

Title	錘形遮閉子の研究
Author(s)	村上, 忠美
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1955, 15(9), p. 788-796
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/17292">https://hdl.handle.net/11094/17292</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 錘形遮閉子の研究

日立造船 K.K. 向島病院  
醫學博士 村上忠美

(昭和30年7月25日受付)

### 緒言

X線寫眞の映像をより鮮明にしようとする試みは、従来から多くの人々によつて色々な方法が講ぜられて来た。最近オランダのフィリップス社では0.3mm平方の微小焦點を持つ廻轉陽極式管球を製作して、極度に鮮明な映像を得ただけでなく、更に擴大寫眞の撮影にも注目すべき成果をおさめている。また本邦でも名大の高橋教授は、早くからこの問題に着目せられ、自己バイアスを以てする電子束の極度の収斂により、管球焦點を極端に微小なものとするに成功し、擴大寫眞の撮影に輝かしい成果を揚げられたことは喜びにたえない。しかしながら、これらの方法は、みな管球焦點そのものを縮小せんとする試みであり、焦點が極度に灼熱せられる爲、瞬間的寫眞撮影以外には利用できないのである。こゝに考えられることは、管球焦點を現在のまゝとすれば、連續使用に堪えたと云うことである。従つて現在の使用管球から出るX線束に一つの規制を與えて、微小焦點と同様の効果を揚げる事が出来れば、寫眞は勿論連續透視も可能となる筈である。この考えのもとに私は一つの装置を考案し、相當の成果を納めたので、これに就いて述べる。

### ピンホール法の追試と再検討

最初にX線束の規制を行つたのはVallebona(1931)である。氏はX線管球の放射口に小孔を穿つた鉛板を置き、その小孔を焦點として撮影を行つたもので、ピンホール法として一般によく知られて居る所である。しかしこの方法は放射X線の大部分を鉛で遮つて棄ててしまふわけであるから、能率は非常に悪く、高橋教授もこれを追試せられたのであるが、0.2mm径のピンホールで、深

部治療装置150KV、3mAとし、105cmの距離で脛骨を撮影するのに90秒を要したと述べ、日常臨床的に使用するには不適當であるとして、全く放棄せられたのであるが、この非能率に就ては、ピンホールの孔径の問題、撮影距離の問題等幾多の疑義があるので追試して見た。即ち私は直径2mmのピンホールを用い、64KV、50mA、2秒、撮影距離60cmとして寫眞1の様な密着及び寫眞2の様な2倍擴大寫眞を得、また直径が1mmのピンホールにより、同様の條件下に露出時間を4秒として寫眞3及び4を得た。

寫眞はみな鮮明であり、殊に1mmピンホールによる擴大寫眞4は、骨稜も非常に明瞭であるから、この程度の露出時間であれば、臨床的にも充分利用できると考えられる。また更に大きい焦點を有する管球を用い、またより高圧で撮影することにすれば、露出時間は一層短縮することが出来る筈である。従来X線の有効線量と管電圧との關係に就ては、色々の關係式が出されているが、一般にフィルムにDと云う黒化度を來す爲に必要な露出EDは

$$ED = (mAs) \times (KV)^P$$

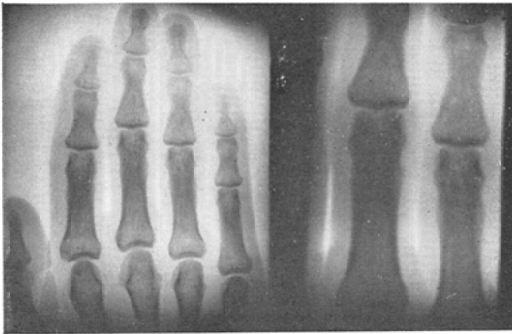
であらわされ、E.Fennerによれば $P=5$ が成立すると云われている。このことは60KV、50mA、4Sの時と同じ有効線量を得る爲に、120KV、50mAとすれば、露出時間は

$$4 \times \left(\frac{60}{120}\right)^5 = \frac{4}{32} = 0.125(\text{秒})$$

で充分と云うことなのである。現在の深部治療装置は200KV、25mAが通り相場なのであるから、120KVで50mA位は充分出せると思われるが、よし25mAしか出せないとしても、露出所要

寫眞 1

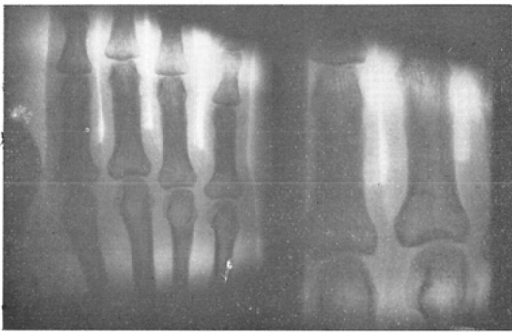
寫眞 2



直徑 2mm ピンホール. 64KV, 50mA, 2S  
撮影距離 60cm.

