



Title	X線廓大撮影法の研究(第5報) 自己バイアス微小焦点を用いる直接廓大撮影
Author(s)	高橋, 信次; 小見山, 喜八郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1954, 14(3), p. 220-226
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17595
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

X線廓大撮影法の研究（第5報）

自己バイアス微小焦点を用いる直接廓大撮影

（弘前大學醫學部放射線醫學教室）

高橋信次・小見山喜八郎

Studies on Radiographic Enlargement, (5. Report)

Radiography with very fine Focus of self bias principle.

Shinji Takahashi and Kihachiro Komiyama

(from the Department of Radiology, University Hospital, Hirosaki)

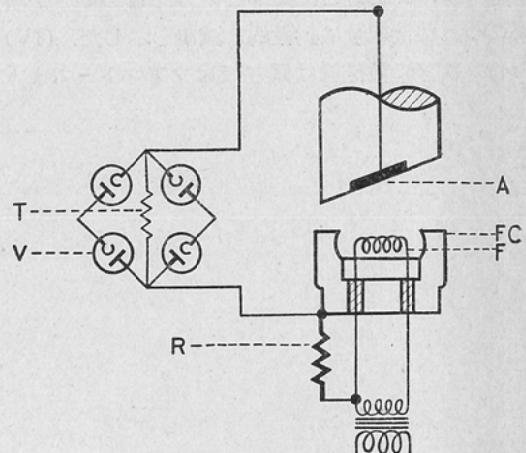
(昭和29年1月5日受付)

廓大撮影法に就いては昭和27年2月以降、余等は研究の進展する毎に、発表を行つて來た¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾。廓大撮影に於いてはX線若しくはγ線は、レンズを用いて収斂せしめる事は困難であるので、此の撮影を行うためにはどうしても、焦点を小さくし、以て廓大されたX線像に起り得べき半影を小さくする工夫をしなければならぬ⁵⁾⁻¹²⁾。従つて此の研究には先づ基礎的問題として、如何に小さな管球焦点を得、然も此の焦点が實際臨床的に應用し得られる性能を有しているかどうかを工夫するに在る。余等は最近、X線管球の集束電極の電位を、管球加熱纖條の電位より低下せしめ、所謂自己バイアス現象にて纖條より發する電子束を絞つて、對陰極に極小焦点を作る事が出來た。然も此の焦点を用いれば、人體の種々なる部位を臨床的に撮影する目安がついたので取敢えず之を述べる事にする。

自己バイアス微小焦点管球

X線発生装置は單相全波整流装置を用いた。X線管球は SDW 6 kW, Sealex を使用した。此の管球の陽極からは三本のリードワイヤーが出て居り、そのうち二本は管球加熱回路を形成している。他の一本は纖條を囲む集束電極に連絡している（第1圖）。此の線は市販の普通のものは加熱回路と短絡してある。之れを離してその裸線をリノ

第1圖 自己バイアス微小焦点管球結線圖



T: 主變壓器	} 高壓發生回路
V: 整流管	
A: 管球焦点	
F: 管球加熱纖條	
FC: 集束電極	} X線管球
R: 抵抗	

テープで巻く。そして此の三本の線を管球端のロジンの穴を充分に大にして夫々絶縁し、相互に短絡せぬ様にして管球外に引き出す。X線管球加熱回路は在來の通りそのままになし置き、高壓回路と、集束電極とを連絡する。その場合に集束電極に行く以前にて此の回路には抵抗を入れる。抵抗を入れると、集束電極と加熱纖條間に電位の差

が生ずる。その電位の差は、今管球回路に流す電流の強さ A amp. 集束電極に入れた抵抗を $R\Omega$ とすれば、 $A \cdot R \text{volt}$ で表はし得る。今実際に 50kV, の管球電圧で、20ma の管球電流を入れ、集束電極に 70k Ω の抵抗を入れたとすれば、集束電極と加熱線條との間の電位の差は 1400volt になる譯である。

