

## X線廻転撮影と電算横断撮影

高橋 信次\*

### I. X線廻転撮影法と 電算横断撮影の技術的相関

電算横断撮影（コンピューター断層撮影，CCT）が開発紹介されてわずかな間にこの方法は放射線診断の分野に大きな反響を呼んでいる。この方法を用いると、在来のX線撮影では対比度がつかないために認知できなかった組織や病巣を診断できる特長があるからである。

X線管より発出する均質なX線は、人体組織を通過すると、その厚さ、密度に応じて吸収され、その強度が変わり、X線受容体の直前では均質でなくなっている。これを線コントラストといっている<sup>1)</sup>。線コントラストは人体組織のX線吸収度の差を忠実に反映している。すなわち、このX線の強度の差は1000または2000段階に区別できる。

ところが、受容体がX線フィルムであるときはこれを濃度の差として観察する。ところが視覚には識別の限界があるから、フィルムの濃度の差をこのように細かい差として認知できない。臨床的には精々20段階程度である。電算横断撮影では線コントラストの1000段階の差（これは散乱付加などのノイズの多少にもよるの<sup>2)</sup>）のうち、ある望むところだけの部分を視覚の識別の段階の20程度の濃度の差にすることができる。

しかし、在来の単純撮影を現在は電算横断撮影の技術では行わない。人体は三次元の構成をもっており、それをX線によって二次元のX線受容体に投影するため、像の重複がおこる。そのような複雑な線コントラストの一部のみを、ある濃淡のものにして表現すると、実像と虚像

とが併存し、正しいX線診断を妨げるという結果を来すからである。像重複を避けるためには二次元である断面の像をつくれればよい。体軸に平行な方向の正しい断面像を、電算横断撮影で直接につくるのは困難である。体軸に直角な像でなければならない。その理由は、横断面像でないとはほぼ均質なコントラストをつくることは困難だからである。

本邦では、この横断面のX線撮影については1948年以降廻転撮影法という名称で早くから深い経験がある。それはフィルムを用いて行ったのであるが、電算横断撮影も横断面の撮影を行っているとするれば、本邦のこの経験は今後のこの撮影法の発展になにか役に立つかもしれない。それでX線廻転撮影と電算横断撮影法とを対比しながら述べてみることにしよう。

人体横断面をX線的に知るための基本的なことは、体軸に直角な方向で、種々の角度よりフィルムに撮影し、その像を種々な方法にて再処理するということである。

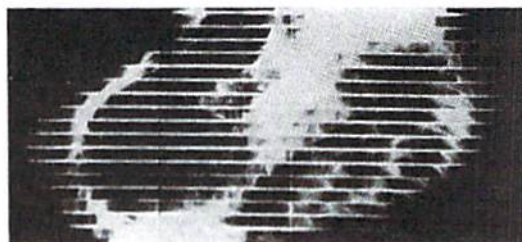
最も初めに行われたのは、X線管、人体を載せる廻転台およびX線に直面するようにしたX線フィルムをこの順に並べる。X線フィルムは水平なスリットのある鉛板の後ろにかくす。スリットには鉛直に鉛線をわたし、これを基準線という。

X線管焦点と廻転台の廻転軸と基準線とはある鉛直面に含まれるようにする。

廻転台を0°より180°に至る間、5°もしくは10°まわして、そのたびにX線露出を行ってフィルムを同期的に鉛板のかげで移動させる。

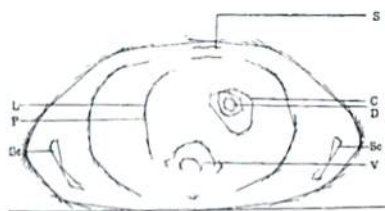
斯くして得られたX線像は廻転角と、基準線像よりの距離を函数とする横断面上のX線像の輪郭をあらわしている（第1図）。具体的な横

