



Title	断層像の鮮鋭度についての考察 : 焦点の大きさの効果について
Author(s)	渡辺, 博
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(8), p. 1778-1791
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18801
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

断層像の鮮鋭度についての考察 (焦点の大きさの効果について)

東京医科歯科大学医学部放射線医学教室 (教授 足立忠)

専攻生 渡 辺 博

(昭和34年10月22日受付)

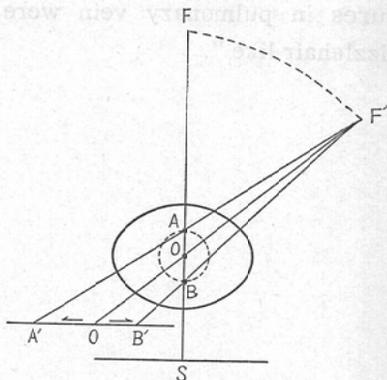
目 次

第1図 断層撮影法の模型図

- I 緒言
- II 実験方法及び実験結果
- (1) 不鮮鋭度 (以下ボケと言う) の測定
- i) ボケの測定法
- ii) 模型による実験 (水中のピンポン球の「断面像」のボケ)
- iii) 骨標本 (橈骨) による実験
- (2) 焦点の移動の角度と「断面像」のボケ
- i) 針金模型による実験
- ii) 人体胸部断層像による比較
- a 正面像肋骨
- b 側面像肋骨
- c 空洞像
- (3) 焦点の大きさの断層像に及ぼす影響
- i) 針金模型による実験
- ii) 種々なる焦点にて撮影せる人体に於ける断層写真についての比較
- III 考案
- IV 総括
- 文 献

I 緒 言

断層撮影法は現在ではX線診断の領域に於て普通撮影法と共に全く不可欠のものとなつて来た。その原理について簡単に言えば第1図に於てX線の焦点Fはフィルムと同一軸上にあつて軸上の1点Oを中心として互いに円運動を行うとする。この際フィルムは常に水平に保つようにしておく。今焦点Fがフィルムに対して垂直線にある場合には回転中心Oの上下にある軸上の点A,Bは



Oと共にフィルムの同一点上Sに投影される。ついで焦点Fが或る角度(ϕ)だけ移動した場合即ちF'の点に来た場合にはO点だけはフィルム上で前と同一の部に投影されるがA点やB点の影は夫々A'B'と前よりはズレて来ることになる。即ち焦点がFからF'まで移動することによつてO点だけはフィルムの常に同一の点Sに投影され、A点やB点は夫々S-A', S-B'と曝射中に移動しているのである。このような関係はO,A,B等を含んだフィルムと平行なる平面上のすべての点について成立する。一つの陰影が曝射中に移動すればその移動の距離に従つて「コントラスト」は減少し鮮鋭度も著しく害される理であるから上記のような場合には結局回転中心を含む面のみはフィルム上にはつきりと投影されるがこの面の上下に離れた部は著しくボケたものとなる。丁度病理の標

本などの断面を見る様に撮影出来ることになりこれが断面撮影と呼ばれる由来であろう。併し我々の目にはある範囲以内のボケはボケと感ぜないのであるから⁵⁾上記のようにAやBの影がフィルム上で移動する場合もこれが一定の範囲を超えて始めてボケたと感ぜるのである。従つてOを中心としたその上下のある一定の厚さの層はフィルム上に主観的にははつきりした像を投影する。これが断面撮影と云われたものが断層撮影と云い換えられるようになった理由であろう。本論文においては、このような回転中心を含みはつきり現われる部分の像を以下一応「断面像」と呼ぶことにする。断層撮影法の方式としては被写体とフィルムとが水平になる所謂「トモグラフィー」の方式とこの両者を垂直にする「プラネグラフィー」の方式とがある。焦点とフィルムとの運動は円運動でなくとも同一軸上で一点を中心として互いに反対の方向に平行運動を行つてもよい。この方式に従いブッキー寝台とX線管支持用スタチーフとを一寸改装した所謂「簡易トモ」の方式も行われている。フィルム上で上記のA点やB点の移動する距離は、1)焦点—回転中心(F-O)が短い程、2)回転中心フィルム間距離(O-S)が長い程、3)回転角度 ϕ の大なる程、大となる理でこの距離が長いと言うのは即ちOの上下のOより少しはなれた部分の影のボケも強いと言うことであり云いかえればフィルム上にはつきり認め得る断層の厚さを薄くなし得ると言うわけで謂わば断層が断面に近づく理である。併し一方陰影自体について考えると、1)焦点、中心距離(F-O)が短い、2)中心フィルム間距離(O-S)が長い点は陰影の幾何学的鮮鋭度を低下せしめる要因であり、3)回転角度 ϕ の大なる点は増感紙に斜めに投影することによりやはり鮮鋭度を低下せしめる原因となろう。これ等の点を解決しつゝ断層撮影本来の目的に合う方法の一つとしては焦点の縮小が考えられる。これにより少くとも前記の幾何学的鮮鋭度の低下は防ぎ得るかも知れない。この点が近来断層撮影像の改良殊にその鮮鋭度を論ずる場合に常に多くの論者により主張せられる要点である。併し果して焦

点の大小は断層像の鮮鋭度に対してそれ程に重要な要素となり得るであろうか。又X線像の鮮鋭度とは一つの影像の辺縁部のボケであり通常客観的にはその周囲との黒化度の移行の距離としても表わされている。その原因となるものは普通撮影の場合には、1)幾何学的要因によるもの、2)時間的要因によるもの、3)増感紙自体によるもの、4)増減紙に斜めに投影する要因によるもの等多くの因子が考えられるがその原因は何であろうとも我々はそこに同様に鮮鋭度の低下を認めるのである。断層像について考えると、もし撮影の対象が第1図に於ける如く別個の点或いはフィルムに平行な別個の平面でなく実際の場合の如く一つの容積を持つ場合、例えば第1図のA,Bを包含する一つの集塊である場合にはその対象の断面像にはその上下の部分のボケ像が重複することになりその結果その断面像そのものの辺縁部にもこれ等のボケ像が附随される。而も上記の理によりこれ等のボケ像の大なる程「断面像」そのものははつきり現われることにもなるのである。即ち極言すれば「断面像」とはボケ像のお蔭で成立するものである。この場合焦点の移動の方向によりこれ等ボケ像の重複附加の強い部分と余り強くない部分とはある。即ち焦点が一方に移動すればその方向にあたる部はボケが強くなりそれに直角方向にあたる部は殆んどないか又は少ない。このように考えると即ち「断面像」の鮮鋭度に対しては普通撮影に於ける鮮鋭度の概念はそのまゝでは当てはまらぬとも云えるのである。もともと鮮鋭度の概念には客観的のものと主観的のものとがある。「断面像」の場合には従来から言われたものはむしろその鮮鋭度は主観的のものでありその時の実際の黒化度又は周囲の複雑性、均等性等に強く影響され所謂真の客観的の不鮮鋭度即ちボケの距離とは別のものであろう。これに反し焦点の大小が重要な役割を演ずる場合は幾何学的の関係に対してであり、これはむしろ客観的の不鮮鋭度である。以上のように考えると果して従来より云われる如く断層像の鮮鋭度に対し焦点の大小がそれ程重要な要因となり得るであろうか。著者等はかねてより