余等は先づ、此の抵抗と管球焦點の大きさとがどの様な關係にあるかを知らんと欲して、次の如き實驗を試みて見た。

即ち管球電圧 50kv, 20ma の條件にて通電し乍ら、集束電極抵抗を 5, 10, 20, 30, 40, ……200 k Ω と次第に大きくして行つた場合の球管焦點の大きさをピンホールカメラにて計測した。此のピンホールの徑はマイクロメータにて測定せるに 0.12mm であった。此の孔の部は特にすりばら状に鉛板を薄くする事に努力はしたが、尙 0.2~0.3 mm の厚さをもたせざるを得なかつたから實效針孔の大きさは約 0.1mm ならんと推測される。

尚此の抵抗はホーロー引きの固定抵抗 5W のものを適當につないだ。斯く抵抗を大にすると、焦點の大きさは線條の幅の方向に對して急速に狭くなつて行く。然し一定程度以上小さくなるとあまり小さくならない。一方線條の長さの方向に對してはあまり狭くはならない。従つて、今、集束電極回路に抵抗を 70k Ω 入れた場合には、略々 $0.3 \times 2.4\text{mm}$ の焦點像を得た。之れはピンホールカメラを管球直下に置いて測定した場合の話である。それで、今度はピンホールの方向を次第に陽極焦點面の方向に傾けて計測を行えば、管球直下より 18° 傾けた位では焦點像の大きさが $0.3 \times 0.3\text{mm}$ になる事が判つた(第2圖)。之より更に傾けると X線量は急速に減るので、之れは用いなかつた。

今、ピンホールを管球焦點とフィルムとの中間に置いたとすれば、焦點の大きさ b と、ピンホールカメラの針孔の徑 a と焦點像 c との間には、之れを幾何學的に考按して計算すれば、

$$c = b + 2a \quad \text{即ち} \quad b = c - 2a$$

なる關係がある。

今、余等の場合、ピンホール徑が 0.12mm であ

つて焦點像の大きさは顯微鏡で何度も計測して得た値である。此の値を上式に當はめると、

$$b = 0.3 - 0.24 = 0.06\text{mm}$$

となる。實際はいろいろの因子が入つて來るので焦點の大きさは之れ程小さい値はとらないにしても、此の値より推測するに、焦點の大きさは 0.3 mm よりは小なるものであると云つてよい事がわかる。(焦點の大きさについては第7報参照)

焦點が非常に小さい場合、此をピンホールカメラにて焦點のX線寫眞を撮影するには、ピンホールの徑自體を焦點の大きさに比較して充分に小さくする必要がある。

然るに鉛板に 0.1mm 径以下の穴をあける事は殆んど不可能な事である¹³⁾。従つて抵抗を 70k Ω 以上にしても、焦點像が特に小さくならないのはピンホールの徑が焦點に對して大きい故爲と思はれる。余等は焦點像の大きさに從つて此の程度の推測値に考えざるを得なかつた。

此の様に自己バイアスで絞られた電子流で作られた焦點の大きさが 0.3mm より可成小さいものである事は諒解されたが、之れが實際どの程度鮮銳な像を與えるかを知るため、更に解像力¹⁴⁾の實驗を行つて見た。

即ち今、0.17mm の針金を 5 本、それぞれ 0.17 mm 宛離して平行にならべ($d = 0.17\text{mm}$) 此の單純寫眞を撮影せるに、之れは明らかに 5 本の針金として X 線撮影された。次に之れが 2 倍廓大撮影を行つて見た處が、之れも明らかに 5 本の針金として觀察された。然るに之れを今 3 倍廓大撮影せるに、今度は針金が 5 本並んでいる状況は辛うじて觀察せられる程度であつた。従つて此の焦點を用いて撮影した場合には、3 倍廓大でその解像力は $R = \frac{1}{2d}$ 即ち 3 であると云う事が出來よう。此の場合の解像力とは實は使用した増感紙極光 F.S. 及びフィルム等の解像力の綜合解像力になるわけであろうが、之れらは焦點の大きさによる影響力に比べれば略々無視してよい値だと考えてよい。