寫眞 3

寫眞 4



直徑 1mm ピンホール. 64KV, 50mA  
4秒, 撮影距離 60cm,

時間は0.25秒にすぎないのである。

このことは透視の場合も同様で、120KV, 2mA を使つて、現在一般に用いられている60KV 2mA の透視と同じ有効線量を得る爲には、その必要焦点は次の様に著しく縮小されるのである。

$$\left(\frac{50}{120}\right)^5 = \frac{1}{32}$$

即ち、0.5cm 平方の焦点で透視する場合と同様の線量を得る爲に、120KV の透視であれば、直徑 1mm のピンホールで充分なのである。

唯こゝに問題となるのは照射面積の問題である。今管球焦点の大きさを S とし、焦点とピンホールの間の距離を a、ピンホールとフィルム或は螢光板の距離を b、フィルム或は螢光板上の照射面積を R とすれば

$$R = S \times \left(\frac{b}{a}\right)^2$$

と云う関係式が成立する。従つて照射面積 R を大きくするには、焦点 S を大きくするか、撮影距離 b を大きくするか、焦点ピンホール間の距離 a を小さくするか等の三つの方法が考えられる。所で現在の撮影用管球では、S は 0.5cm 平方以下であり、a も 4cm 前後はある。従つて b を 60cm とすれば

$$R = \left(0.5 \times \frac{60}{4}\right)^2 = (7.5)^2$$

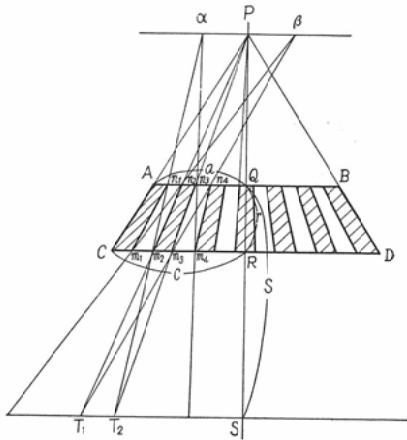
となり、照射面積はせいぜい 7.5cm 平方に過ぎない焦点が 1cm 平方もある治療用管球を用いたとしても、此場合は管球の容量が大きくなるので、a が更に大きくなると云うことを考慮に入れなければならないが、よしそれがなくても照射面積は 15cm 平方に過ぎず、臨床的には餘りに小さくて應用できないのである。と云つて撮影距離 b を大きくして 200cm にすれば、照射面積は 25cm 平方に擴大されるが、そのかわり明度の著明な低下をきたし、所要露出時間が著しく延長することとなり、これまた臨床的利用價値の喪失となる。

こうしたナレンマを解決する一方法として私は錘形遮閉子を作つたのであるが、これによつてピンホール法の缺點照射面積の問題は全く解決されるのである。今や高血壓撮影法には色々の利點、特徴が揚げられ、近い将来 X 線界の寵兒となる可能性も考えられているのであるが、この錘形遮閉子の利用により、高壓擴大撮影は勿論、高壓透視においても極めて鮮明な影像が得られると確信せられるので、以下この装置に就て述べる。

#### 錘形遮閉子の理論

第 1 圖で ABCD を、ある圓錐體の中心線を通る断面圖と考える。CA, DB の交點を P とし、P から AB に垂線を下し、それが AB と交わる點を Q、CD と交わる點を R とする。AB, CD をそれぞれ n 等分し、AB 上の各分點を n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub>, n<sub>4</sub> ……、CD 上の各分點を m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub>, m<sub>4</sub>, …… とする。なお光源は錘體 ABCD の AB 側にあつて、その側から CD 側に向け照射されるものとし、またその照射光線は、ABCD 中、n<sub>1</sub>n<sub>2</sub>m<sub>2</sub>m<sub>1</sub>, n<sub>3</sub>n<sub>4</sub>m<sub>4</sub>m<sub>3</sub> 等の部分は通過するが、A n<sub>1</sub>m<sub>1</sub>C, n<sub>2</sub>n<sub>3</sub>m<sub>3</sub>m<sub>2</sub> 等斜線を引いた部分は通過し得ないものとす