この点に一応の疑問を有するが本研究はこれ等に対して考察を行うことがその主なる目的である。

II 実験方法及び実験結果

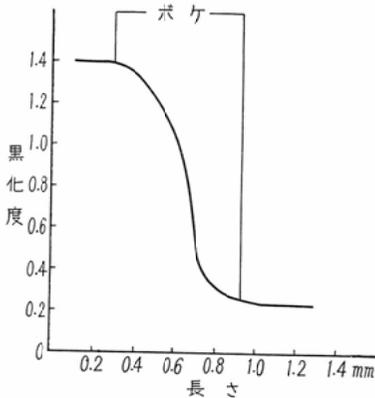
(1) 不鮮鋭度 (以下ボケと言う) の測定

先ず断層像のボケそのものを客観的に測定して見る必要がある。

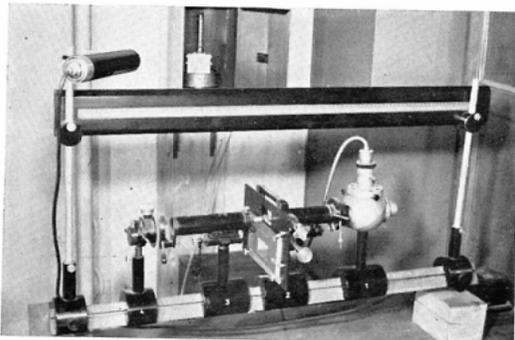
i) ボケの測定法

これについては従来から多くの方法があるが¹⁰⁾ 12)本実験では前記の如くX線像の辺縁部の黒化度の移行の距離とした。即ちX線像の辺縁部の黒化度を以下に示す如き方法により測定して一つの曲線をつくりその上下の水平部間の距離をボケとし

第2図 ボケの測り方

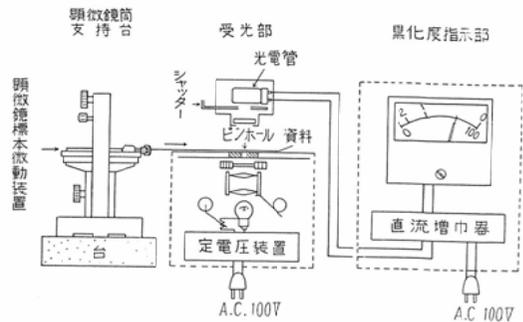


第3図 ミクロフォトメーター (カール・ツアイス社製)

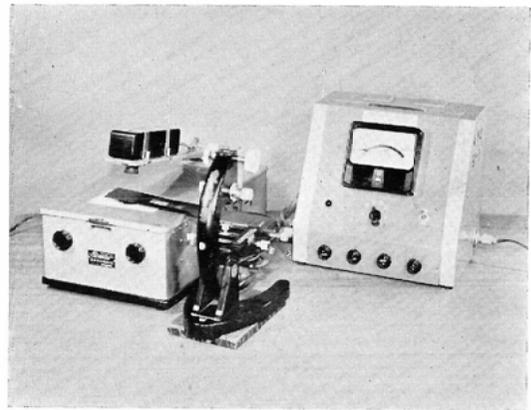


て表わした (第2図). この方法は既にわが教室にて以前より採用し^{2, 3}の報告^{10) 14)}もある. 測定装置としてはミクロフォトメーター (ツアイス製), 光電式濃度計等を用いた. ミクロフォトメーター

第4図 光電式濃度計 (東京光電研究所製)

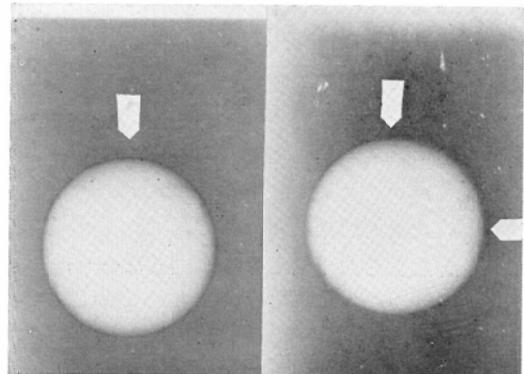


第5図 ミクロフォトメーター (東京光電研究所製の濃度計を利用)



第6図 ビンボン球のX線写真

i) 直接 (静止) 撮影 ii) 断層撮影焦点移動方向 ↑ (下上)



(第3図) によればフィルムの移動は 1μ 迄は可能であるが実際には $10\mu \sim 100\mu$ 毎の測定で充分であつた. 併しこの方法では測定値の補正操作が

必要である。光電式濃度計（東京光電研究所製）では微小なる部分の黒化度を直読式に得られる便があるがフィルムの移動装置がない。前記の実験でフィルムの移動が 100 μ 毎でよい点から本器に顕微鏡の標本微動装置を併用したところ十分に目的を達し得ることがわかったので本実験の後半は専らこの方式を使用した（第4, 5図）。

鉛板等を撮影せる場合と異り実際の X線像殊に断層像に於てはその辺縁の黒化曲線のみからでは却つてその変動が細微でありすぎて時にはその形状からは上, 下の水平域を決定し難い場合もあるが, かくる際には曲線の形状そのものを相互に比較することにより一つの傾向を推定し得る。

実験に使用した断層撮影装置としては主としてブラニグラフ方式を用いたが時にはトモグラフ方式のものでも撮影を行った。これ等については予め3点法等により焦点の移動の精度については検査済みのものである。断層撮影の目的が成就されるためには焦点, フィルム等の移動が互いに正確に行われることが不可欠であるが時には装置のガタつきのためにこれが不正確となり, このため「断面像」にボケを来すことがある。上記の3点法はこの点を確めるためである。

ii) 模型による実験

（水中のピンポン球の「断面像」のボケ）

対象を簡略化するため又空洞等に模するため水を充したビーカーの中の一定の深さにピンポンの球を固定してブラニグラフ装置によりその中央部を断層撮影した。この際その位置に於ける直接（静止）撮影も行った（第6図 i, ii）。