\* S. Takahashi 浜松医科大学副学長



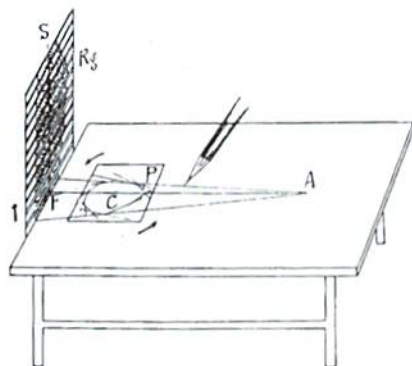
第1図 断続廻転写真

写真の細長い帯は10°宛投影方向の異なる成人胸部のX線写真。中央を走る白線は基準線。



第3図 第2図より得られた横断面

S: 肋骨 C: 空洞 D: 壊死組織  
Sc: 肩甲骨 V: 脊椎 L: 肺  
P: 胸膜



第2図 断続廻転写真 (Rg) を用いて画用紙上に横断面を画く作業。

A: 管球焦点の位置 C: 廻転台の廻転中心  
S: 基準線 F: フィルムの位置



第4図 流動廻転写真

肺癌患者の胸部 中央縦に走るのが基準線

断像を示すために作図を行ったのが断続廻転撮影法(廻転撮影第1法 1948)<sup>2)~6)</sup>である。画用紙をのせた廻転台, X線写真をならべ, 点と廻転軸間距離, 廻転軸・基準線間距離をX線管焦点・廻転軸間距離, 廻転軸・鉛細隙間距離と等しくする(第2図)。

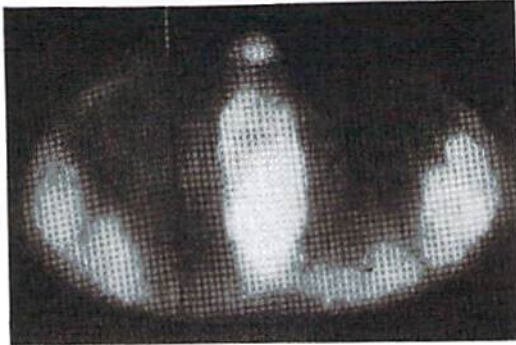
各角度で撮影した像の輪郭と点とを結び, その線を画用紙上に画く。これを0°~180°まで行くと人体横断面の輪郭が得られる(第3図)。

これは原理的に電算横断撮影では, X線管とNaIの受容体を人体のまわりに廻転させて線コントラストを記録させ, 電算機で計算, 横断面を現出させたことに相当する。

廻転撮影第1法は, 作図は間接的であり, また手技は煩瑣である。それで鉛細隙の幅を狭くして, X線フィルムの移動と廻転台の廻転を連続流動的に連動させれば, 得られたX線写真には横断面の全情報が蓄積される(第4図)。これが流動廻転撮影法(廻転撮影第2報 1950)<sup>6)~7)</sup>である。廻転角と基準線よりの像の推移との関係より22の法則を導き出して, 流動廻転写真

の読影を試みた。しかし, これにはかなりの習熟のいることがわかった。横断面の撮影は臨床に用いるのであるから, 像形成は客観的な手段を用い, 得られた写真は具体的であることが望ましい。そのため断続廻転撮影法を改良して流動横断撮影原法(廻転撮影第3報 1952)<sup>6)~8)~9)</sup>を工夫した。これは画用紙の代わりに乾板を, 鉛筆の代わりに光線を利用したものである。光線は乾板面に7°傾けた。この方法で, 乾板上に人体の前腕の横断面を初めて撮影することができた。

この廻転撮影第3法を行った後で, 2つのことに気付いた。光線では, 水平な光線を乾板上に匍わせるると対比度が悪くなる。やむをえず7°傾けたが, 最もよいのは直面させることである。一方, 乾板を管球焦点—X線写真間においてが点線源, 廻転軸および基準線を含む面上なら, これは実はどこにおいてもよい。ただ, 実大像でなく拡大像あるいは縮小像が得られるだけである。これはまた廻転撮影, 電算横断撮影, 原体照射法<sup>21)</sup>に共通する性質である。これを考