次に、厚薄不定の輪廓を持つた極めて微細な構造を有するものはどの程度鮮銳に撮影せられるかを檢するために、今成人側頭骨の乾燥標本を、普

通の 6 kw の管球を用いて密着撮影(焦點フィルム間距離100cm, 45kv, 1ma, 5秒, 増感紙極光F.S)せるものと、此の微小管球焦點にて 2倍に廓大撮影(焦點フィルム間距離 100cm, 45kv, 1 ma, 5 秒, 增感紙極光F.S)せるものとを比較して見た。兩者共に別に對比度には相違はなく、推體部、含氣蜂窩、S状溝等の對比は明瞭である。密着寫眞に於いては、例え頭頂縁の近邊を觀察するに、外聽道、含氣蜂窩のX線像は夫々鮮銳な線をもつて輪廓されている。一方 2倍廓大寫眞に於いては叮嚀に比較觀察すると、全體としてのX線像は尙充分な鮮銳度を保有している。之れらを觀察した場合、余等が屢々感する様な所謂、暈けた感じ、或いは鮮銳度が悪いと云う感じは特に受けない。側頭部を構成する髓質部は充分觀察に堪える。髓質部の緻密部は密着寫眞ではその構造があまり密であるので、各個を細密に觀察するのに煩はしく、その爲、漠然とした所見を得るに止つていたに對し、廓大寫眞では、像が廓大されている故爲か、明瞭且つ具體的な所見を與える。一方比較のために、普通の焦點を有する管球にて、此の骨を 2倍に廓大撮影せるに、髓質は全然辨別出来ず、外聽道口と含氣蜂窓との區別も出來ぬ程暈けた寫眞となつた。

次に實際に此の方法で人體を撮影する爲に健康成人肘關節部を撮影して見た。その撮影條件は次の如くであつた。前後方單純密着撮影(焦點フィルム間距離100cm, 50kv, 30ma, 0.5秒, 增感紙極光 FS 使用)

二倍廓大撮影(撮影條件は集束電極回路に 60kΩ の抵抗を入れて微小焦點にせる外密着撮影と全く同じ。但し肘部を管球焦點とフィルムとの中間に固定す)。

先づ、普通焦點で密着撮影せる寫眞に比べると、微小焦點で密着撮影せるものはそのX線像に於いて少しく差がある。全體として前者は後者に比べて稍々對比度が低下せる如き感じを與えるが、之れは特に橈骨小頭窩及び上搏骨の内上髁の部分にて稍々著明である。即ち微小焦點を用いた

場合には内上髁は美麗鮮銳なる髓質部像を與えるのみならず、小頭窩關節面を透して橈骨骨端部の微細な髓質の構造を窺い得るに反し、普通焦點を用いた場合には、成程、内上髁の髓構造は見られるがそれ程鮮銳ではないし、小頭窩の部分には髓構造は判らない。

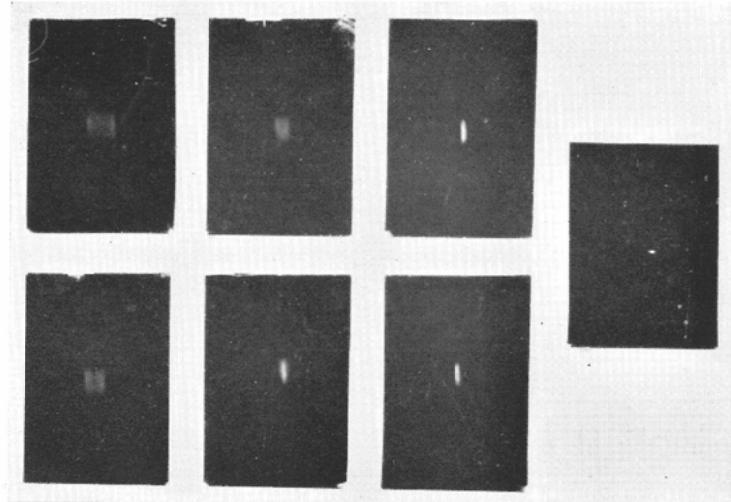
今、微小焦點を用いて二倍廓大撮影を行つた肘部のX線像と、普通焦點を用いて密着撮影を行つたものとを比較するに(第3圖第4圖)，前者は後者に比べると鮮銳度は殆んど劣つていない。各骨の長軸に沿つた骨皮質部の輪廓は兩者共著るしい相違は見られない。廓大寫眞に於いては小頭窩關節面は無構造であるのみならず、内上髁の髓質構造は、密着寫眞でもあまり明瞭ではなかつたが二倍廓大寫眞では此の部の髓質構造は明瞭である。之れは廓大されて觀察し易くなつた故爲と思はれる。又、その他の部分の髓質構造も可成明瞭に保存せられ、尺骨頭窩及び之れを形成する骨隆起の骨梁の状況は明瞭である。特に外上髁、關節環状面の骨梁紋理は美麗に認められ、然もその紋理が微小焦點を用いて撮影した密着寫眞に比べ輪廓が大きい丈、觀察が容易である。若し之れを普通焦點で二倍廓大撮影すれば、骨梁は完全に姿を消し、三個の長骨がある事、それが皮質部と髓質部とに分れている事、關節を形成している事及び尺骨頭窩が窺はれる事が所見として得られる丈であつた。

