



Title	断面撮影法に関する基礎的考察
Author(s)	諏訪, 信吾
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1958, 17(11), p. 1257-1265
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18252
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

断面撮影法に關する基礎的考察

大阪日生病院放射線科
諏訪 信吾

(昭和32年7月19日受付)

第1 緒 言

第2 断面撮影の原理と方法

1. 断面撮影の原理
2. 断面撮影方式の種々相

第3 切断の厚さとボケの様相

1. 切断の厚さ
2. ボケの様相
 - イ. 直線移動の場合のボケ
 - ロ. 円移動の場合のボケ
 - ハ. 直線移動と円移動とのボケの得失

第4 黒化度、鮮鋭度、対照度、特性とその得失

1. 黒化度
2. 鮮鋭度
3. 対照度

第5 数層の断面を同時に撮影する方法

第6 斜め方向の断面を撮影する方法

第7 結 言

第8 参考文献

第1 緒 言

一般のX線写真では、各部の影像が重畳されて撮影されているから、身体の内部に調べたい部分があつても、他の部分の影像の陰になつたり、他の部分の影像と相混じりたりして、明瞭に正しく識別することが困難な場合が多い。

被射体内の所望平面の影像だけを、明瞭に引き出して寫し出そうとするのが、断面撮影の目的とするところである。

断面撮影方法には、いろいろな方式があるが、何れも所望断面以外の部分の影像は完全に抹消除去される譯でなく、ボケてうすく寫し出されており、その間に所望断面の影像のみを濃く明瞭に識別しようとするものである。

所望断面以外の影像のボケの様相は、人体内部

の組織の變化が、或る程度大きさ、縦深を持つてゐるため、その形状配置によつて、時として異様な形となつて寫ることがある。又ボケの形態は、断面撮影方式によつて、それぞれ独自の特性を持ち、ボケながらもその間に濃淡が有り、断面撮影寫真を精査する際には、本質的の断面撮影機能を辨えて、判断を誤らぬことが肝要である。

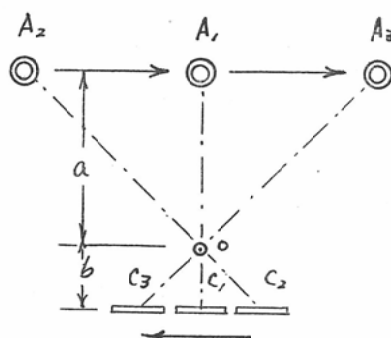
第2 断面撮影の原理と方法

1. 断面撮影の原理

断面撮影を行うためには、X線管(A)、基準回轉軸(即ち照準點)(O)、フィルム(C)の3者が、特定の相關運動を行いつつ撮影されることが要件であつて、この相關運動には、次の条件を必要とする。

イ. X線管焦點(A₁A₂A₃)照準點(O)と

第1圖



フィルム中心(C₁C₂C₃)は常に一直線上にあること。

ロ. 照準點(O) - X線管焦點(A)間の距離と、照準點(O) - フィルム中心(C)との距離の比が常に一定であること。

即ち第1圖において

$$\frac{O-A_1}{O-C_1} = \frac{O-A_2}{O-C_2} = \frac{O-A_3}{O-C_3} = \frac{b}{a}$$

であることが条件である。

以上の条件の下に移動しつつ、撮影すれば、照準点(O)によって約束された所望断面の影像だけが、抽出して寫し出されることになる。

(註) こゝに約束された断面と書いた意味は必ずしも照準点(O)を含む水平面とは限らないからである。フィルムの傾斜、配置等によつて、他の平面の断面撮影を行うことが出来る。この点については後に詳述する。

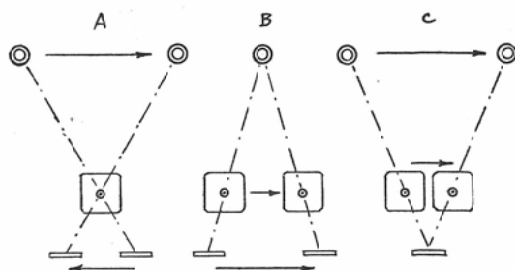
2. 断面撮影方式の種々相

前項で述べたように、断面撮影の目的を達するために、X線管照準点、フィルムの3者が相關運動条件の下に、移動しつつ撮影すればよい。前項の相關運動条件さえ満足すれば、移動させるものは、必ずしもX線管とフィルムだけに限ったことはない。又移動経路も必ずしも直線に限らない。従つていろいろな方式が生れてくる。