このようにして得た2つのピンポン球の像の辺縁部について i) 静止せるもの, ii) 断層撮影せるものの焦点移動方向の辺縁部, iii) 同じく直角方向の辺縁部の3者につき前記の如き方法によりそのボケの測定を行った。この場合ピンポン球像の壁の厚さ及びその外径についても併せて計測した。

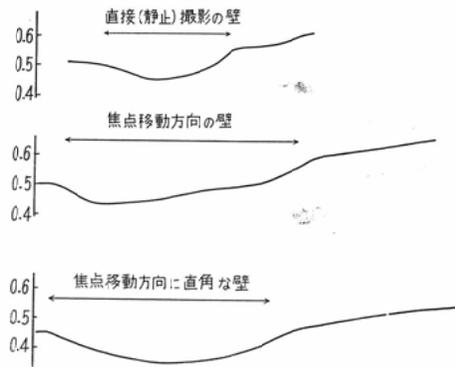
結果：

結果は第1表の如く同一条件にて直接（静止）撮影せるものに比し断層撮影の場合には移動方向に於て明らかに外径は増加しておりボケ像の附加

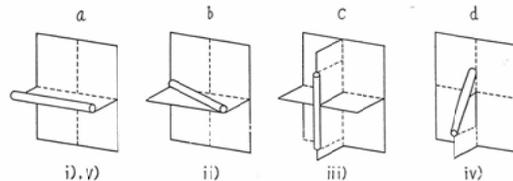
第1表 運動方向とボケとの関係
（ピンポン球）

	辺縁曲線の變動 (第7図より)	写真上のピンポン球の径 (mm)
直接(静止)撮影	+	40.2
断層撮影 (焦点移動方向) (同上に対する) (直角な方向)	卍	41.5
	卍	40.9

第7図 空洞壁像の鮮鋭度の測定

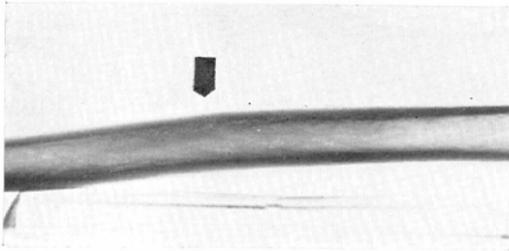


第8図 骨標本の断層撮影に於ける骨の位置模型
（桡骨）ブラニグラフ装置による（焦点の移動は下〜上）

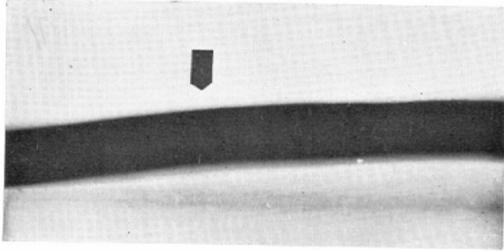


が考えられる。直角方向に於ても軽度の増加が認められるが移動方向程著明ではない。又壁のボケの数値について検査の結果を図示すると第7図の如くで曲線の形からボケの数値を計測することは困難であるが曲線の形状のみについても静止せる場合には, その辺縁の輪廓の変化は比較的小範囲に止まるに反し断層撮影を行った場合ははるかに広範囲の変動が認められる。然してこの場合にも焦点移動方向に於ける辺縁曲線の変動は一層広範囲である。即ち断層撮影の場合は静止撮影に比し壁の中も著明に大になつてゐることが知られる。理論上から考えればこの場合直角方向の壁の

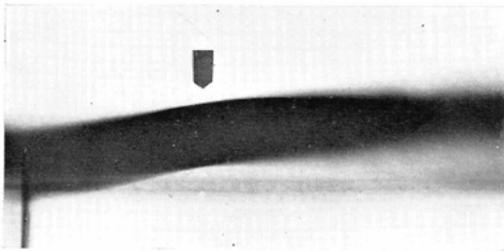
第9図 骨(橈骨)のX線写真
v) 第8図の a 直接(静止)撮影



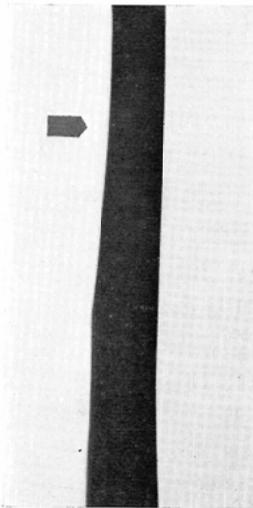
i) 断層撮影第8図の a



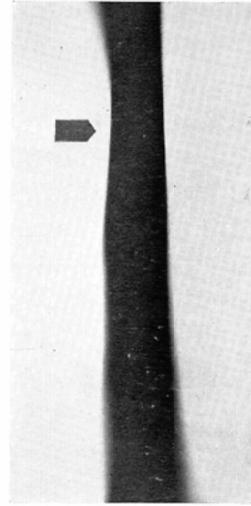
ii) 同第8図の b



iii) 同. 第8図の c



iv) 同. 第8図の d



第2表 運動方向とボケとの関係
(骨—橈骨)

	辺縁のボケ (mm)	写真上の骨の径 (mm)
I) フィルムに平行 管球移動方向	3.2	21.0
II) フィルムに斜め 同 上	2.1	18.6
III) フィルムに平行 同上に対する直角な方向	1.6	19.1
IV) フィルムに斜め 同 上	1.7	19.1
V) 直接(静止)撮影	1.6	18.2

厚さは静止の場合とあまり変らぬと考えられるが本実験の結果は相当のひらきが認められている。これは我々の用いたブラニグラフ装置の焦点の移動が直線的でなく多少S字状を呈するためとも思われる。

iii) 骨標本(橈骨)による実験

次に実際に骨を用いて焦点の移動方向と影像の辺縁部のボケとの関係を検討した。これは後にも述べる如く実際の断層像のボケを計測する場合にその対象となし得るものが結局は骨の辺縁による以外には確実なるものが求め得ぬ点から予かじめ骨についての考察を行つたのである。試験体としては取敢えず人体の橈骨を選びこれを次の種々なる位置に置いて断層撮影を行い「断面像」の辺縁