次に實際に今度は軀幹を撮影して見た。

今、35歳の婦人(左肺硬化性肺結核症)を 6 kw の管球を用いて背腹方向單純撮影を行つて見た。此の撮影は管球焦點フィルム間距離を 150cm, 50kv, 50ma, 0.5秒で行い、増感紙は極光 FS フジフィルムを用いた。此のX線寫眞は日常余等が見馴れているものである。尙撮影に當つては充分な呼吸停止を行はせ、又體動搖を防いだ。

今、管球焦點フィルム間を此の儘になし置き、被検者を丁度、管球とフィルムの間で管球側 3 分の 1 の距離の處に置いて、集束電極回路に抵抗 30kΩを入れ、單純撮影と全く同様な撮影條件にて X 線露出を行つた。此の場合は從つて胸部は三倍

第2圖 ピンホールカメラ(ピッホール径: 0.12mm)によるX線管球焦点像(実大)

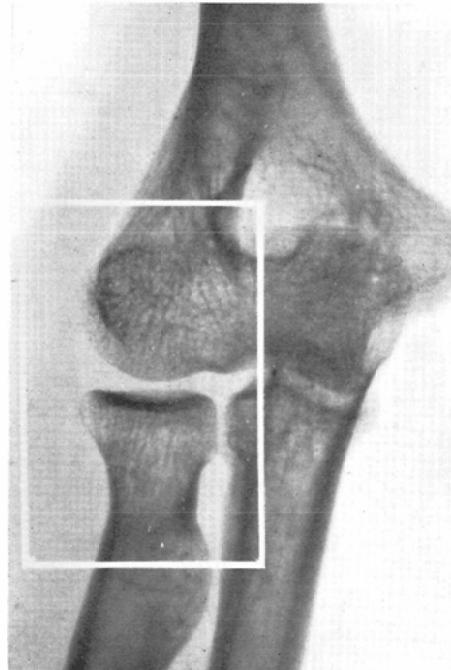


50kv, 20ma, 1秒の露出條件にて,
ピッホールを焦点とフィルムの中間に
置いたもの,

左上, 左下, 中上, 中下, 右上, 右下
の順に集束電極に抵抗を夫々0, より70
k Ω と次第に大きくして入れたもので
ある。

尚右端は管球を水平より18° 傾けた場
合の焦点。

第3圖 成人肘關節部單純着寫真(實大)



四角な枠は第4圖の撮影部を示めしている。
に廓大撮影された事になる。

今、單純撮影と廓大寫眞とを比較して見ると、
單純寫眞の場合は前方肋骨は後方肋骨に比べて鮮
銳度がよい。然るに廓大寫眞では前方及び後方肋
骨の鮮銳度は、前方が特に鮮銳である。前方肋骨