第5図 成人胸部の直接横断写真。  
ストリーキングがあらわれている。

え合わせると、人体を通過したX線でそのまま横断面を作図できるのではないか。すなわち、管球焦点、人体を載せる迴転台、フィルムを載せる迴転台を用意し、焦点と両迴転軸とを鉛直面に含まれるようにする。両迴転台を同期的に迴転させると、フィルム面に相当した人体レベルの横断面がX線像となる。

さらにX線像の対比度をよくするため、フィルムはX線束に直面させ、鉛細隙の後方を、人体の各迴転角毎に上下することにした。

これが直接横断撮影（迴転撮影第4法1949）<sup>6)10)</sup>である。

この方法で、生体の胸部の横断面をX線撮影することができた（第5図）。このX線像の対比度はよい。

迴転撮影第4法は、しかし何分にも撮影に時間がかかる。現在の頭部エミスキャン並みである。人間が呼吸を止めているには20秒以内でなければならぬ。短いX線露出をするには、迴転面が水平になるように両迴転台を並べ、迴転を同期的に行えばよい。像に対比度をつけるため、X線のフィルムに対する傾斜角を $5^{\circ}\sim 10^{\circ}$ とした。横断面像は得られたが対比度は甚だ悪い。それで思いきってX線フィルム面への傾斜を $20^{\circ}$ にしたら、写真の対比度がよくなった。そればかりでなく像は案じていたよりは鮮鋭である。やがてこの像形成には断層撮影の機構が働いていることがわかり、X線束を人体に傾けても管球焦点とフィルムの迴転中心を結ぶ線

が、人体を載せる迴転台の迴転軸に交わる点より、フィルムに平行な面で人体を截った面がX線像になることを知った。この新しい方法が迴転横断撮影（迴転撮影第5法1949）<sup>11)~15)</sup>である（第10~13図）。一般には横断撮影と呼ばれている。これは8~16秒で撮影が完了し、簡単な方法なので臨床に最も普及したが、断層撮影の欠点、すなわち障害陰影は時に発生する。

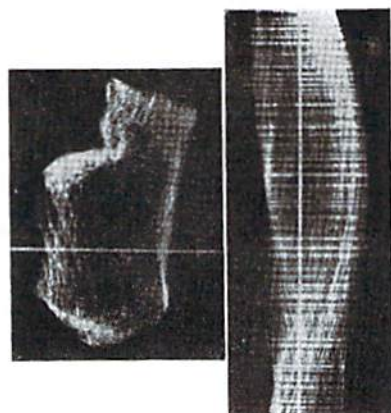
迴転撮影第4法は、第5法に比べ障害陰影のない点ではよいのだが、像形成のX線束は平行束になっている。元来、X線束は拡散すべきはずであるのだから、これだけは理論的にいっても像は不鮮鋭になるはずである。

それで迴転撮影第4法を改良して、X線露出に際しフィルムがX線束に直面し、且つX線束は拡散して進行するよう工夫したのが、直接横断撮影改良法（迴転撮影第6法1953）<sup>16)17)</sup>である。この方法是对比度も良好で、鮮鋭なX線像を与え、拡大撮影も可能なほどであったが、しかし、やはり撮影に時間を要するので、臨床的には用いられなかった。

この欠点を克服するため、迴転撮影第2法と第6報を組み合わせた方法が工夫された。まず、流動迴転撮影を臨床的に行い、次いでこれを実験室でゆっくり断続横断写真改良復元器（第6図）にかけて横断面の像形成を行う。これが断続横断撮影間接型（迴転撮影第7法1953）<sup>17)18)19)</sup>である。

この方法は、像の現出に間接操作を伴うが、主観的要素は入らない。鮮鋭度はきわめてよい（第7、8図）。この方法を発展させて断続拡大横断撮影（迴転撮影第8報1958）<sup>20)</sup>が工夫されたくらいである。

これは電算横断撮影法にたとえば、流動迴転撮影を人体軀幹の幅に相当する受容体を作り、広い fan beam で曝射すれば可能である。復元器はこの情報を電算器によって像形成をさせることにあたる。GEのものがこれに当たると考えられよう。流動迴転撮影はきわめて短時間、すなわち、5~10秒で完了するよい点がある。