第 1 圖



る。そうすれば  $n_1m_2, n_3m_4 \dots n_a m_{(a+1)}$  を通る光線は、すべて  $\alpha$  を通ることとなる。換言すれば  $\alpha$  を光源とする光と考えられる。同様に  $n_2m_1, n_4m_3 \dots n_b m_{(b-1)}$  を通る光は、 $\beta$  を光源とする光線と考えられる。従つて  $n_1n_2m_2m_1, n_3n_4m_4m_3$  等を通過する光線は、すべて  $\alpha\beta$  から發せられるものと考えてよいこととなる。即ち圓錐體 ABCD を通過し得る光は、P を中心とし P $\alpha$  を半径として畫いた圓を光源とするものである。よつて私はこの圓を錐體 ABCD の焦點と呼ぶことにする。つぎに  $n_2m_3$  を通る光と  $n_4m_3$  を通る光との交點を  $T_1$ ,  $n_3m_3$  を通る光と  $n_1m_2$  を通る光との交點を  $T_2$  とすれば、 $T_1T_2$  を結ぶ線は PQ R に直角となるが、その交點を S とする。

いま

- $\alpha\beta = x$
- $AQ = a$
- $CR = c$
- $PQ = p$
- $QR = r$
- $QS = s$

として、これらの關係式を求めるに

$\Delta m_2\alpha\rho$  において

$$\frac{\alpha\rho}{n_1n_2} = \frac{m_2p}{m_2n_2}$$

しかるに

$$n_1n_2 = \frac{AB}{n} = \frac{2a}{n}$$

また  $\Delta pm_2R$  において

$$\frac{m_2p}{m_2n_2} = \frac{PR}{QR} = \frac{p+r}{r}$$

したがつて

$$x = \frac{2a}{n} \cdot \frac{p+r}{r} \dots\dots\dots (1)$$

つぎに  $\Delta PCR$  において

$$\frac{CR}{AQ} = \frac{PR}{PQ}$$

したがつて

$$\frac{c}{a} = \frac{p+r}{p} \dots\dots\dots (2)$$

また  $\Delta n_1n_3T_2$  において

$$\frac{m_2m_3}{n_1n_3} = \frac{T_2m_3}{T_2n_3}$$

しかるに臺形  $n_3QST_2$  において

$$\frac{T_2m_3}{T_2n_3} = \frac{RS}{QS} = \frac{S-r}{S}$$

また

$$\frac{m_2m_3}{n_1n_3} = \frac{\frac{2c}{n}}{\frac{4a}{n}} = \frac{c}{2a}$$

したがつて

$$\frac{c}{2a} = \frac{S-r}{S} \dots\dots\dots (3)$$

以上の様に、1, 2, 3 の3つの簡単な關係式が得られる。

いまこゝに

- $a = 1 \text{ cm}$
- $p = 4 \text{ cm}$
- $s = 50 \text{ cm}$

とすれば

式 (3) から

$$C = 2 \times \frac{50-r}{50} \dots\dots\dots (4)$$

式 (2) から

$$C = \frac{4-r}{4} \dots\dots\dots (5)$$

(4) と (5) から

$$2 \times \frac{50-r}{50} = \frac{4-r}{4}$$

之を解いて

$$r = 3.45 \text{ (cm)} \dots\dots\dots (6)$$

(6) を (5) に代入して

$$C = \frac{4+3.45}{4} = 1.86 \text{ (cm)}$$

式(1)から

$$nx = 2 \times \frac{4 + 3.45}{3.45} = 4.3$$

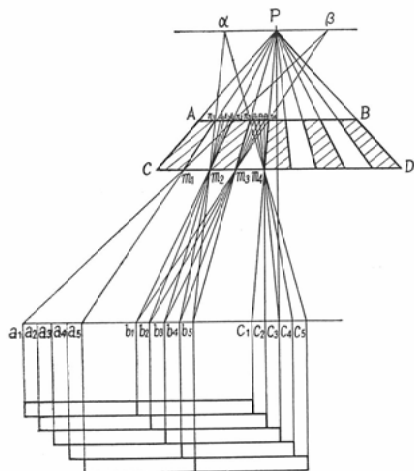
こゝに  $nx=4.3$  と云う簡単な関係式を得たのであるが、この意味は  $n$  を43とすれば  $x$  が 0.1cm となることを示すものである。従つてこの場合の焦点の大きさは