のボケ及びボケを含めた断面の巾を計測した(第8図). 撮影に於ける骨標本の位置については, i) 骨標本をフィルムに平行で焦点の移動方向に対しその長軸を直角とした場合(ブラニグラフを使用し長軸は水平となる(第8図 a), ii) i)と同様にして骨の長軸がフィルムに対し約45度の角度とせる場合(第8図 b), iii) 骨の長軸が焦点の移動方向に対してもフィルムに対しても平行の場合(ブラニグラフ使用にて長軸は垂直)(第8図 c), iv) iii)と同じでフィルムに長軸が45度に傾く場合(第8図 d), V) この他 i) の位置で普通撮影も行った(第8図a)(第9図). 以上の5通りについて夫々一定の位置を選んでそのX線像の辺縁部のボケの程度を計測したものが第2表で直接静止撮影の場合にはボケは勿論最も小であり骨の横径方向に焦点を移動せしめた場合 i) は最も大なる辺縁のボケ像が現われる. 長軸方向に移動せしめた場合iii) はほぼ静止の場合と同じでありフィルムに対し横軸方向及び縦軸方向が傾斜せる場合 ii), iv) はこれよりやゝ大なる数値が示されている. これらのボケを含めた骨の横径の全般についての計測値もやはり第2表に示してある. 以上の点から考えると直接静止の場合に比較的鮮鋭な影像を呈する骨の如きものもその「断面像」については対象の置かれた状態と焦点の移動方向によってはその辺縁の像は相当強度のボケを伴っていることが分る. 上記のピンポン球の場合に於ける如く対象が一平面でなくある容積をもつ場合は焦点の移動方向に於ける像の辺縁にはその断面上下のボケ像が附随するためにその側に於て最も大なるボケの値を示すことになる. 本実験の場合にはこの様なことは i) の場合に明かに認められ ii) の場合に多少この傾向が示されているが iii), iv) の如く長軸方向が移動方向と一致した場合にはフィルムの大きさの関係上その側の辺縁は写し出されず前後のボケ像は單にX線像の内部を障害するのみの結果となり辺縁部には現われていない. かゝる場合に夫々の「断面像」を精査しても静止像に於ける如き微細なる骨梁等の影像はこれを認める事が出来ない. 即ちこれは前後のボケ像によ

り障害せられた結果である. これ等の点から考えると日常の断層写真に於ける鮮鋭度を客観的に精査せんとする場合その対象として肋骨等を選んだとしても焦点移動方向とフィルムに対するその肋骨の形状, 位置等により如何に正確なる断層撮影操作を行うとしてもその辺縁部のボケ像の附随を除外することは困難であり又「断面像」等に於ける細部の骨梁等を識別せんとすることもむしろ不合理に属することが知られるのである.

(2) 焦点の移動角度と「断面像」のボケ

断層撮影の場合焦点の移動の角度は常に注目せられる問題で前記の如く断面上下のボケ像は移動角度が大なる程大となる理であり従つてもし一定のボケの値迄を許容するならば角度の大なる程所謂薄くきれることになり効果ある「断面像」が得られると言われている. 然し増感紙を用いる場合には角度の大なる程斜めにこれに投影する因子も大となりこの点から「断面像」そのものにも新たなボケが加わることにもなる. 前記の如く対象が相当なる容積を持つ場合には上記の様なボケ像はやはり断面像の辺縁に附加せられて「断面像」そのもののボケとしても認められることになろう. 実際はどの様になつているか. 次に2, 3の実験を行った.

i) 針金模型による実験

方法

針金にて肺血管を模したる模型を用いて直接静止撮影及び同様の条件に於ける断層撮影を夫々30度, 60度, 90度について行いその「断面像」に現われた一定の最も鮮鋭と思われ然も焦点, 移動方向と平行に位置しない部分の辺縁のボケを直接撮影の場合と比較して検討した.

結果

第3表がその結果である. その実際の写真が第10図である. これによると直接撮影は最もボケが少く角度の増加に伴いボケは大となつている. 即ち直接(静止)撮影の場合にはその辺縁のボケは0.6mmであつたが30度の場合には0.8mmとなり60度で1.5mm90度で1.7mmの数値が得られた. 然してこの場合半影を含めた針金の幅を計測すると静止

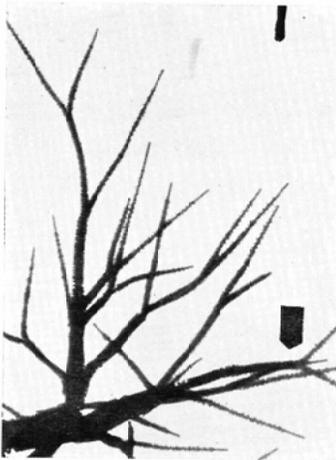
第3表 焦点移動角度とボケ
(肺血管針金模型)
焦点の大きさ 3mm

	辺縁のボケ (mm)	血管(針金)の幅 (mm)
直接(静止)撮影	0.0	2.65
断層撮影 30°	0.8	2.75
同 上 60°	1.5	2.80
同 上 90°	1.7	3.20

第4表 焦点移動角度とボケ
(胸部断層, 背面より 5.5cm)
焦点の大きさ 3mm

	断層撮影	角度	辺縁のボケ (mm)
	断層撮影	30°	0.9
	同 上	60°	1.3
	同 上	90°	1.6

第10図 肺血管(針金模型)のX線写真(焦点の大きさ 3.0mm) 直接(静止)撮影 a



断層撮影 30° b



像にて2.65mm, 断層像では夫々2.75, 2.8, 3.2mmとなりやはり対象がある容積をもつ場合焦点の移動方向に或る角度を有する場合には然もそれがたとえ本例の如くその厚さが2.65mmの如き小なる場合でもその断面以外の前後のボケ像の附加によりその辺縁には相当のボケが附加されることがわかる。

ii) 人体胸部断層像による比較

断層撮影 60° c



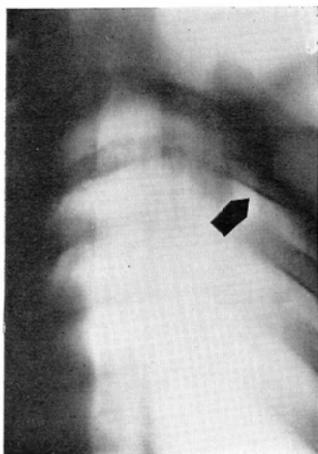
断層撮影 90° d



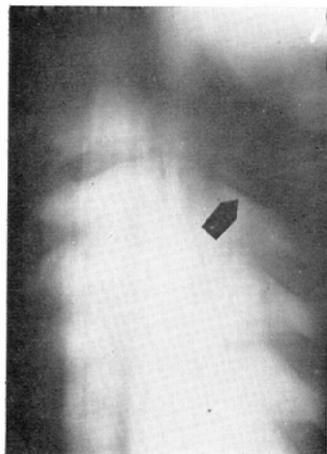
第11図 人体胸部断層写真(正面像) 焦点の大きさ
3mm同一人背面より 5.5cm 30°