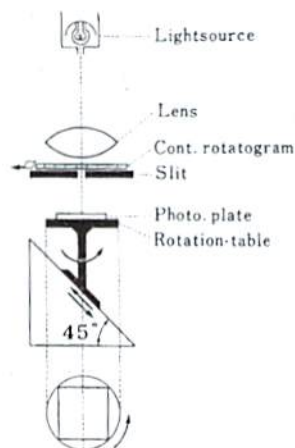
第6図 肋骨の単純写真(左)：横線は横断部を示めず  
流動回転写真(右)：中央が基準線



第8図 断続横断写真  
写真は対比度鮮鋭度ともによい。  
骨梁の構築が明瞭である。

## II. 横断像の観察の仕方

X線写真の観察をするときに、それが単純写真であるときは、その上下については問題はない。体の頭方が上、尾方が下である。人体の左右については、X線管に直面したかたちで観察する。したがって、人体の右はX線写真の左であることになる。X線撮影は後前方向撮影が多いので、一般にはX線写真の左が患者の右をあらわすようにして観察することがほとんどである。いずれにしても人体の左右は、フィルムを裏返しにすると簡単に右左にかわるので、撮影



第7図 流動回転写真より横断面を復元する模型図。  
回転台は45°の傾斜を上下する



第9図 横断面像の観察の仕方  
上体を水平にして横断面(切り口)を下方から見る。

のとき、人体の左右を間違わないようネームまたは鉛で目印をつける。

横断面の像についても、その観察について一定の方式があった方がよい。本邦では、人体の前方が上、後方が下であり、人体の右が向って左、人体の左が向って右であるような観察の仕方をするのが、外国にさがかけて行われてきた<sup>2)15)</sup>。

これは、観察者が患者と向い合って立ち、患者の体を体軸に直角に切り、患者の上体を押し倒して水平にし、横断面の切り口を観察したことになる(第9図)。あるいは簡単には患者を仰向けに寝かせ、体軸に直角に切り、その上体



第10図 右側側頭骨(岩様体)の廻転横断写真  
(松田忠義博士提供)

外耳道、内耳道を境して耳骨が観察される。

に属する横断面を患者の体の下方から観察するということになる。

横断面像の観察には、国際的に一般にこの方法が執られていたかという点、そうではない。廻転横断撮影は、外国では立位の横断撮影が主であるため、観察者は立位の患者を横断し、上方より下半身の横断面を観察するやり方もしばしば行われた。

このように横断面の像の観察の仕方はいろいろある。横断面がX線像となり、臨床的に用いられるようになったのはこの30年である。X線写真は横断解剖図譜に頼らざるを得なかった。ところがその解剖図譜は、その横断面のおき方が千差万別である<sup>15)</sup>。

したがって、各国の横断面撮影の開拓者が、それぞれ横断面の観察の際の写真のおき方を、参考にする手に入りやすい解剖図譜に従った。それが国際的に統一されなかった原因である。

電算横断撮影が始まったが、その最初は頭部の疾患を診断するのが目的であり、且つその写真を見ながら手術をするのに便利のため、仰臥位の患者の横断面を上方から観察する方式がとられた。しかし、今後、頭部のみでなく全身の撮影ということが主役になるであろう。

特殊撮影である横断面撮影では、患者の撮影は慎重に行うし、その撮影部位は体部のあらゆる部位である。それで撮影は立位でなく、患者



第11図 脊椎腔内靭帯石灰化の廻転横断写真  
(松田忠義博士提供)