イ) 運動要素の種々相

X線管、被寫体、フィルムの中で任意の1つを固定し、他の2者を移動させる(第2圖)。

第 2 圖



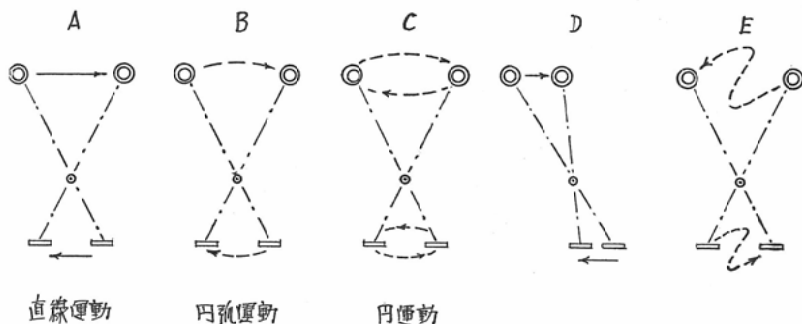
第2圖(A)は被寫体を固定し、X線管とフィルムとを移動させるもの、(B)はX線管を固定し、被寫体とフィルムを移動させるもの、(C)はフィルムを固定し、被寫体とX線管を移動させるもので、何れも照準点(O)を含む面の断面撮影を行うことができる。但し移動は前述の相關運動条件に合致することが要件である。

ロ) 運動経路の種々相

移動の経路は必ずしも直線状とは限らない。曲線でも圓でもジグザクでもかまわない。又前後左右對稱である必要もない。

第3圖(A)は直線状に移動するもの、(B)は圓弧状に移動するもの、(C)は圓周上に移動

第 3 圖



するもの、(D)は一側に偏して直線状に移動するもの、(E)はS字型経路をたどるもので、何れも照準点(O)を含む面の断面撮影を行うことができる。

移動の経路は必ずしもこゝに示す運動ばかりでなく、前述の相關条件さえ満足すれば、如何なる

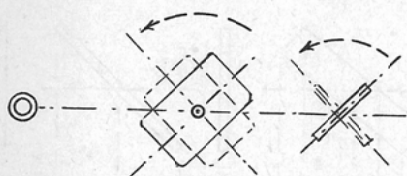
経路の運動でも差支えない。又第3回の各方法は第2圖の何れの場合にも適用することができる。

従つて、これ等を組合わすと、断面撮影の方法ともいろいろの方法が生れてくる。

ハ) 變形方法

以上は断面撮影の基本的な方式について述べた

第4図



のであるが、これ等を變形したものに次の方法がある。

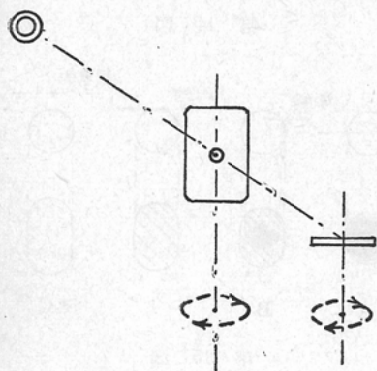
① 圆弧移動の變形方式 (第4圖)

第4圖は、X線管を固定し、被寫体をその位置で前後に俯仰させると同時に、これに追隨してフィルムを俯仰させるものである。この方法では断面撮影の特性は圆弧移動の場合と全く同一である。

② 圓移動の變形方式 (第5圖)

第5圖はX線管を固定し被寫体をその位置で回轉させると同時に、これに追隨してフィルムを回轉させるものである。この方法では断面撮影特性は圓移動の場合と全く同一である。

第5図



二) 輪切り断面撮影方式

断面撮影には、人体軸心に平行な断面を撮影するものばかりでなく、人体軸心に直角な断面を撮影(俗に輪切り撮影と呼ばれている)することもできる。

前述の断面撮影方式は何れもこれをそのまま、輪切り撮影に應用することができるが、X線管の移動経路、人体、フィルム等の相互の配置距離等

の關係が實用向でないものがあり、人体の直上直下を避け、人体の周圍を移動させる方法(第3圖C, 第5圖)或は人体の一侧に偏して移動させる方法(第3圖D)が實用的である。