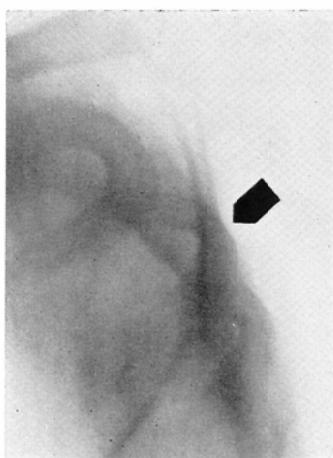
同上 60°



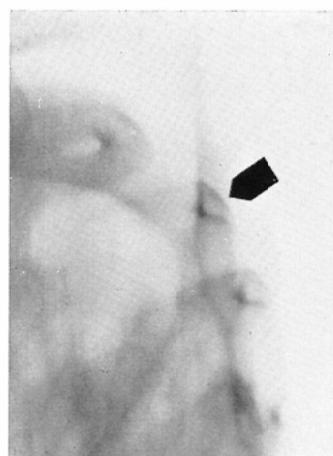
同上 90°



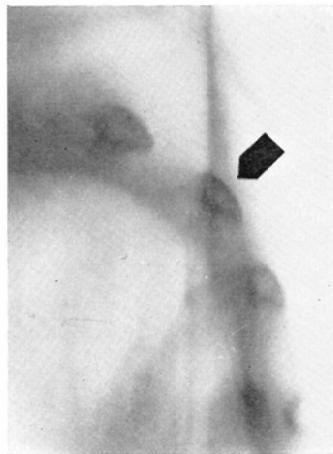
第12図 人体胸部断層写真(側面像) 焦点の大きさ
3mm 同一人, 30° a



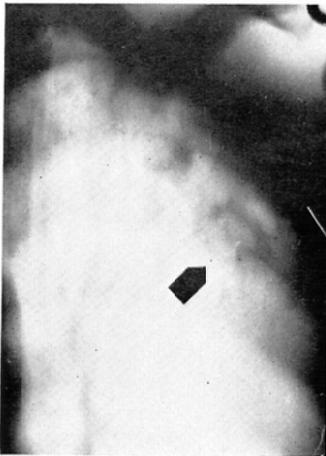
60° b



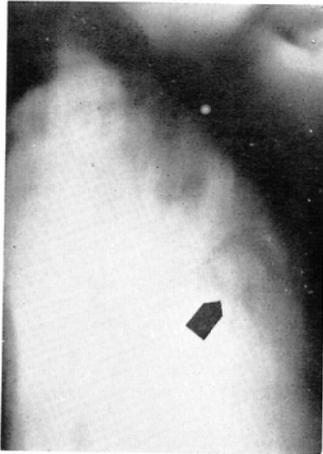
90° c



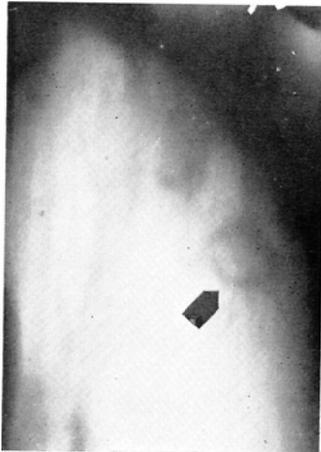
第13図 人体胸部断層写真(空洞像)焦点の大きさ5mm
30° a



60° b



90° c



第5表 焦点移動角度とボケ
(胸部側面断層肋骨彎曲部)
焦点の大きさ 3mm

		辺縁のボケ (mm)
断層撮影	30°	1.1
同 上	60°	1.9
同 上	90°	2.3

第6表 焦点移動角度とボケ
(胸部断層空洞壁像の厚さと空洞の大きさ)
焦点の大きさ 3mm

		空洞壁の厚さ (mm)	空洞の大きさ (mm)
断層撮影	30°	3.9	13.3
同 上	60°	4.7	13.3
同 上	90°	7.2	13.3

(a) 正面像 (第11図)

次に種々なる焦点移動角度において撮影した同一人の同じ深さに於ける断層写真について同一肋骨の「断面像」の辺縁を測定したものが第4表である。この場合にはやはり前記と同様な傾向が認められている。然してこれ等の肋骨について精査した場合にも骨梁等はこれを認めることが出来ない。これ等3者の写真については角度の大なる方が表に於ける如く肋骨の辺縁に於けるボケは大であるが、写真全体とすればその周囲の陰影はより均等度を増すために複雑性を失つて主観的には肋骨の「断面像」のみが浮き上がり一見他の場合に比しより鮮鋭の感を与えるものであるが實際の測定値はやはり「断面像」そのものゝボケは強い。

(b) 側面像に於ける肋骨影

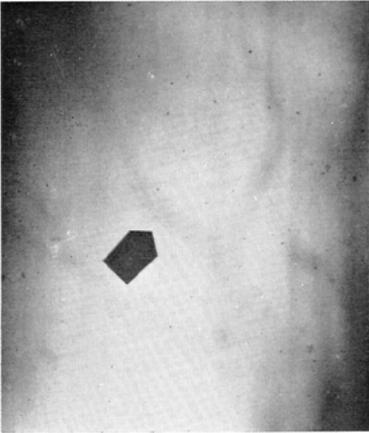
結果は第5表、第12図の如くでやはり同様の傾向が認められている。この場合にも角度大となれば断面以外の周囲の像の消失及び均等化が著明となり、このため「断面像」が浮び上つて主観的に鮮鋭の感を与えている。又移動角度が大となれば肋骨の「断面像」の形も漸次変つて来ていわば薄く切れていることが示される。併し「断面像」の辺縁そのものゝボケはやはり増加している。