は横臥位で行うのが望ましいし、その撮影結果は診断のみならず、横臥位にする患者の治療計画、線量分布にまで応用する。

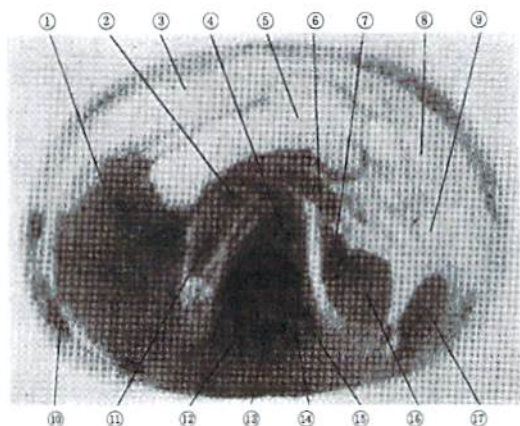
そのときには概観撮影の単純写真と、撮影部位を記録した小さい単純写真と、患者の仰臥位の横断写真を同一観察箱にかけてみることになる。単純写真では患者の右が向って左側になるようにして観察するのが普通である。それで横断写真も患者の右が向って左側にあるようにおくのが自然である。そのいみで本邦で行われているような観察の仕方がよいとされ、国際的にもそのような機運になってきたのは欣ばしい。

### III. 廻転撮影像と電算横断撮影像の比較

X線廻転撮影(第7法)のX線像の鮮鋭度は、一般のX線写真の場合と同じく、管球焦点の大きさ、増感紙の鮮鋭度および人体の動揺が影響する。それに比べ電算横断撮影では、受容体のデテクターの間隔が粗で、これが鮮鋭度をわるくする。これはX線撮影の場合の増感紙の比ではない。したがって、解像力は前者において勝れている。在来は鮮鋭度があまりよいといわれなかった廻転横断写真でもかなりよい(図10, 11図)。

それに比べ対比度を選択して、ある部分を特に大きく現出する能力は電算式が著しく勝っておる。フィルム式では造影剤を工夫して対比度をつける努力をするのみである。

廻転撮影で得られたX線像では、軟部組織、



① 肝, ② 下大静脈, ③ 空気, ④ 大動脈, ⑤ 胃, ⑥ 脾, ⑦ 副腎, ⑧ 左回腸曲, ⑨ 小腸, ⑩ 肋骨, ⑪ 副腎, ⑫ 脊椎腔, ⑬ 棘突起, ⑭ 脊椎体 (TH-10), ⑮ 横突起, ⑯ 腎, ⑰ 脾

第12図 健康成人腹部の廻転横断写真(後腹膜腔空気挿入による)

脾, 腎, 副腎, 大動脈, 下大静脈が明瞭である。

血液, 凝血, 硬化組織, 脂肪などは殆んど区別できない。電算横断像は, これらに対比度のつくことが劃期的で, 在来のX線撮影は遠く及ばない。しかし考えようによっては, 在来の撮影法のよい場合もある。実質臓器内の構造はよく分らないにしても, 適当な造影剤を用いれば各組織, 器官のそれぞれの明細は分って, しかもその関係が明らかになる(第12図)。これは, たとえば胸部を低電圧大電流で撮影した写真と高圧写真とに比較される。前者が電算横断撮影で後者が廻転撮影である。

一方, 廻転撮影では像に歪みはないが, 電算式ではブラウン管の像をポロライドで撮影するとすれば歪みがおこる。廻転写真は鉛スリットの幅の横断面の像であるが, 電算横断機ではこの幅が広く, それはまた歪みの原因となる。

廻転撮影(第7法)は, 像形成に2段階を経過する。これは不利なようだが, 考えようによっては有利でもある。前段階は装置が簡単であり, あるいは従来の断層撮影または廻転横断機にアタッチメントとしてつけることもできる。

これらを勘案して, いま優良可の段階に分けて区別してみると, 現在では次の表のごとくになる可能性もある。

	撮影の 手順	患者の 時間	鮮 鋭 度	対 比 度	解 像 力	歪 み	費 用
断続横断撮影(間接型)	2段	短	優	可	優	なし	廉
電算横断撮影	直 接	や長 や短 または	可	優	可	あ り	高 価

#### IV. 撮影の部位と厚み

横断像を観察するとき, 体軸のどの高さで撮影したか, 体軸と如何なる角度に横断面があるかが分っていないと正しい診断は難しい。

頭部では orbitomeatal line, あるいは aca-ntiomeatal line その他に平行な面で撮ったことがはっきりしないと, 再現性がない。これらの line が撮影台に直角になるように整位してのち撮影を行う<sup>15)</sup>。軀幹では撮影台に患者を正しく仰臥位に執らせ撮影する。得られた横断面は体軸に直角であると考えられる。

