い |
| | M | — | — | — | — | — | — | |
| 醫療用 X-Ray film | C | 0.328 | +0.053 | +19.3 | 0.326 | +0.046 | +16.2 | 濃い |
| | M | 0.238 | -0.037 | -13.5 | 0.298 | +0.018 | +6.4 | |
| 工業用 X-Ray film No. 80 | C | 0.298 | +0.023 | +8.4 | 0.285 | +0.005 | +1.8 | 濃い |
| | M | 0.22 | -0.055 | -20.0 | 0.203 | -0.077 | -27.5 | |

はフィルムの種類、濃度或は測定時の明るさの影響を受け、またミクロフォトメータで測定する場合はそれに用いるスリットの影響を受ける。そこで既知の模擬焦點によつて、これらに起因する誤差について調べた。

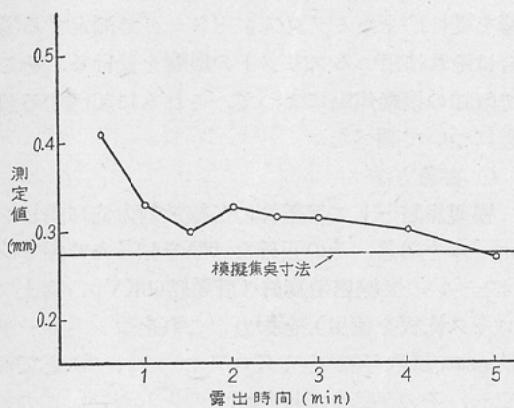
i) 實驗方法

模擬焦點としてX線管のX線放射方向に鉛ピンホールを起き、その正確な寸法を知るため鉛ピンホールのX線密着寫眞(管電圧60KVp, 富士プロセス乾板を使用)を撮り、これをコンパレータ($1/100\text{mm}$ 讀取可能)とミクロフォートメータとで測定し、その平均を模擬焦點寸法とした。(この理由については後述する。) その値は0.275~0.28mmで大體圓状である。何れの實驗も模擬焦點と測定用鉛ピンホールとの距離を50cmに定め、1倍、2倍像による2回撮影法を行つた。

ii) フィルムの種類による影響

實驗に供したフィルムは歯科用フィルム1枚、2枚、醫療用X線フィルム、工業様X線フィルム80及びプロセス乾板である。それぞれの像を測定し、(3)式より求めた結果が表2である。この結果からは、フィルムの種類による差異は見出されないが、ミクロフォートメータによる測定値は誤差が負となり、コンパレータによるそれは概して正で且つフィルム濃度に影響される傾向が認められる。また工業用X線フィルム80はコンパレータ測定する場合が、像端が見易いことを経験し

第 2 圖



た。

iii) フィルム濃度の影響

表2から判るように、フィルム濃度の影響はコンパレータによる測定の際に問題になる。そこで醫療用X線フィルムを使用し、濃度の影響につ

いて検討した。1倍像のみ撮影時間を變えて、コンパレータで測定し2回撮影法によつて求め、圖示したのが圖、2である。同圖で露出時間が長いことは濃度大となることを示すが、コンパレータによる測定明らかに濃度大になる程、誤差は少なくなる傾向が認められる。これは主觀的誤差によるもので、濃度小となると像端の判定が困難となり、主觀的誤差に入り易いことに原因している。

iv) 測定用鉛ピンホールの大きさの影響

(3) 式より明らかなように、2回撮影法では測定法ピンホールの誤差は入らない筈であるが、これを更に實驗的に吟味した、實驗に用いたピンホールは鉛製のもので、孔は5.6~9.1%の範囲で圓状である。この測定結果を表示したのが表3である。これ等の結果をみると、コンパレータによる測定値はピンホールの大きさに對し、定つた