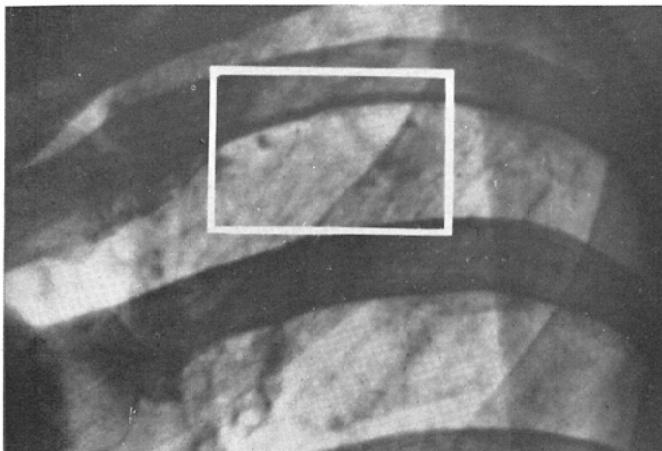
第4圖 成人肘關節の直接2倍廓大寫眞



骨皮質、髓質の構造は鮮銳に撮影されている。
橈骨關節面の骨梁が明瞭である。

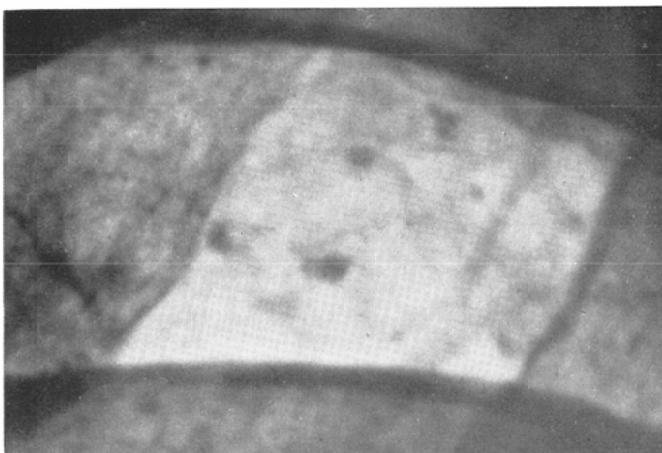
の髓質骨梁が充分な鮮銳度にて観察される。後方
肋骨の骨梁の鮮銳度は之れには劣るが尚骨梁構造
は失はない。肺血管のうちでも、肺動脈は單純寫眞
では邊縁になれば消失するが、廓大寫眞では充分

第5圖 成人硬化性肺上野結核の單純寫真(實大)



四角形の枠は第6圖の撮影部位を示す。

第6圖 第5圖の枠の部分の直接3倍廓大寫真



肋骨の骨梁、肺紋理は明瞭である。點状陰影、索状陰影も明らかに観察される。

邊縫迄も追跡出来、それが夫々血管の屈曲についてその點陰影を纏絡して走向する状況はよく観察される。邊縫の肺紋理は又明瞭である。之れは丁度金網若しくは龜甲状の如くなつて追跡出来る。此の患者は肺尖部の硬化性肺結核であるため、大小不同の石灰化像、點状陰影を纏絡して、細大不同的の索状陰影があり、それが諸處に於いて二條の平行なる陰影、或いは不規則なる形狀をなす透亮像を與えている。前者は氣管支擴張像であり、後者は肺氣腫像であろう。之れらの細部は三倍廓大撮影にて始めて得られた所見である。今三倍廓大

寫真で見られる小なる二糸程度の點状陰影は單純撮影では到底注意を惹かない陰影であつた。

今、市販の SDW 6kw 管球で自己バイアス微小焦點を作り此の様な撮影を繰り返した場合、加熱鐵條より發した電子流は對陰極タングステン鉛の狭い部位に集中して曝射すると云う結果になるのであるが、それで焦點面が荒れて臨床的に使用不可能になるのではないかと云う懸念が起る。今迄此の微小焦點を用いて、110枚のX線撮影を試みて見た。即ち40kv, 1ma, 60秒の條件で20枚、50kv, 1ma, 50秒で20枚、70kv, 1ma, 40秒の條件で30枚、更に50kv, 20ma, 1秒で10枚撮り、次に50kv, 40ma, 0.5秒で30枚の撮影をしたのである。そのうち100枚迄は焦點面を注意して見ても何ら異常は認められない。然るに現在は焦點面に縦に細い淡い線が出現して來た。之れは一種の焦點の變化と考えるべきであろう。然し此の線は何等破裂、盛り上り、點状熔融等の所謂荒れを伴つていない。