いずれにしても, 単純写真のX線像で体軸に関しどの部が横断撮影されているか記録するには, X線廻転撮影のときは管球焦点と鉛細隙を含む面, 廻転横断撮影のときは管球焦点とフィルムの廻転中心を結ぶ線が, 人体を載せる廻転台の廻転中心と交わる点より, フィルムに平行な面が横断面となることが分っている。それでこの線を撮影台に鉛線に印をつけ, 小さなフィルムで単純撮影をする<sup>15)</sup>。

電算横断撮影でも, X線管球焦点とデテクターを含む面が撮影台を切る線が正確にできるように, 撮影台またはカセットに鉛線を貼って単純撮影を行った方がよい。

X線廻転撮影(廻転横断撮影を含む)では, フィルム面にあらわれた横断面は1耗以内の厚さの層をあらわしている。電算横断写真のあらわす断層の厚さは受容体の幅をあらわすので, 場合によると1cm ちかくもあり, それが恰も厚さのないものであるように観察される。したがって, この場合はすくなくとも, その像は実はどの厚さのものを集約したものだということを知っておいた方がよい。

人体の横断面は 1 cm も離れるとかなり変わってくるものである。

廻転横断撮影の経験によれば、得られた横断像は薄い方がよい。ただ特殊の場合は狭角断層の様に厚いのが役立つこともある。

#### V. 断面、ことに横断面像の臨床的意義

人体は三次元の立体的構成をなしている。ところが、フィルム、印画紙、ブラウン管面は二次元の平面、あるいは緩曲面の構成である。

したがって、X線写真には管球焦点とフィルム間に存在するX線吸収体はすべて投影され結像している。これは病巣の有無を概観的に知る目的には一般的にいて便利である。また、フィルムを保管するにも便利である。

しかし、厳密にいうと、病巣を発見し、その状態を知るには、本質的にいて適当ではない。病巣は常に病巣以外の組織と重複像をなしている。この組織がX線に均質なものであるときはよい。しかし、構造が複雑である場合は、病巣と正常組織との識別は、心理的生理的に困難になってしまう。肺尖部に存在する空洞が、均質な滲出陰影内に存在するときは、高圧撮影を行って識別することができる。ところが陳旧な硬化像に埋もれているときは、空洞像が陳旧硬化像と重複して空洞を識別できない。これを迷妄現象と呼んでいる。

これは、在来のフィルム撮影の場合であるが、もし電算単純撮影をすれば、この迷妄現象は対比度の偏在によりさらに甚しくなり、識別はさらに困難になることがある。

像重複による迷妄現象をなくすには、体のある断面だけをX線撮影して用いればよい。在来この目的では体軸に平行な断層撮影が行われ、また廻転横断撮影で体軸に直角な方向の横断面の撮影が行われた。断面として病巣を発見識別するには両者は診断的に等しいと考えられた。

迷妄現象をなくして病巣を発見するという点では、体軸に平行でも直角でも断面像にすれば同じである。しかし体内における病巣の状態を知るためには横断面撮影の方がはるかに有用で

ある<sup>15)</sup>。

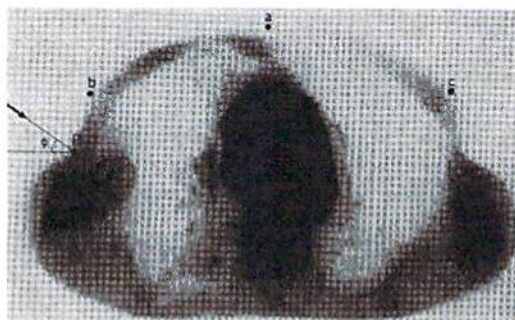
大体、X線診断をやろうとするときは、正面単純撮影をまず行うのが常である。これによって体内病巣の有無を概観的に知り、且つ体軸のどのレベルで、左右どちらに病巣があるかがわかる。しかし、体のX、Y軸の状況がわかるが、Z軸の位置はまったくわからない。