第3表 模擬焦點寸法横0.275mm 縦0.28mm, 工業用 X-Ray film No. 80. 使用

| Pin hole の寸法 | 横 方 法 | | | 縦 方 向 | | | |
|--------------|-------------|----------------|--------|-------------|----------------|--------|-------|
| | 測定値 (mm) | 實寸法との 差(mm) | 差の% | 測定値 (mm) | 實寸法との 差(mm) | 差の% | |
| 0.06×0.05mm | C | 0.298 | +0.023 | + 8.4 | 0.285 | +0.005 | + 1.8 |
| | M | 0.22 | -0.055 | -20.0 | 0.203 | -0.077 | -27.5 |
| 0.13×0.11mm | C | 0.269 | -0.006 | - 2.2 | 0.228 | -0.052 | -18.6 |
| | M | 0.244 | -0.031 | -11.3 | 0.26 | -0.02 | - 7.1 |
| 0.17×0.19mm | C | 0.298 | +0.018 | + 6.5 | 0.297 | +0.017 | + 6.1 |
| | M | 0.27 | -0.005 | - 1.8 | 0.295 | +0.015 | + 5.4 |

關係が見出されない。この事實より誤差はピンホールに原因するものでなく、濃度の違い或いはフィルムと測定用ピンホールとの距離の誤差によるものと考えてよいと思う。ミクロフォートメータによる測定値はピンホールの大きい程真値に近づく、これはミクロフォートメータのスリットに原因するもので、この測定に於ては、直徑0.3~0.6mmの像を光學的に10倍像に擴大し、それを巾0.2mm、長さ1mmのスリットで走査しているので、スリットの長さの影響が現われたものと考えられる。

VI 檢 討

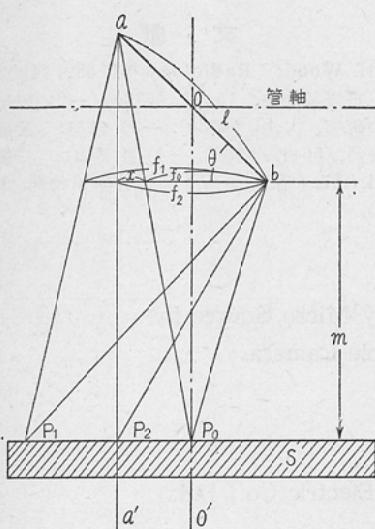
前述したようにコンパレータによる測定値は大

き實寸法より大きく、これに反し、ミクロフォートメータによるそれは小さい。この事實に注目し、模擬焦點の寸法は兩者の測定値の算術平均をもつて、その寸法の確定値と考えた譯である。

模擬焦點による實驗は、均一分布に極めて近いX線源の焦點像を取扱つたことになる。即ち像端の明確な場合について吟味したことになる。從つて、この測定法を實際のX線管の實効焦點測定に應用する場合には、それが均一分布でないからその端像を判定するに多大困難はあるが、ピンホールの誤差は完全に除き得る。

次ぎに、實際のX線管の實効焦點測定について検討しよう。實効焦點は廣義の意味で光學的焦點

第3圖



である。従つて図3に示すように、ターゲットが θ の傾斜をもつ、いわゆる線状焦點の場合、このX線からmの位置にある被寫體Sに投與すれば、點P₁に對する實効焦點はf₁、また線状焦點の中心を通り管軸に垂直な線上の實効焦點はf₀である。然るに圖に示すように、線状焦點の先端aを通り管軸に垂直な線状の點P₂の實効焦點は位置mに無關係である。即ちこの焦點寸法はlcosθである。普通、X線管の實効焦點をf₂=lcosθで表わすことが多い。