第3 切斷の厚さとボケの様相

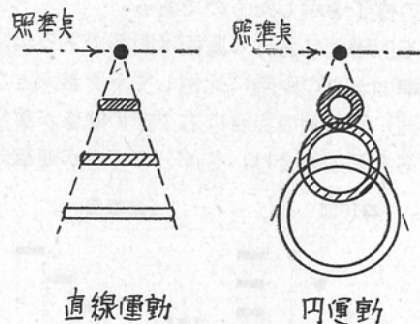
1. 切斷の厚さ

断面撮影性能を表わすのに「切斷の厚さ零耗」と云うのは適當でない。照準面(切斷面)から遠ざかるに従い、その部分の映像のボケが大きくなるのであつて(第6圖)、切斷の厚さは云わば常に零耗即ち平面である。

小さな圓形の物体について考えて見ると、照準面上にある場合は、原形通り濃く寫しだされるが、照準面から離れた位置になる場合は、その距離に比例して、擴がつて、黒化度もこれに従つて、うすくなり、ボケてしまう。

この照準面以外の部分のボケを大ならしめ、照準面の映像を明瞭に抽出するためには、相關運動

第6図

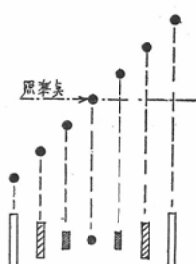


の實効移動量即ち移動角(圓運動の場合はフィルムへの入射角)を大ならしめることが望ましいが、反面において、相關運動にガタを生し易く、又後述する撮影距離、フィルム面へのX線入射角、映像の鮮鋭度等の關係から實用上いろいろ制限を受ける。

2. ボケの様相

照準面以外の部分のボケの様相は、移動経路の形に従う。即ち相關的に見て、直線状に移動するものは直線状に、又圓周状に移動するものは、圓周状にボケる(第6圖)。しかしながら、ボケの實

第7図



第8図



第9図



相は、被寫体内部の組織變化、その形状、長さ、配列の方向等によって著しく趣が異り、本影とボケが相混じて、時とし異様な映像を表わすことがある。

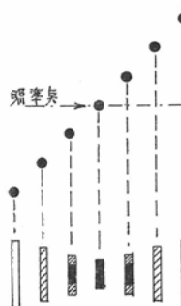
④ 直線移動の場合のボケ

直線移動の場合、照準面を外れて上下にある物体は、前述の如く、直線状にボケる。

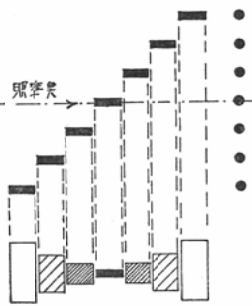
第7回は、小球が上下に斜めに配置された場合、第8回は小球が上下に一線の上に配置された場合、第9回は細長い線が上下の方向に置いた場合のボケの様子を示したものである。

何れも照準面における断面は圓形であるが、映像は照準面からの距離に比例してボケが大となる(第7図)。第8図の場合は右小球の映像が重畳され、又第9図の場合は、各部分のボケが連続的に

第10図



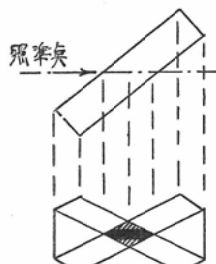
第11図



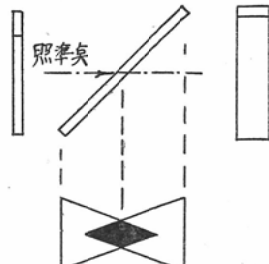
重畳されて、断面の圓形ははつきり映らない。

第10図は針金片を移動方向に平行に配置された場合、第11図は移動方向に直角に配置された場合のボケの様子を示したものである。前者においては少し位切断面から離れても、ボケの一部が重畳