次に、体軸の方向に断層撮影を行うとすれば、あるZ軸の特定の位置で、XY軸の平面を知ろうとする試みになるわけで、重複像を避けるというよい点はあるにしても、Z軸にある病巣の状況は多数の断層撮影を行って、しかも推測に知るに止まる。ただ、断層像と単純像と常に似かよった像を呈するのが取柄である。断層撮影が在来用いられた理由は、撮影の方法が簡単で古くからこれが行われたということにあったにすぎない。

断層像に比べると横断像は、体軸のあるレベルのYZ軸を最も具体的に示す。それで撮影するとき、どのレベルで撮ったかを知っておれば、まったくわからなかった奥行き方向がわかり三次元構成がより具体的になる利点がある。

横断撮影において、鮮鋭度および解像力がよいために、単純写真で発見できなかった所見がみつけ出せたという事例はすでに多く知られている<sup>15)</sup>。成書としてはすでに詳しいが、迷妄現象がなくなるので、病巣の発見、判断が容易になるということも、その一因と考えてよからう。もし電算横断写真に比べれば、鮮鋭度がよいので、ことに小病巣を発見するのにさらに好適である(第10図)。廻転横断写真がコントラスト、対比度があまりよくないという批判があるが、それは撮影技術が悪いからで、熟練した技術では一般の断層写真と同じよい写真が撮れるものである。

横断写真は、治療前<sup>21)</sup>に病巣の位置を確認できる点で役に立つ。手術(第13図)あるいは放射線治療では線量分布を勘案しながら治療計画を練るのに必要なものであることはしばしば述べている。現在の電算横断写真では、歪みのあることは否定できないし、また、像にしばし



第13図 手術前処置としての廻転横断撮影

a, b, c: 整位のための基準点, これに所定の位置より三方から光線をあてれば所期の整位ができる。  
P: 横断写真にて, 肺内腫瘍を知りb点より距離を計測しφ角度にて穿刺する。

ば人工産物がおこる。また、横断像が小さいので、在来の横断写真に比べるとそのいみでは劣ると考えざるを得ないであろう。

## VI. 廻転撮影の被曝

廻転撮影をするときは、被曝は特異の線量分布による。単純撮影では、人体のX線管側が大線量の被曝をうけるが、フィルム側は少ない。ところが廻転撮影では、管球が刻々と体のまわりを位置をかえるので、皮膚の被曝は単純撮影の場合ほど多くない。その代わり体内部の線量は、体表面に比較すると小さいが、相当の量である。このことは在来の単純撮影では皮膚の線量を主として問題としておればよかったのに、体深部の組織、器官の被曝を問題にしなければならないことをいみする。

皮膚の線量が掘りどころにできないとすると廻転中心（体のほぼ中心に廻転中心のあることが多いから）の線量を問題にすればよいことになる。

なお、この問題については古賀が詳しく述べるであろう。

いずれにしても人体の皮膚の被曝を最小にする工夫が必要である。そのためには1つには受容体の幅（電算横断撮影）、鉛細隙の幅（X線廻転撮影）はできるだけ狭まることが望ましい。

## ま と め

1) X線廻転撮影法は、人体のまわりをX線管が180°廻転し（人体を廻転してもよい）人体横断面をX線撮影する方法である。廻転は再現性のある一定の方式に従って行われる。

2) よい画質の横断面のX線写真を得るため、撮影法は次第に改良され1948年より1952年までに廻転撮影第1法より第7法までの発表された。

3) 電算機を用いる方法は当時は行われなかったが、横断面を得るためには電算横断撮影（コンピューター断層撮影, CTT）と共通する技術が多い。

4) 廻転撮影は画質の鮮鋭度において優り、電算横断撮影は対比度の現出で優る。

5) 横断写真の観察は人体の前方が上、体の左側が向って右にあるようにして観察した方がよい。なお、横断写真は体軸のどの高さにあたるかを知るための小サイズの単純写真を同時に撮影観察した方がよい。

