



Title	透視撮影台におけるレ線の入射方向について
Author(s)	松岡, 順之介
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1966, 26(1), p. 81-89
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15832
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

透視撮影台におけるレ線の入射方向について

九州大学医学部放射線科（主任 入江英雄教授）

松岡順之介

（昭和40年9月15日受付）

Study on Types of X-ray Projection Systems in Fluoroscopic Table

by

Junnosuke Matsuoka

Department of Radiology Faculty of Medicine Kyushu University

(Director: Hideo Irie)

The two types Xray projection in fluoroscopic table well known XTO (Xray tube-Tabletop-Object) system for conventional fluoroscopic method and new XOT (Xray tube-Object-Tabletop) system for remotly controlliiing television method was compared. (Fig.1.)

The comparison was discussed of unsharpness (Enlargement of picture.), exposure dose of doctor and patient, technic and economy.

The conclusion was illustrated in Table 1.

XOT system is suitable to remotly controlling screening test.

目次

I 緒言

II 操作についての考察

III 像についての考察

(1) 一般関与因子について

(2) 体の厚さの2分点および3分点の拡大率(ボケ)

(3) 体内の点の拡大率(ボケ)

(4) 体内の点の拡大率(ボケ)の変化

IV 被曝線量についての考察

(1) 被検者の被曝線量

(2) 検者の被曝線量

(a) 被検者が臥位の場合

(b) 被検者が立位の場合

V 結語

I 緒言

従来からレ線透視撮影台に採用されて来た Xray tube Table top-Object (Patient)-Imageintensifier (又は蛍光板)の配置…玉木正男教授のXTP方式と呼称されて来たもの、ここではXTO方式ということにする(Fig.1A)に対してI.I., TV

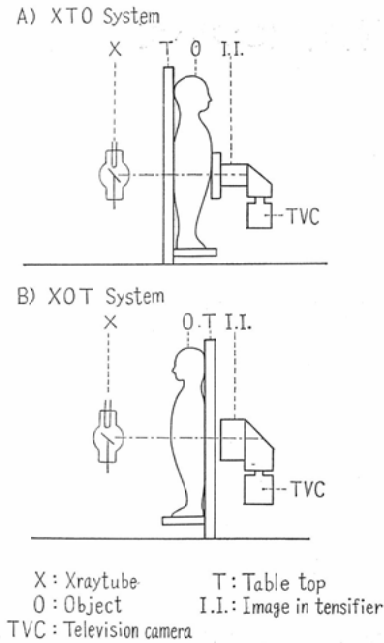
cameraの重量の問題、圧迫筒の設備の便などの点からとくに遠隔操作のX線 Televisionに各社で用いられて来た Xraytube-Object (Patient)-Tabletop-Imageintensifierの配置…玉木教授のXPT方式と呼称されて来たものでここではXOT方式と Fig.1.B. ということにする…は一般の胸部撮影、断層撮影、二管球方式に於ける Gastrointestinal positionなどにみられるものであるが、両者の比較検討を行うことは今後の透視診察台の設計上に重要であると考える。

本論文に於いては診察時に於ける操作の難易、像、被曝量の点、又故障時、価格の点について考察した。

実際の測定には松山赤十字病院に設備の東芝製 KXO-15 FSE 透視台(XTO方式)及び東芝製 X線遠隔操作式TV透視台(XOT方式)を使用した。

II 操作についての考察

一般に被検者のそばにあつて検者が触診、注射その他の操作をする場合には立位、臥位ともにX



$$\text{Unsharpness (Ug) Ratio of Enlarging} = \frac{XF}{XO}$$

Fig. 1. Types of Systems.

O T方式の方が便利である。即ち、蛍光板などが被検者の検査部などの直上になく直接観察、処置がしやすい。

X O T方式の方が被検者が所定の位置につきやすい。之は多人数の人を次々に検査するにはとくに便利である。その際蛍光板をいちいち前後したり開閉したり、又体に密着させるように調節しなくてよい。体位の矯正もしやすい。

被検者が臥位のままバリウムを飲む場合にはある程度上半身をあげるのにつかえないし、コップを台の傍らに吊りさげておく設備と併用すると更に便利である。

III 像についての考察（測定および考按）

(1) 一般関与因子について

実際にレ線像の成立には蛍光像であつても、フィルム像であつてもともに管球焦点の状態、幾何学的関係、受像面・フィルム・増感紙の性能が関与し、更にTVの場合には camera 受像機も影響するわけであるが、ここでは第一次蛍光面又はフィルム面に限り、その幾何学的位置の立場から