$$(0.1)^2 \times \pi = 0.0314\text{cm}^2$$

となり、従来の撮影用管球の焦点の大きさが  $(0.5)^2 = 0.25\text{cm}$  なるに比し、大約8分の1に縮小されたことになる。なお  $n$  を80とすることにより  $x$  を0.05cmとし、160とすることにより0.025cmと、 $AB$ を細分することにより、焦点はどのようにも微小とすることが出来る。また最初に定めた  $a, p, s$  の値は、管球焦点の位置によつて、或は其使用目的に応じて適當に調製することが出来る。

つぎに造影面の問題であるが、第2圖の様な圓錐體  $ABCD$  を考え、その焦点を  $\alpha P\beta$  とし、 $n_1n_2, n_3n_4$  を更に4等分し、その分点をそれぞれ  $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3$  とし、更に  $n_2m_2$  と  $n_4m_3$  の交点を  $b_1, n_3m_3$  と  $n_1m_2$  の交点を  $b_5$  として、 $b_1b_5$  を結ぶ線(第1圖における  $T_1T_2$  に相當するもので、以後これを造影面と呼ぶ)と、 $n_2m_1, A_3m_1, A_2m_1, A_1m_1, n_1m_1$  との交点をそれぞれ  $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  とし、同様に  $n_2, A_3, A_2, A_1, n_1$  と  $m_2$  を結んで  $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5$  を得、更に同様にして  $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$

第 2 圖



を得るものとする。しからば、 $n_2$ を通りしかも錘體を通過し得る光は、造影面上に  $a_1b_1$  なる影像を作ることになる。同様にして  $A_3$  を通る光は  $a_2b_2$  を、 $A_2$  を通る光は  $a_3b_3$  を、 $A_1$  を通る光は  $a_4b_4$  を、 $n_1$  を通る光は  $a_5b_5$  を作る。同様に  $n_4, B_3, B_2, B_1, n_3$  を通る光はそれぞれ  $b_1c_1, b_2c_2, b_3c_3, b_4c_4, b_5c_5$  を作る。したがつて、この造影面上では、錘體  $ABCD$  中の  $n_2n_3m_3n_2$  等の不透過部による陰影は全く消失し、全面が平等に照射されることになる。よつて第1圖の  $QS$  を、この圓錐體  $ABCD$  の造影可能距離と呼ぶことにする。

### 錘形遮閉子の作製並びに實驗

以上の理論のもとに、私は先ず

$$a = 1.0\text{cm}$$

$$r = 2.0\text{cm}$$

$$s = 50.0\text{cm}$$

従つて

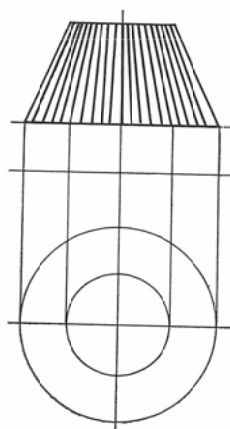
$$c = 1.92\text{cm}$$

$$p = 2.17\text{cm}$$

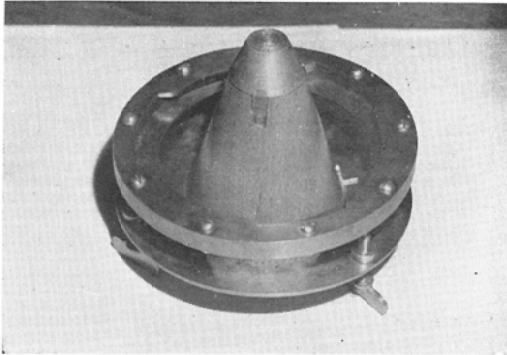
$$nx = 4.17$$

となるが、こゝに  $n=41$  なる条件を満たす第3圖の様な圓錐體を、鉛を以て作製し撮影實驗を行つた。寫眞5はこの錘形遮閉子をX線管に取りつける装置にはめ込んだ實物寫眞であり、寫眞6はこれをX線放射孔に装着したところである。寫眞7は造影可能距離(50cm)にフィルムを置き、右足を焦点とフィルムの中に固定、70KV, 40mA, 25秒で撮つた2倍擴大寫眞であるが、この