第12図



第13図



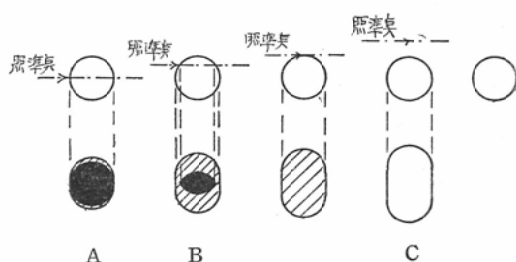
して異様な形となつて映るが、後者においては、切断面から離れると急速にボケてうすくなつてしまう。

第12図は、長方形の平板が斜めに立て置かれた場合、第13図は斜めに伏せて置かれた場合の映像を示したものである。

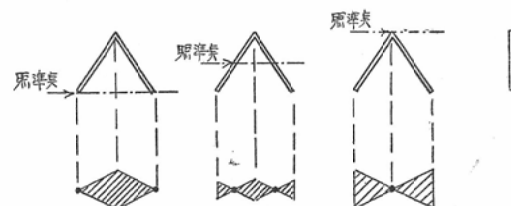
断面は何れも長方形であるに關らず本影とボケとが相混じて特異の映像となつて寫る。

第14圖は球に對するボケの様子を示したものである。(A)は球の中央を切つた場合で圓形の本影の兩側に若干のボケを伴う。(B)は球の上部を切つた場合、(C)は球から外れて上方で切つ

第14図



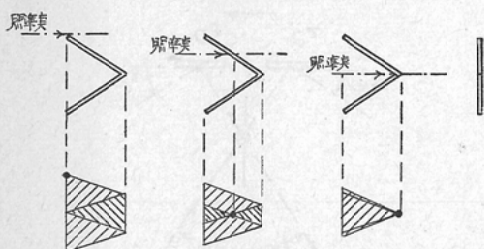
第15図



た場合で、何れも本影或はボケが相混じて映像は異様な形を表わす。

第15圖及び第16圖は、曲つた針金に對するボケ

第 16 図



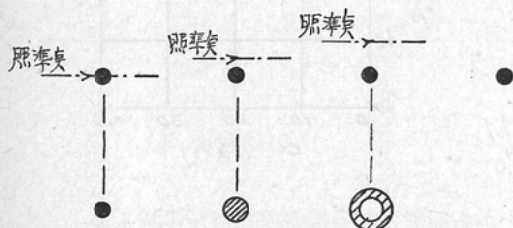
の様子を示したものである。断面は何れも小さい圓形であるが、その映像は異様で、配置の方向、切斷位置によって、形が異なる。

㊤ 圓移動の場合のボケ

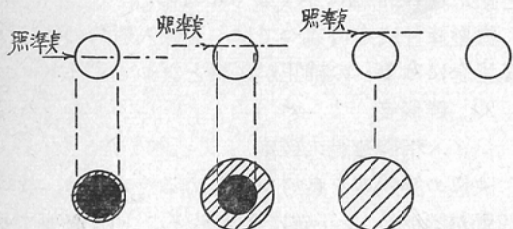
圓移動の場合、照準面を外れて、上下になる物体は前述の如く、圓狀にボケる。小球に対するボケの様子は第17圖の通りである。

第18圖は球に対するボケの様子を示したものである。物体の形状、縦深、配置等により、複雑且異様な映像を表わすであろうことは當然うなづかれるところである。

第 17 図



第 18 図



㊤ 直線移動と圓移動とのボケの得失

ボケの様子は、直線移動の場合には直線状であり、圓移動の場合は圓周状となる。従つてボケの長さは後者の方が r 倍となる。

しかしながら、物体の形状、大きさ、配置等について各種の場合を考えて見ると、必ずしも後の方が常にボケが大きく、容易に抹消されるものと斷定することはできない。

第4 黒化度、鮮鋭度、對照度特性とその得失

1. 黒化度

イ. 撮影距離

相關運動の徑路によつて、X線管と、フィルムの距離が絶えず變化するものがある。

(註) 第2圖のような場合は、何れもX線管の移動に伴いX線管、フィルム間の距離が變化する、中央では最も短く、兩端では長い第3圖Cのような場合、X線管フィルム間距離には變化がない。