6) 断面像を観察するとすれば体軸に平行のものより直角のものの方が、単純写真と併用するのであるから合理的である。

7) 横断面の撮影では被曝は皮膚面が比較的少ないが、体深部でもかなり多いことを銘記せねばならぬ。撮影する層の厚さは薄い方がよい。

## 文 献

- 1) 高橋信次, 佐久間貞行: X線撮影とX線検査南山堂（東京）, 1972.
- 2) 高橋信次: X線廻転撮影法の研究. 青森県学術振興研究発表, 第1輯, 1948.
- 3) 今岡睦麿: X線廻転撮影法の研究第5報, 断続廻転撮影法の臨床的応用, 異物摘出の応用. 日本医会誌 10 (7): 5~11, 1950.
- 4) 今岡睦麿: X線廻転撮影法の研究第6報, 消化管の横断面的研究. 日本医会誌 10 (8): 25~28, 1950.
- 5) Takahashi, S.: Study of the technique of the radiographic delineation of the body



- (Study on rotatography and crossgraphy).  
Tohoku J. exp. Med. **54** : 269~282, 1951.
- 6) Takahashi, S. : Rotation Radiography. Japan Society for the promotion of Science, Maruzen Co., Tokyo, 1957.
  - 7) 高橋信次 : X線廻転撮影法の研究第2報. 流動廻転撮影法の理論的研究. 日本医放会誌 **9** (5) : 26~35, 1950.
  - 8) 高橋信次, 久保田保雄 : X線廻転撮影法の研究第4報, 流動横断撮影法(間接横断撮影法・流動復元方式). 日本医放会誌 **12** (6) : 42~48, 1952.
  - 9) Takahashi, S. und Kubota, Y. : Ein Versuch der kontinuierlichen Kreuzaufnahme. Eine Methode, die Querschnittsfläche aufzunehmen, ohne das Prinzip der Tomographie anzuwenden (Studien über Rotatographie, 10. Bericht). Forstchr. Röntgenstr. **77** : 736~741, 1952.
  - 10) Takahashi, S. : Cross-section radiography, an improved method of rotatography (Prel. report). Tohoku J. exp. Med. **51** : 70, 1949.
  - 11) 高橋信次 : X線廻転横断撮影法, 抄録, 弘前医学 **1** : 3, 1949.
  - 12) 高橋信次, 今岡睦麿, 篠崎達世 : 廻転撮影法の研究第13報, 廻転横断撮影法. 日本医放会誌 **10** (1) : 1~9, 1950.
  - 13) Takahashi, S. : A method to take radiograms of the transsection of the body at any inclination and curvature (Prel. report). Tohoku J. exp. Med. **52** : 138, 1950.
  - 14) Takahashi, S., et al. : Rotatory crossgraphy (Study on the rotatography). Tohoku J. exp. Med. **54** : 59~66, 1951.
  - 15) Takahashi, S. : An Atlas of Axial Transverse Tomography and Its Clinical Application. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1969.
  - 16) 高橋信次, 吉田三毅夫 : 直接横断撮影法, X線廻転撮影法の研究第15報. 日本医放会誌 **12** (11) : 18~22, 1953.
  - 17) Takahashi, S., et al. : Über die Vergrößerung des Querschnittsbildes des Körpers mittels Röntgenstrahlen. Ein Versuch zur diskontinuierlichen Aufnahme (Studien über Rotatographie, 12. Bericht). Fortschr. Röntgenstr. **80** : 387~392, 1954.
  - 18) 高橋信次, 他 : 断続横断撮影法(間接方式)第1報, X線廻転撮影法の研究第21報. 日本医放会誌 **13** : 464~468, 1953.
  - 19) 久保田保雄 : 断続横断写真像の対比度及び鮮鋭度に就いて, X線廻転撮影法の研究第43報. 日本医放会誌 **17** : 63~68, 1957.
  - 20) Takahashi, S. : Discontinuous rotation radiography in high magnification (Prel. report). Nagoya J. med. Sci. **21** : 53~54, 1958.
  - 21) Takahashi, S. : Conformation Radiotherapy. Rotation Techniques as applied to Radiography and Radiotherapy of Cancer. Acta radiologica, Supplementum 242, Stockholm, 1965.