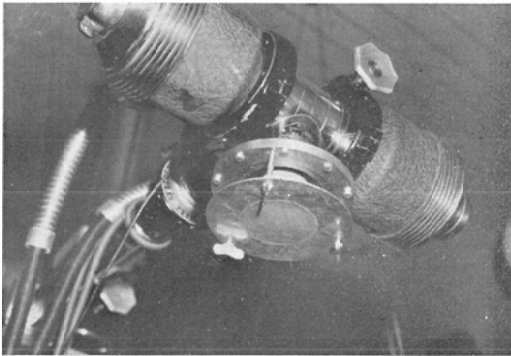
第 3 圖



寫眞 5



寫眞 6



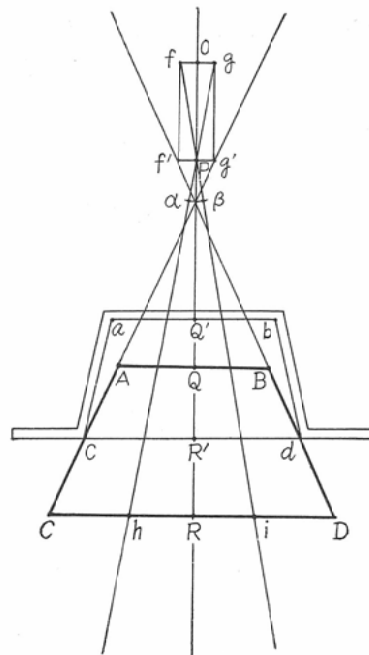
寫眞 7



寫眞 8



第 4 圖



装置を用いないで、之と同じ条件下に撮つた擴大寫眞 8 と比較して見れば、その鮮明度に格段の相違が見られる。この場合は  $x$  が 0.1cm であるから、その焦點の大きさは、直径 0.2cm のピンホールと同じであり、その鮮明度は寫眞 2 と略々同じなのである。

こゝに寫眞 7 の邊緣部に見られる不規則な圓形の縞が問題となると思うが、これはこの装置の設計上の不備に基因するものである。即ち第 4 圖の



$$a = \frac{AB}{2} = 9.435\text{mm}$$

$$p = 29.8\text{mm}$$

$$s = 600\text{mm}$$

として

$$\begin{cases} xn = 2a \times \frac{p+r}{r} \dots\dots\dots (1) \\ \frac{c}{a} = \frac{p+r}{p} \dots\dots\dots (2) \\ \frac{c}{2a} = \frac{s-r}{s} \dots\dots\dots (3) \end{cases}$$

なる關係式を解けば

(2) より

$$C = 9.435 \times \frac{29.8+r}{29.8}$$

(3) より

$$C = 18.87 \times \frac{600-r}{600}$$

$$\therefore r = 27.1\text{mm}$$

$$c = 18.0\text{mm}$$

$$nx = 2 \times 9.435 \times \frac{29.8+27.1}{27.1}$$

$$= 39.58$$

従つて n を 39 とすれば、x は約 1 mm となる。即ち焦點  $\alpha P\beta$  の直径は 2 mm となるのである。

尚この場合の造影面の大きさは

$$s = 600\text{mm}$$

$$p = 29.8\text{mm}$$

$$a = 9.435\text{mm}$$

であるから

今造影面の半径を t とすれば

$$\frac{t}{S+P} = \frac{a}{p}$$

なる關係式から

$$t = 199.3\text{mm}$$

即ち造影面は約 20cm を半径とする圓であり、臨床的にも充分利用出来る大きさと考えられるが、尚不充分であれば管球の放射孔を大きくして、それに適應する錘體を作ることにすれば、いくらでも擴大できる。