フィルムに到達するX線の強さ(即ちフィルムの黒化度)は距離の二乗に逆比例する。従つてボケの黒化度にムラを生じ、映像が一様に抹消されない結果を生ずる。

又切斷面映像の黒化度は、瞬時瞬時の異つた黒化度が合併されたものとなるから、撮影條件決定に當つては、この點を考慮する必要がある。

第19圖に於て

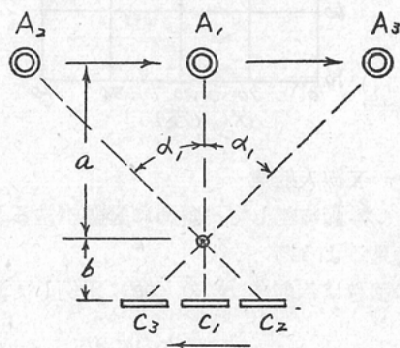
$a + b$: X線管フィルム間距離(中央位置に於ける)

α_1 : 移動角

とすれば、移動角 α_1 のときの撮影距離 $A_2 - C_2$ (或は $A_3 - C_3$) は

$$\frac{a+b}{\cos \alpha}$$

第 19 図



従つて移動角 α_1 のときの黒化度 S は

$$S^{\infty} \frac{1}{\left(\frac{a+b}{\cos \alpha}\right)^2} = \frac{1}{(a+b)^2} \cos^2 \alpha_1$$

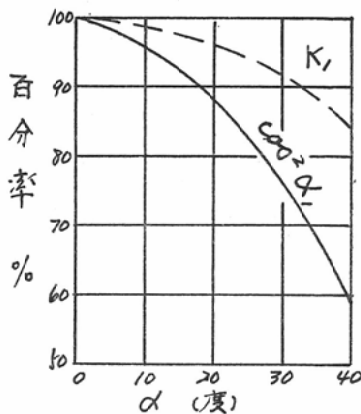
$a+b$ は一定であるから、移動間各時期における黒化度は $\cos^2 \alpha_1$ に比例する。これを計算して見ると表の通りである。即ち移動角 40° に達すれば、X線の強さは、中央直上から、照射される場合の約58%に減ずる。

角度 α に互り、各時期におけるX線量率を積算すると、第20図 K_1 曲線に示ようになる。

撮影条件決定に當つては、X線管、フィルム間の距離が變化する場合には K_1 の補正が必要となつてくる。

α (度)	$\cos \alpha$	$\cos^2 \alpha$
5	0.9962	0.993
10	0.9848	0.964
15	0.9659	0.934
20	0.9397	0.883
30	0.8660	0.749
40	0.7660	0.587

第 20 図



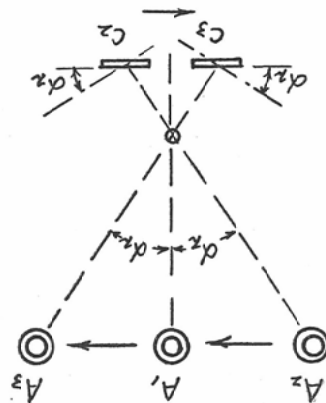
ロ. X線入射角

フィルム面に對して、斜めにX線が当たると、第21圖で見るように

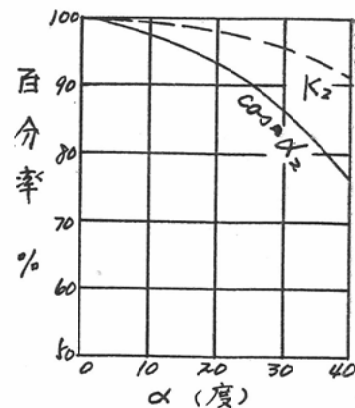
その強さは入射角 α_2 の $\cos$ に比例して減衰する。

これを計算して見ると表に示す通りである。即ち移動角 40° に達すれば、X線の強さは、中央直

第 21 図



第 22 図



上から照射される場合の約76%に減ずる。

角度 α に互り各時期におけるX線量も積算すると第22図 K_2 曲線に示ようになる。

撮影条件決定に當つては、X線入射角の變化する場合には K_2 の補正が必要となつてくる。

2. 鮮鋭度

イ. 相關運動の確度

映像の鮮鋭度を良好ならしめるためには、相關運動が機械的に正確に行われることが必要である。少しのガタも許されない。これがためには、運動経路の最も簡単なもの例えば、直線運動方式のもの等が製造工作上から見て好ましい。