考 按

三極真空管にて陰極と陽極との間に挿入されたグリットは、その電位を電池等で適當に制御する事により、回路電流を増減させる事が出来る。之れが

グリットバイアスである。然るに今、余等の如き方法で元來の自己の電位を抵抗により變化させ、鐵條が熱より發した電子の流れを制御する方式を自己バイアスと云うが、元來、集束電極なるものは電子流を絞る役をなすものであるが、此の場合は集束電極と線條とは等電位である。バイアスの理論を應用して微小焦點の管球を作り以て廓大撮影をなし、醫學の診斷に實際に利用したと云うのは未だない様である。尙此の場合はバイアスはグリットバイアスでも自己バイアスでも同じ事である。

元來X線廓大撮影法には直接法と間接法との二種類がある²⁾³⁾。間接法は豫め成るべく遠距離撮影をなして得たX線寫眞の像を、引き伸ばし機にて引き伸ばすものであつて之れはX線フィルム及び特に増感紙の鮮銳度の關係にて、精々2倍も難しいので若し実際に用うるには増感紙を使用しない場合に限られる。且つ之れは實際に利用するのに間接的だと云う不便がある³⁾。之れに對して直接廓大撮影は最も實用的である。直接廓大撮影法を始めて行つたのはVallebona¹⁵⁾である。此の法は然し放射口にピンホールを置く方法であつて、之れは充分なX線量を得にくいためでなく、焦點面に龜裂等が入れば使用出來なくなるし、又、撮影の視野が極めて小さい缺點がある。充分なX線量を得るために余等は硬線を用いて見たが、そうすると今度は對比度が悪くなる²⁾。

ピンホールでなくて實際に最初から小なる焦點を作る試みが最近 Philipp, Müller社等で成功し、其が次第に外國では市販されて来る様であるが、その焦點の大きさはすべて $0.3 \times 0.3\text{mm}$ である様である。若しそうだとすれば余等の焦點は之等のものより小さいと云つてよい。Moon等はμ単位の極小焦點を設計中であるが之れは未だ實際には用いられていない⁸⁾。

之れら外國の研究は、いづれも回轉陽極管球を應用している。之れは對陰極に對して電子流をどの様に絞つて焦點を作つてゐるかは、その管球構造を詳述していないから余には明らかでない。然し集束電極と線條は等電位であつて、從つてバイヤス現象は起させないものゝ様である。

翻つて我國の現状では回轉陽極管球すら未だ普及するに至つていない。又回轉陽極管球は陽極を機械的に回轉させる關係上、どうしても幾許かの陽極のガタが起つていよう。そうするとその爲に 0.3mm 以上小なる焦點をそこに結ばせ、然もそれを半永久的に使用するのは困難なのではあるまいか。

一方、余等のX線管球は全く廉價な一般用管球であつて、微小焦點の欲しい時は、單に管球の端の口金より集束筒を行ぐ回路を引き出し之れに適

當な抵抗を入れる丈でよい。一般單純撮影の際はその抵抗を單に外づせばよい。その抵抗を出し入れする操作は簡単でその費用は極めて廉價である。然もその焦點の大きさは外國の微小焦點よりは小さいのである。然しこの様に微小焦點を作れば、對陰極は急速に荒れるのではないかとの危惧が起る。然し實際には叮嚀に使用すれば焦點に異常はそう急速に起こるものでない事が判つた。從つて、此の管球にて必要な直接廓大撮影を行う事は臨床的にそう無理ではないと考える。然しどの程度迄管球が堪え得るかとの問題に就いては後報で更に述べる事にしよう。

結論

- 1) 市販のSDW 6kw管球の集束電極にゆく線に抵抗を入れ、微小焦點管球を作つた。今、50kv, 40maで撮影を行う場合、 $30\text{k}\Omega$ を入れると加熱纖條と集束電極との間の電位の差は 1200v となるが、此の場合の焦點の大きさは略々 $0.3 \times 0.3\text{mm}$ より餘程小さい事を知つた。
- 2) この焦點で徑 0.17mm の針金を 0.17mm 離して平行に並べ、三倍直接廓大撮影を行つて見たるに尙此の針金像は解像された。
- 3) 成人肘關節部の二倍廓大撮影を試みたるに、普通單純撮影にて撮影が困難であつた橈骨骨端部の骨梁を認める事が出來た。
- 4) 成人硬化性肺尖結核の三倍廓大撮影を試みたるに、肋骨の骨梁はその構造を明瞭に示めしてX線像となり肺血管は邊縁迄追跡され、點狀、索狀陰影は普通單純撮影に比し、明瞭に觀察された又、氣管支擴張、肺氣腫の讀影も容易となつた。
- 5) 此の微小焦點管球は使用經驗によれば案外焦點のアレを來さない様である。此の微小焦點は一般の市販管球を使用して臨床的に簡単な操作で直接きりかえてつくる事が出來、然もそれは外國の製品に劣らない小さいものである。