(c) 空洞像についての測定

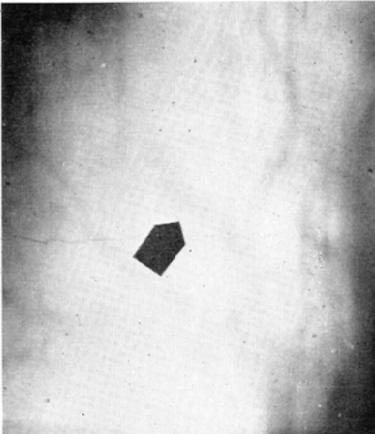
断層撮影の対象として最も重要なものは勿論空洞である。そこでこれについても測定を行った。同一人の同一の深さにつき同じ装置で焦点の移動角度30度、60度、90度と変化せしめて撮影した「断面像」のうちに明かに空洞の認められる例（第13図）について空洞像の辺縁等を同様に検査した結果は肉眼的には明かに空洞及びその辺縁を認め壁の厚さ、空洞内腔の大きさ等は第6表の如く、これを計測することが出来た。壁の厚さのみにつ

いて言えば焦点移動角度の大なる程厚くなっていることが示されるにかゝらず空洞内腔の大きさは殆んど同一の数値が示されている。併し辺縁については計測値が甚だ変動が少くボケの数値として比較し得る事が困難でこの点はピンポン球の場合と同様な結果であつた。この様なことは「断面像」のうちに現われる血管影等によつて互いに比較する場合にもやはり経験された（第14図 a, b）。即ち肉眼的には充分認め得る影像即ちコントラストもその極めて一部分のみを微光度計の如きものにより計測する場合には却つてその変動を認め難くすることも考慮すべきである。即ち「断面像」の鮮鋭度を客観的に考察せんとする場合にはこれ等の対象は余り適當のものとは云えぬのである。

第14図 人体胸部断層写真(肺血管)
焦点 1.5mm a



焦点 3.0mm b



(3) 焦点の大きさの断層像に及ぼす影響

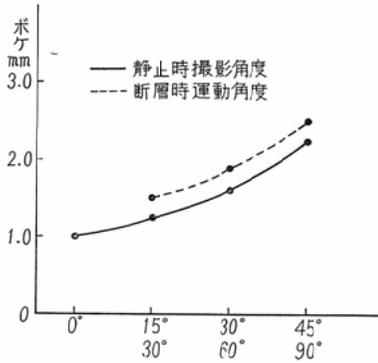
前記の如く断層撮影の場合には断面以外の上下の部のボケ像は断面に重複附加されて断面の辺縁にボケを生ずるのであるがこれによる辺縁部の鮮鋭度の低下は、1)焦点移動の方向に当る部分に最も強く、2)これと直角方向に当る部分には少ない。焦点の大きさによる幾何学的のボケが「断面像」の鮮鋭度に影響するや否やを論ずる場合にはもともと断面像がその上下のボケによつて成立する関係から言えば上記の1)即ちボケの強い部分に対して実際にどの位影響を与えるか第一に問題でこれこそ本論文の目標としているところであるが一方單に断層操作が焦点による幾何学的のボケに如何に作用するかの問題も一応は注目する必要もある。この点から言えば2)の部分即ち断面の上下のボケが断面に重複しない部分についても検討する必要がある。この点について一応検査したのが以下の実験である。

i) 針金模型による実験

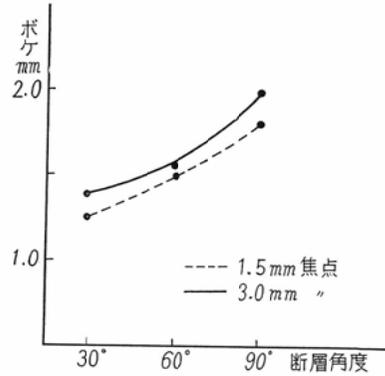
方法

径約5mmの針金を約45度に傾けて焦点の移動方向に対して針金の長軸方向が直角に交わる様に位置せしめる。1)先ず焦点を動かさず取枠に対する垂直線に対して0度(即ち真上から)更に15度、30度、45度の角度から投影する。装置としては

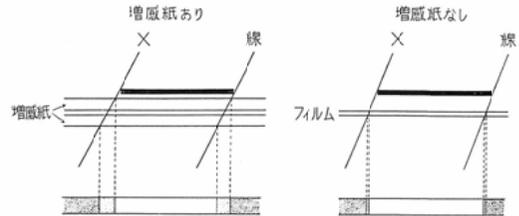
第15図 i 静止時と断層時のボケの比較 (焦点 1.5 mm増感紙 F S)



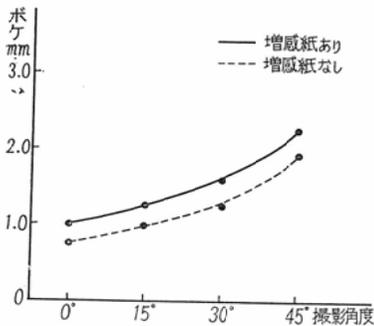
第15図 iv 焦点の大きさによるボケの比較



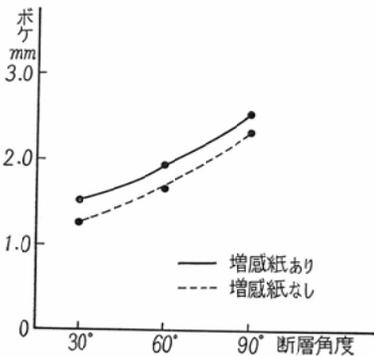
第 16 図



第15図 ii 増感紙によるボケ (静止時) (焦点 1.5 mm)



第15図 iii 増感紙によるボケ (断層時) (焦点 1.5 mm)



トモグラフ装置により焦点—フィルム間距離 130 cm, 焦点の大きさ 1.5mm, 針金の中央部とフィルム間距離20cmである。これ等の写真について針金像の中央部のボケを測定する。この様な操作を増感紙あり (+) の場合となし (-) の場合について行う。2)次に針金模型の位置をそのままとして30度, 60度, 90度の角度にて断層撮影を行いその断面中央両端部の最も鮮鋭と思われる部について測定を行う。3)次に焦点 3.0mmのX線管にとりかえて他の条件を同じにして同様に断層撮影を行いその断層像について測定した。

結果

以上の結果を比較したものが第15図である。静止せる場合の15度, 30度, 45度の結果は断層撮影せる場合の夫々30度, 60度, 90度に相当するとも考えられるので夫々互いに比較も試みた (第15図の i). 即ち, 1)単に種々なる角度で投影せる場合には角度の大なる程辺縁のボケは大となる。2)増感紙あり (+) となし (-) とでは勿論 (+) の方がボケは大きいが増感紙なしでも角度によつて