ロ. 焦点半影によるボケ

映像の鮮鋭度を向上するため、X線管、被寫体

間距離を大ならしめること。被寫体、フィルム間距離を小ならしめることは焦點半影によるボケを減少せしめる効果がある。

斷層撮影においてX線管、被寫体間距離を大ならしめることは、装置の構造が厄介となり、又運動間にガタを生じ易く、自ら限度があり、又被寫体フィルム間距離は、相關運動を行わせる關係上、これを肩接せしめることは困難である。

何れにせよ、焦點半影による鮮鋭度の低下は、斷層撮影装置における宿命的のものであり、その対策としては銳焦點のX線管を使用することが最も望まれるところである。

ハ. X線入射角

フィルム面に對し斜めにX線が當ると、フィルム増感紙等に厚みがあるため、鮮鋭度が悪くなる。

X線は成るべくフィルム面に對して、直角に近く入射することが好ましく、圓運動方式では、X線の斜入に基因する鮮鋭度の低下を無視することはできない。

ニ. 撮影時間

鮮鋭度を高めるため、撮影時間を短縮することが望まれるが、斷面撮影のためには、移動若くは回轉しつつ撮影することが條件である關係上一般に、短時間撮影は不可能である。最小限度1秒乃至2秒程度のものである。特に被寫体である患者を動かす方式のものでは、時間の短縮は臨床的に困難で、且患者の動揺によるボケを伴い易く、鮮鋭度の低下をまぬがれない。

3. 對照度

イ. 散亂線の除去

散亂線を除去し、對照度を向上するため、ブレンデを使用することは有効な手段である。

直線運動、圓弧運動等では、ブレンデの使用は容易であるが、圓運動の場合は、これを使用するため、特殊の機構が採らなければならない。

X線が固定される方式では、リスホルムブレンデの使用が可能である。

同時多層撮影の場合は、各層にこれを使用することは困難である。斷層撮影においては、一般に

被寫体とフィルムとの間隔があるので、被寫体から生ずる二次散亂線は、その間の空氣層によつて減弱せられ、對照度は反つて向上する。

ロ. 被寫体内におけるX線の通過距離

相關運動間、被寫体内におけるX線の通過距離が變化する場合がある（例えば第2圖の場合）。

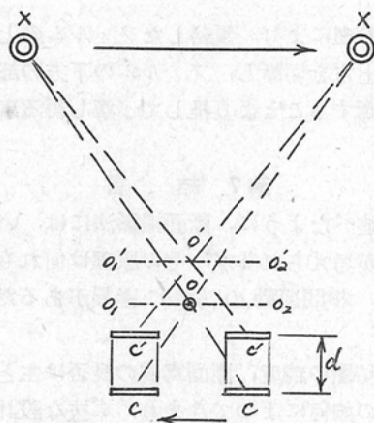
この場合には、移動角度 α に伴つて管電圧を高める必要がある。

第5 數層の斷面を同時に撮影する方法

第23圖のようにフィルムCの上方にdの間隔において更に一枚のフィルムC'を置き、前述の相關運動條件の下に斷面撮影を行うと、フィルムC上には照準點Oを含むO₁-O₂平面の斷面が抽出して、撮影されることは、既に述べた通りであるが、同時にフィルムC'にはO'を含むO'₁-O'₂'平面の斷面が抽出して撮影される。

このO₁-O₂切斷面とO'₁-O'₂'切斷面の間隔OO'は

第 23 圖



$$\frac{x \cdot o}{x \cdot c} = \frac{o \cdot o'}{d}$$

$$\therefore oo' = \frac{x \cdot o}{x \cdot c} \times d$$

即ちフィルムCとC'との間隔dに比例する。

よつて、數段に上下にフィルムを配置して斷面撮影を行えば、數層の斷面を同時に撮影することができる理である。

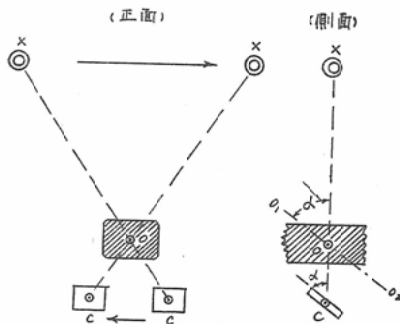
しかしながら、フィルム、取枠、増感紙等を通過する際、X線の強さが減弱されるから各層の寫