(微小焦點作製に就いて東芝、田中正道氏、三島初太郎氏に貴重な示唆及び指導を賜つた。又、實際に普通市販のSealexより此を作製するに當つては本學文理學部鈴木重光教授に種々御助言を願つた。感謝の意を表す。高橋信次)

(本論文要旨は第17回弘前醫學會例會 昭28.12.19に演説せり)

文 獻

- 1) 高橋信次, 小見山喜八郎: 弘前醫學. 3. 1.27~29, (昭27). —2) 高橋信次, 小見山喜八郎: 弘前醫學. 3. 2, 148~153(昭27). —3) 小見山喜八郎: 弘前醫學. 3. 4, 328~333(昭27). —4) 小見山喜八郎: 第15回弘醫例會演說. 弘前醫學掲載豫定(昭28, 7, 18). —5) Zimmer, E.A.: Fortschr. Roentgenstr., 75, 292~301, 1951. —6) Zimmer, E.A.: Fortschr. Roentgenstr., 78, 2, 164~169, 1953. —7) Moon, R.J.: Science, 112, 389~395, 1950. —8) Hodges, P.C. and Skaggs,

- L.S.: Amer. J. Roentg., 66, 705~11, 1951. —9) Fletscher, D.E. and Rowley, K.A.: Brit. J. Radiol., 24, 598~604, 1951. —10) Gilardoni, A., and Schwarz, G.S.: Radiology, 59, 12, 866~877, 1952. —11) Wood, H.E.: Radiology, 61, 9, 382~390, 1953. —12) Van der Plaat, G.G.: Fortschr. Roentgenstr. 77, 605~610, 1953. —13) 三島初太郎: 應用物理. 22, 2, 73~78, (昭27). —14) 江藤秀雄, 足立忠, 箕弘毅, 氣賀正己, 村井竹雄: 日醫放誌 6, 1, 5~10, (昭21). —15) Vallbona, A.: Ztb. f. Radiol. 17, 341, 1931. —16) Takahashi, S.: Kubota, Y. und Yoshida, M., Fortschr. Roentgenstr. 80, 3, 387~392 (1954).

Macroradiography(Enlargement Radiography) Technique used a very fine Focus
made with autbiased Electron Beam.

Studies on the Macroradiography. 5th Report
Shinji Takahashi and Kihachiro Komiyama

(From the Department of Radiology, University Hospital, Hirosaki.)

This paper is presented as one of a series on methods of enlargement radiography. As a radiation source a line focus (4×4 mm in effective size) of a fixed anode tube of 6 kw was used. When the lead wire of the focusing cap in this tube was connected directly with the secondary circuit and at the same time the one of the tube filament was connected indirectly with a resistance R ohm in series to the same circuit, in which electric current of A miliamperage was running, then, the electric potential of the tube filament was $A.R$ voltages higher than the one of the focusing cap.

According to the principle of the autbias of the electron beam emitted from the filament, the focus, operated by this procedure, diminished its size with the increase of the value of the resistance R and that became finally to the optimal minimum, 0.15×2.5 mm in size.

This linear focal spot was lessened then effectively to a point source of 0.15×0.15 mm in size when the surface of the target was made inclined to the vertical line from 30° to 2° .

By means of this very fine focus the elbow joint (exposure conditions: 50 KV, 40 mA. 0.5 seconds, focus-film distance 100 cm), the lung (50 KV., 50 mA., 0.5 seconds, focus-film distance 150 cm), etc. were roentgenographed with twice or three times enlargement.

Each of the X-ray image was so good in the sharpness that the X-ray image enlarged twice was better than the one of the normal roentgenogram taken with the focus 4×4 mm in effective size.

The roentgenography has been performed 462 times with this focus since then. There occurs still none of ruins in the target surface.