次に問題となるのは、寫眞 7 に見られる中心部の暗影であるが、これはこの装置の中心部の圓錐が大きすぎた爲におこつたもので、製作上の過誤である。私は前記の様な

$$a = 1.0\text{cm}$$

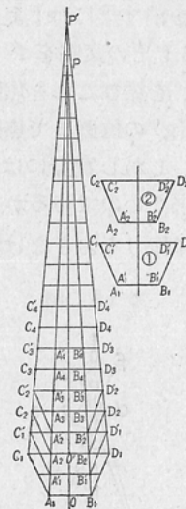
$$c = 1.92\text{cm}$$

$$r = 2.0\text{cm}$$

$$n = 41$$

なる條件を満たす錘體を作るに當つては、第 6 圖の様に直線  $A_1B_1$  を 2.0cm とし、その中央 O から垂線 OP を立て、OP の長さを r の 10.25 倍、即ち 20.5cm とし、これを圖の様に 20.5 等分して、この各等分線と  $A_1P$ 、 $B_1P$  の交點をそれぞれ  $A'_1$ 、 $A_2A'_2, A'_3, A_4A'_4, \dots, B'_1, B_2, B'_2, B_3B'_3, B_4B'_4, \dots$  とする。又 OP 上に  $O'$  を  $OO'$  が 2.0cm なる様

第 6 圖



に求め、これから  $A_1B_1$  に平行な直線  $C_1O'D_1$  を引き、 $C_1O'$ 、 $O'D_1$  をそれぞれ 1.92cm とする。次いで OP の延長上に  $P'$  を  $PP'$  が 2.0cm なる様に求め、 $O'P'$  を同様に 20.5 等分し、その等分線と  $P'C_1$ 、 $P'D_1$  との交點を  $C'_1, C_2, C'_2, C_3, C'_3, \dots, D'_1, D_2, D'_2, D_3, D'_3, \dots$  とする。かくて得られる  $A_1B_1C_1D_1$  を外側とし、 $A'_1, B'_1, D'_1, C'_1$  を内側とする。1 の様な圓錐筒、同様に  $A_2B_2D_2C_2$  を外側、 $A'_2, B'_2, D'_2, C'_2$  を内側とする圓錐筒 2 を作ると云つた様に、出来る限り正確な設計の下に順次 11 箇の圓錐筒を作製し、これを第 3 圖の様に等間隔に積み重ねて配列し、その間隙はパラフィンを以て充填固定したのであるが、何分材料を鉛としたため 1.0~0.5mm の厚さの圓錐筒を正確に作ることは非常に困難で、多少の誤作はやむを得なかつた



のである。正確な型を鐵をもつて作り、その間隙に人工樹脂を吹き込んで樹脂製の圓錐筒を作製、これを積み重ねて、その間隙をバリウム泥で充填すると云つた様な方法にすれば、もつと正確な、もつと微小な焦點のものが得られるのではないかと考えているが、その作製、實驗は他日にゆづる。

### 總括並びに結論

Vallebona が1931年發表したピンホール法は、微小焦點を得る爲の最も原始的な方法であるが、又最も確實な方法でもある。私はこれを追試して見たが、X線束規正による明度の低下は、撮影距離を短かくすることによつて、臨床的に支障のない程度にできることが分つた。更に高壓を用いることにすれば、透視も可能であることが分つた。唯これによる難點は、短距離撮影にすると、その造影面が非常に隘小となると云うことだけである。私はこの難點解決の一方法として、同厚の鉛製圓錐筒を等間隔に積みかさねることによつて第3圖、寫真5の様な錐形遮閉子を作製した。この遮閉子を通してX線を放射すれば、そのX線は第1圖、第2圖に見る様に、錐體の頂點においてピンホールの場合と同様に規正され、この點に微小焦點を置いたと同じ効果が揚げられる。ピンホール法の場合には、その造影面を擴大するには、管球焦點をピンホールに近づけるか、或は大きくする以外に方法はないのであるが、本法によればその焦點（ピンホールに相當するもの）は錐體の頂點にあるのであるから、これと管球焦點との距離は錐體の設計次第で自由に變更することが出来る。従つて所要の撮影距離において必要な造影面が思うまゝに得られる。