眞の黒化度を一樣ならしめ、又散亂線も除去して、鮮鋭度のよい寫眞を得るため、實際には、いろいろ問題が残る。

第6 斜め方向の断面を撮影する方法

第24図のように、フィルムCを傾けて(角度 α)、前述の相關運動條件の下に断面撮影を行うと、照準点Oを含むO₁-O₂(角度 α)の断面が抽出撮影される。

第 24 図



前項の理により、傾斜したフィルムの上方の部分は、上方を切断し、フィルムの方の部分は下方を切断することより推して了解し得る事柄である。

第7 結 言

以上述べたように、断面撮影法には、いろいろの方式が考えられるが、その原理は何れも相似たもので、相間運動の方法に差異があるだけである。

断面切断の精度、断面寫眞の良否は主として機構工作の如何によつてきまり、卓抜な設計と精密な工作に待つところが多い。

臨床上實用の適否、機械製作の難易等から現在製作し實用されている断面撮影装置は大体次の通りである。

1. 直線運動方式(第3圖A) 圓弧運動方式(第3圖B)のものは、一般に廣く、断面撮影装置に採用されている。

2. S型運動方式(第3圖E)のものには、シーメンス會社製ブラニグラフがある。

3. 俗にサーカストモグラフと呼ばれているものは、圓運動方式(第3圖C)のものである。

4. 回轉断面撮影法(第5圖)は、輪切り撮影装置に専ら用いられている。

5. 多層同時撮影法(第23圖)については最近特殊の組増感紙が製作され、注目を引くようになった。

尙お、興味ある方法として、流動撮影法並びに流動寫眞を一般断面寫眞に變換する装置が發表されているが、この方法は断面のみを撮影し、断面以外の映像は全く寫らない點に特徴がある。

又多角断面撮影方法として、任意方向の断面撮影を行うものが發表されているが、この方法は、水平連結桿と垂直連結桿とを巧みに組合せたところに創意の跡が認められる。

これを要するに人体の断面の状態を詳かにし、診療のための資料を得んとする努力は先覺者の工夫と創意によつて發展を遂げ、未開の境地を拓きつゝあるのであるが、更に新たな方式の出現を將來に期待して、本稿を終ることにする。

参考文献には実に多数の論文があるがこゝには省略し、未だ殆んど顧みられなかつた特許公報中より特に本論文に關係深いものを引用した。

稿を終るに臨み御助力を賜つた大日本レントゲン製作所研究部長丹羽勇氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 特許公報, 昭25—3059, 高橋(流動撮影). — 2) 特許公報昭26—3225, 高橋(回轉撮影). — 3) 特許公報, 26—4471, 中沢(俯仰撮影). — 4) 特許公報, 昭28—6678, 高橋(流動寫眞—一般寫眞). — 5) 特許公報, 昭31—1429, 丹羽(多角撮影). — 6) 極光, No. 11, 大谷, 滝沢(同時多層). — 7) 東芝資料, 最近刊のもの, ? (サーカストモ). — 8) 大日本レントゲン參考資料第8号(昭26, 8.). — 9) 大日本レントゲン參考資料第65号(昭30, 8.). — 10) 大日本レントゲン參考資料第5号(昭26, 5.).

The fundamental Studies of Tomography.

By

Shingo Suwa

Dept. of Radiology, The Nissei Hospital of Osaka.

The several possible methods of tomography were considered and their advantages and disadvantages were clarified fundamentally.

The summary was as follows:

1. There are various kinds of tomography considered according to the variety of the relative movement and the path of the movement of tube. These methods were compared one with another from the view of the practical use.

2. The aspects of the blurring in the other plane than the wanted plane to cut had each own characteristics specified by the path of the movement of tube, and could not be discussed generally. Sometimes, a very strange shape of the blurring was seen. Several examples of them were offered.

3. The characteristics of film density, definition and contrast was surveyed in the conventional tomography, the oblique tomography and simultaneous tomography etc..