さてX線管の實効焦點は點P₂のところに理想ピンホール（大きさを持たぬピンホール）を置い

第4表

| 1 | lcosθ | $\theta=70^\circ, m=300\text{mm}$ | | $\theta=70^\circ, m=500\text{mm}$ | |
|------|-------|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | | x* | $\frac{f_0}{f_2}$ | x* | $\frac{f_0}{f_2}$ |
| 14.6 | 5 | 1.09×10^{-3} | 97.8% | 6.78×10^{-2} | 98.6% |
| 11.7 | 4 | 7.07×10^{-2} | 98.3 | 4.36×10^{-2} | 98.9 |
| 8.77 | 3 | 3.99×10^{-2} | 98.7 | 2.47×10^{-2} | 99.2 |
| 5.85 | 2 | 1.80×10^{-2} | 99.1 | 1.09×10^{-2} | 99.5 |
| 2.92 | 1 | 4.52×10^{-3} | 99.5 | 2.73×10^{-3} | 99.7 |

$$* x = \frac{l^2}{2} \sin \theta \cos \theta \\ \frac{1}{1 \sin \theta + m}$$

て測定出来る筈である。即ち厳密な測定には、線状焦點の先端を見て管軸と垂直になる點P₂にX線ピンホールカメラを置かなければならぬ。若し中心線上の點P₀におけるれば、f₂よりXだけ小さい實効焦點f₀となる。吟味のため種々の線状焦點に對し、mを30cm、50cmとしてXを計算すると表4の結果を得る。この結果から判るように、中心線状にX線ピンホールカメラをおいても微小焦點であれば殆ど問題にする必要がない。

2回撮影法では、焦點寸法のみを問題にする限り、ピンホールの大きさに無關係であるから理想ピンホールを用いたと同じ結果を得る。

測定に際しては、比較的フィルム濃度を大にし、焦點とピンホールとの距離は撮影時間の許容する限り離した方がよい。また擴大率を大にすることもよい。像をミクロフォートメータで測定する場合は、それに使用するスリットに注意し、小さいものを用いるか、または像を擴大しなければ誤差が入り易い。

以上の事から結論すると、2回撮影法でコントラストの大きいフィルムを使用し、濃度を大にすれば、コンパレータで測定しても數十ミクロン程度の微小焦點が10%以内の誤差で測定可能と思考される。

V 結 言

以上X線源の大きさ測定の方法として、X線ピンホールカメラによる2回撮影法について述べたが、要約すると次のようである。

a) 2回撮影法ではX線源の大きさは次式で求まる。

$$f = \frac{(1+m')x'' - (1+m'')x'}{m'' - m'}$$

こゝにm'm''は像の擴大率、x'、x''はそれぞれの擴大率におけるフィルム上で測定した像の寸法である。

b) この測定方法ではピンホール誤差は除去出来るが、フィルム上の像の測定誤差が問題となる。

c) 像をコンパレータで測定する場合には、比較的フィルム濃度が大きい程、誤差が少なくななる。

d) 像をミクロフォートメータで測定する場合には、使用するスリットの誤差が入る。

e) コントラストの大なるフィルムを使用し、濃度に注意すれば、コンパレータで測定しても10%以内の誤差で測定可能である。

終りに、實驗を擔當された宮澤雅君、御検討していたX線管協議會の本多委員長初め各委員に對し厚く感謝の意を表する。

文 獻

- 1) E.H. Wood: Radiology 61, 382, (1953). —吉田: 日醫放學誌, 15, 91, (昭30). —2) 田部: X線管の研究, 3, 43, (昭30). —3) 丹羽: X線管協議會資料, 56-4, (昭30). —4) 小見山: 日醫放學誌, 14, 487, (昭29). —5) 永見: 應用物理, 25, 10, (昭31).

On the Measurement of Size of X-ray Micro Source by Twice Photography with Pinhole Camera

By

Hatsutaro Nagami

(Matsuda Res. Lab. Tokyoshiba Electric Co., Ltd.)

Ordinary X-ray pinhole camera method for the measurement of micro focus of X-ray tube is not accurate because of pinhole error. The writer succeeded to eliminate pinhole error by taking photograph twice with an X-ray pinhole camera.

The size of micro source F is calculated by the following formula.

$$F = \frac{(1+m')x'' - (1+m'')x'}{m'' - m'}$$

Where m', m'' are magnifying factor of image and x', x'' are size of enlarged image on the film.

It is independent of the diameter of pinhole, but the measuring error of image on the film gives rise to discussion. Accordingly by this method, the size of micro focus will obtain the accuracy within 10%.