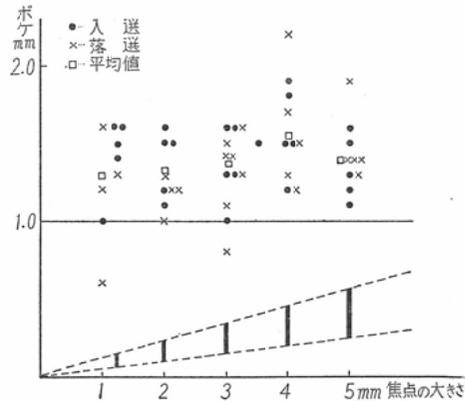
ボケの大となる傾向は認められる(第15図のii). これはX線フィルムが両面に感光膜を有するためもある(第16図). 2)同様な焦点移動角度で断層撮影せる場合についてのボケの測定法についてはやはり角度の大なる程「断面像」のボケは大となる(第15図のiii). 然してこれ等のボケは静止せるそれに相当する角度のものよりも大なる数値を示している. 即ち断層撮影操作により単に斜めに増感紙に投影する因子以上のボケが附加されることになる. 3)焦点の大きさ3mmのものと1.5mmのものについては角度によるボケの増大の傾向は同様であるが3mmの方が1.5mmのものよりもボケの値は大となっている(第15図のiv). 即ち「断面像」の辺縁にその上下のボケ像の重複がない場合にはその部のみについて言えば焦点の大小による影響は現われ得るのである. 併しこの場合に於てすら図に示される如くその差異は夫程著明ではない.

ii) 種々なる焦点にて撮影せる人体胸部断層写真についての比較

前記の角度の実験に於ては同一人に対し同じ装置を用いて角度のみを変化せしめつゝ撮影することは比較的容易であるが同じ装置にて焦点の大きさを種々に変化せしめて撮影することは実際上なかなか困難である. 従つてこの場合は種々なる焦点をもつ異つた装置により撮影せられた多くの臨床的断層写真を集積してその同様なる対象例えば背部の第四肋骨の辺縁のボケを測定しその測定値から焦点の大きさと断層像の客観的鮮鋭度の問題を考察することにした. 即ちこの場合には前記の場合と異り「断面像」の辺縁にその上下のボケ像の附加が予想せられる部位についてであり, 日常最も問題になる断層像の一般的の基準についてである. 検査の資料としては某フィルム会社のコンテストに応募せるものの中から約50枚の断層写真を選んだ. これ等のフィルムは多くの専門家により審査されたものであるがうち25枚は入選他の25枚は落選と決められている. 勿論審査の基準として鮮鋭度の他位置, 姿勢, 方向, コントラスト, 現像処理などが挙げられるが, 鮮鋭度は入落を決める重大なる要素の一つになっている. 焦点につ

いてしらべてみると, 使用せる焦点は1.0mmから5mmまで種々なるものが含まれている.

第17図 焦点の大きさとボケ(コンテスト応募フィルムより)



測定結果

これ等につき前記の如くほぼ同様な対象を選んで測定を行つた結果は第17図の如くで夫々の焦点に於ける測定値は相当に分散が認められるがそのボケは大体に於て1.0mm以上2.0mm以内であり焦点の大小による変化は殆んどこれを認めることが出来ない. これ等の装置においては焦点フィルム間距離もその各々によつて多少の相違があるがその範囲は90cm~200cmの間である. 試みに対象物断面の位置をフィルムより10cmと假定しその幾何学的ボケを各焦点について計算したものが図の下部に示されているが実際の測定値はこれより相当大なる数値でありその平均値を考えれば0.8~1.2mmの開きが認められる. 何れにしても焦点の大小は実際の断層像に於けるボケの大きさに対し予想された程の差異を現わしていないことは明らかである.

III 考案

以上の結果を総括すると断層像とは被写体の断層中心に相当するある面に於ける像のみをフィルム上に固定しその上下の部分フィルム上にボカスことによりその断面の像をはつきり現わすのが目的であるが対象が点或いはフィルムに平行な平面等でなく, ある容積をもつ場合には断面の上下

に於ける部分のボケが「断面像」に重複してその辺縁にも相当度のボケを附加することが考えられる。かゝる場合に焦点の大小等の幾何学的関係が果してどの位の効果を現わし得るかは一応検討する必要がある。即ちボケは「つきもの」の断面像を論ずる場合に焦点の大小の如き問題が果して重要なりや否やの問題である。上記の結果によれば実験的にも容積を持った対象の断面像の辺縁には明らかにボケが附加されているがこれは焦点移動方向即ち断面上下のボケ像の附加重複される側の辺縁に強く現われそれに直角の辺縁に於ては比較的少い。これ等の点は種々の模型実験に於ても実際の骨標本に於ても明らかに認められた。次に良好なる「断面像」を得るため重要なりと考えられる焦点移動の角度と「断面像」辺縁のボケについて検討した結果は角度の大なる程ボケ像は却つて大なることが示された。この点は以前より注目されていたことでこのためにこそ一定の辺縁のボケの数值を基準とすれば「断面像」は所謂薄く切れる理となるがかゝる場合実際の断層像を観察すると一見角度の大なる方がボケが少く鮮鋭に認められるが事實はその辺縁のボケは角度の大なる程大となつている。たゞこの場合対象「断面像」の周囲が複雑性を失い均等化することが主観的に像そのもの、ボケを少く感じせしめる原因である。焦点の大小は断面像辺縁のボケに対してはあまり有効ではない。然し従来より「断面像」を論ずる場合には必ずと言ってよい程に焦点の大きさが重視せられている。これは普通直接撮影の場合と異り断層撮影の場合には被写体フィルム間距離は比較的大であり焦点被写体距離は一般の場合より小なる場合が多いための幾何学的ボケを小にするためには焦点の大きさが最も有効であろうとの考えに基くためであろう。然しその様な「断面像」を評価する場合多くはその判定はむしろ主観的であり客観的に実際の断層写真上にそのボケを比較検討した場合は殆んど報告されていない。前記の我々の実測した第16図の結果を一覧するも「断面像」のボケに対する焦点の大きさはそれ程重要な要因とは言い得ぬのである。第17図に於て写真の良否