本装置の特徴は、ピンホールの場合と同様影像の精度が管球焦點の大きさに無關係な點にある。従つて充分大きい焦點の管球で、微小焦點と同様

の撮影効果を揚げる事が出来るので、管球焦點そのものを微小とする廻轉錐極式のものや、自己バイヤス式のものとも異なり、焦點の過熱による管球破壊の心配はない。又連続使用も可能となるので、透視にも利用出来ることになる。又工業用X線では非常な高壓を使用するので、大焦點の方が効率的と考えられるが、それでは撮影精度が低下するので、現在は3mm平方前後のものが用いられている。本装置を用いX線束を絞ることにすれば、充分大きい焦點の管球を用い、而も撮影精度は現在以上に高めることが出来る等、本装置の應用範圍はきわめて廣範である。

### 文 獻

- 1) K.K. Cocchi, U.: Die Hartstrahl technik in der Rontgen diagnostik. Fortschr. Röntgenstr. 81 (1954). —2) Fenner, E.: Zusammenhänge zwischen Röhrenleistung, Brennfleckabmessungen und Röhrenspannung. Fortschr. Röntgenstr. 80 (1954). —3) Hills, T.H.: The contrast problem in high kilovoltage medical radiography. Brit. J. Radiol. 26 (1953). —4) 神田: 高壓撮影法, 日醫放誌, 14卷10號(昭30). —5) 菅原, 中村: 高壓撮影法の理論と實際, さくらXレイ寫眞研究, No. 11 (昭30). —6) 高橋, 小見山: X線擴大撮影法の研究, 弘前醫學. 3卷, 1號(昭27). —7) 高橋, 小見山: X線擴大撮影法の研究, 弘前醫學, 3卷2號(昭27). —8) 小見山: X線擴大撮影法の研究, 弘前醫學, 3卷, 4號(昭27). —9) 高橋, 小見山: X線擴大撮影法の研究, 日醫放誌, 14卷3號(昭29). —10) 小見山: X線擴大撮影法の研究, 日醫放誌, 14卷8號(昭29). —11) 松田: X線擴大撮影法の研究, 日醫放誌, 14卷12號(昭30). —12) 小見山: X線擴大撮影法の研究, 日醫放誌, 15卷2號(昭30). —13) 吉田: X線擴大撮影法の研究, 日醫放誌, 15卷2號(昭30). —14) 高橋: X線擴大撮影法に就て, 富士Xレイ時報, 7卷2號(昭29). —15) Wachsmann F., K. Breuer und E. Buchheim: Grundlagen und Ergebnisse der Hartstrahltechnik. Fortschr. Röntgenstr. 76 (1952).

## Study on conic blende

By

Dr. Tadayoshi Murakami

Mukaishima Hospital attached to Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.  
Onomichi city, Hiroshima Prefecture

The pin hole method, which was made public by Vallebona 1931, is both most simple and most exact method in order to secure very fine focus. The author attempted to investigate the method for reexamination and came to the conclusion that lowering of lightness degree caused by readjusting X-ray bounde can be checked by means of shortening photographing space and that the method is applicable in full for clinical purpose.

Furthermore, the method proved that fluoroskopy is possible when high kilovoltage is applied.

However the method has just one disadvantage that the surface of photographing image become too small in case of short space photographing.

To remove this disadvantage, the author devised conic blende as shown by fig 3 and photo No. 5 by means of pilling lead conical cylinders, each of them has same thickness, at same interval.

When X-ray radiated through the conic blende, it is readjusted as same as in case of pin hole on the top of conic body as shown by fig 1 and 2, and just same effect can be attained as in case of very small focus fixed on the said top of conic body.

In case of pin bole method, there is no means but draw the focus of X-ray tube to pin hole or but enlarge the focus of X-ray tube in order to expand the photographing surface.

Whereas, according to my method, the focus (equivalent to pin hole) being fixed on the top of conical body, the length between this focus and focus of X-ray tube can be adjusted as our design likes, consequently required photographing surface can be attained at our disposal.

In consequence of having this characteristic, there is not such a uneas iness of brokening the X-ray tube caused by overheating the focus just like rotalix tube whtch make the focus X-ray tube very fine, or self bias X-ray tube, because same photographing effect can be attained with large enough focus as in case of uery fine focus of X-ray tube. Still more it can be utilized for fluoroskopy, because contineous use become possible.

Though X-ray for industrial purpose in which high kilovoltage is put to use is more effective in case of large enough focus, it has such a inconvenience of photographing precise' degree's deterioration.

On the other hand, this apparatus in question has such wide applications for instance, photographing precise degree can be risen even though X-ray tube of large enough focus is used when X-ray bundle is reduced in this apparstus, and so forth.