即ちコンテストの入選(○印)、落選(×印)を比較するも両者の間にそのボケの程度には殆んど差異は認められていない。試みにコンテストに応募せる胸部写真、胃部写真及び断層写真について小焦点(3.0mm以下)の使用が入選、落選に影響した割合を検査すると胸部は入選1に対し落選0.55~0.64、胃部は入選1に対し落選0.52~0.60なるに対し断層像に於ては入選1に対し落選0.73~0.85の数值が得られ小焦点が前2者程入選に影響していない事も知られるのである。又これ等コンテストに入選せる優秀なる断層写真を観察してもその「断面像」に相当する肋骨の影像の内部に骨梁を明かに識別し得る場合は極めて稀である。最近も骨の断層撮影に関する論文が発表せられているがその内容を検討するもやはり骨梁の識別は困難である。これ等の点は前記の如くその対象の「断面像」の上下に於けるボケ像が「断面像」に重複しその鮮鋭度を障害する点から考えれば当然である。かゝる点より考察するも小焦点の効果は断層撮影に於てはそれ程の影響を及ぼし得るものとは考え得られぬのである。近頃シーメンスユニバーサルプラングラフによる「断面像」が優れていることは一般に認められているが、たまたまこの装置が小焦点のX線管を装備するためその写真の優れた点を直ちに小焦点に關聯せしめんとする傾きも多いが本装置が焦点以外の幾何学的関係も良好である他にその焦点の移動が極めて円滑に而も精確に行われる点を見逃すことは出来ない。前記のコンテストに於ても本装置を用いたものは殆んど100%入選せるに反し所謂簡単トモと称して管球移動にガタつきの大なる装置はたとえ小焦点を装備せる場合でも全部落選して居ることもこの間の事情を説明するに足るであろう。

IV 総括

- 1) X線像の辺縁部の黒化度の移行の距離を測定してこれをボケと考えた。
- 2) この方法により「断面像」の辺縁のボケを実験的に又実際の断層写真について実測した。
- 3) 「断面像」の辺縁にはボケはつきものである。

4) 「断面像」がはつきり現われることとその辺縁のボケとは別の点から考えるべきである。

5) 焦点の縮少は実際の「断面像」の鮮鋭度の改善には思つた程の効果を發揮せずそれ程重要な要素とは考えられない。

稿を終るに臨み終始御懇篤なる御指導御校閲を賜つた足立忠教授、研究の御指導を賜つた菊地厚博士、並びに鎌田力三郎博士、実験の進行に大なる援助を与えられた放射線科、写真室の技師諸兄に深甚なる謝意を表します。

文 献

- 1) 江藤秀雄：放射線医学（基礎篇）。—2) 足立忠：放射線医学（臨床篇）。—3) 御園生圭輔，宮川正他：X線診断学。—4) A. Bouwer, W.J. Oesterkamp: Die Unschärfe einer Roentgen aufnahme. *Fortschritt a.d. Gebiete d. Röntgenst.*, 54, 1936. —5) F. Weber, O. Brezina: *Fortschritt a. d. Gebiete d. Röntgenst. Bd. 34.* —6) M. Pöschl: *Untersuchungen über das tomographische Bild. Fortschritt a. d. Gebiete d. Röntgenst., Bd. 62.* —7) 江藤秀雄，足立忠他：エックス線像に関する2, 3の考察（Ⅰ）像の識別，（Ⅱ）陰影の現出。日本医放会誌，8巻1号，昭和23年10月 —8) 江藤秀雄，足立忠他：エックス線像に関する2, 3の考察（3）エックス線写真の黒化，日本医放会誌，9巻1号，昭和24年4月。—9) 足立忠他：骨エックス線像における現出度に就て，日本医放会誌，9巻2号，昭和24年6月。—10) 藤本慶治：X線間接撮影装置を構成する要素の単分解能値とその総合分解能値との関係につて。日本医放会誌，12巻2号，昭和27年5月。—11) 江藤秀雄：解像力に関する考察（1）日本医放会誌，12巻8号，昭和27年11月。—12) 江藤秀雄：解像力に関する考察（Ⅱ），（Ⅲ）日本医放会誌，12巻9号，昭和27年12月。—13) 足立忠，村山昭信：増感紙の鮮鋭度に関する一考察，日本医放会誌，14巻6号，昭和29年9月。—14) 足立忠，村山昭信，賀川興夫，那須昭夫：胸部エックス線写真の鮮鋭度に就いて。日本医放会誌，14巻10号，昭和30年1月。—15) 小野庸：レントゲン線の入射角と像のボケに就いて。日本医放会誌，16巻11号，昭和32年2月。—16) 大島敏美，笠井忠文：骨の断面撮影に関する研究，日本医放会誌，昭和34年8月。—17) 足立忠：胸の写真。—18) 写真と技術，4巻2月号X線コンテスト特集，1957，昭和33年2月富士フィルム。—19) 写真と技術特集，通巻42号，X線写真コンテスト特集号，昭和34年2月富士フィルム。—20) さくらX-レイ写真研究18，Xレイ写真コンテスト特集号，昭和33年2月。—21) さくらX-レイ写真研究，21，昭和34年3月。—22) 高橋信次：日本放射線技術学会雑誌，特輯3号，断層撮影法，昭和33年6月。—23) 綱川高美：日本放射線技術学会雑誌，特輯3号，断層撮影法，昭和33年6月。—24) 西川邦夫：島津評論，5巻3，4号。—25) 西川邦夫：島津評論，6巻2号。—26) 滝沢達児：極光，3号。—27) 伊東乙正：断層撮影における暈像重複暈像及び核像に関する理論的研究（第1報）通信医学，第7巻第1号，昭和30年1月。—28) 伊東乙正：断層撮影に於ける暈像重複暈像及び核像に関する理論的研究（第2報）通信医学，第7巻2号，昭和30年2月。—29) 伊東乙正：断層撮影に於ける断層写真像の成り立ちに関する実験的研究，通信医学，第7巻6号，昭和30年6月。

On the Sharpness of the Tomographic Image.

(Effect of Focus-Area on the Margin of the Tomographic Images)

By

Hiroshi Watanabe

(Department of Radiology, School of Medicine, Tokyo Medical and Dental University.

Chief Prof. Dr. Tadashi ADACHI)

1) The fluctuations of photographic density at the margin of X-ray images are measured and distances between its upper and lower limits are defined as Unsharpness (blurring).

2) Such blurring are measured on the margin of tomographic images.

3) Tomographic images, so to speak, consisted of blurring of the other parts, have always considerable degree of blurring on their margins.

4) Focus-areas are not so effective for the sharpness of the tomographic images.