像の尖鋭度（或いはボケ）並びに拡大率及びその変化などについてのみ考察する。即ち両方式とも同一規格の上記部品を用い同一性能とする。

一般にボケの成立は

$$U = U_m + U_g + U_f$$

U_m : 運動によるボケ

U_g : 幾何学的ボケ

U_f : 受像面によるボケ

とすることができるが（管球自体に原因するものは省略する）ここで問題とする幾何学的ボケに関与する因子は

1) 焦点の大きさ

2) 焦点、被写体、受像面の幾何学的位置である。この中、焦点の大きさを同一とするとそのボケ U_g' は焦点受像面間距離/焦点被写体間距離に比例する。即ち Fig. 2 に於いて

$$U_g' \propto \frac{XF}{XO}$$

之は又拡大率でもであるが、この U_g' が小さい程像は尖鋭である。

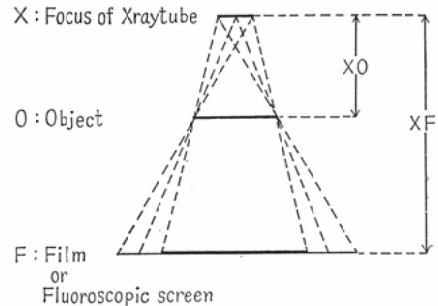


Fig. 2. Relationship of Focus, Object and Film

しかしTV受像機の受像面での観察には受像面と観察者の距離により影響がある（拡大フィルム像の観察の場合も同様）。ことも考えられ、これによつて像のボケの問題も変化し補正される可能性もあるが、一般的にも未だ充分な検討がされていない分野でもあり、ここでは一応問題の外にすることにする。

松山赤十字病院設置のXTO方式のKXO・FSE透視台、及び遠隔操作X線TV透視台の諸元はFig. 3 (A及びB)の通りである。

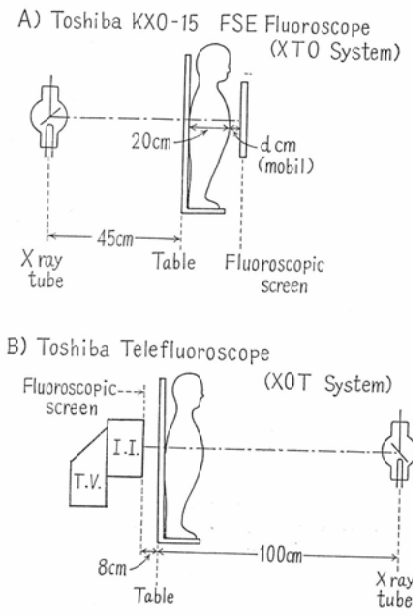


Fig. 3. Size of Apparats

(2) 体の厚さの2分点および3分点の拡大率
 被検者の体の厚さを20cmとし、その中心をC、
 台を背にしたときの体厚を3等分する点の前側の
 点(XTO方式ではI側、XOT方式ではX側)
 をM₁、同様に後側の点を M₁ とすると心臓、胃な
 ど通常検査の対象となるものは大体 M₁ になるこ
 とになる。

台を背にした臥位の時には背位になるのはいう
 までもない。

又XTO方式の場合、稍もすると蛍光面(I)
 が体表から離れることがあるが、そのときの体表
 -蛍光面間距離を dcmとするとその他との関係は
 Fig. 4 の様になる。

即ちC点の拡大については

A) XTO方式では

$$\frac{XF}{XC} = \frac{t+b+d}{t + \frac{b}{2}} = \frac{45+20+d}{45 + \frac{20}{2}}$$

(t=45°の場合)

d=0 のとき	$\frac{XF}{XC}$	= 1.18
d=1 のとき	"	1.20
d=2 "	"	1.21
d=3 "	"	1.23
d=4 "	"	1.25

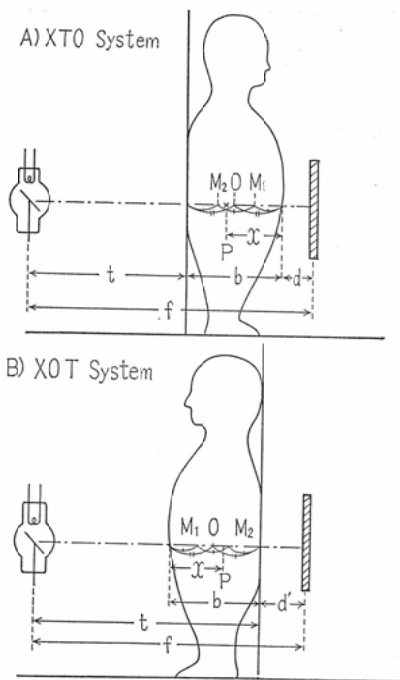


Fig. 4. Relationship of each Points and distance

d=5 "	"	1.27
d=6 "	"	1.28
d=7 "	"	1.31
d=8 "	"	1.32
d=9 "	"	1.34
d=10 "	"	1.36となる。

B) XOT方式では

$$\frac{XF}{XC} = \frac{f}{f - \frac{b}{2}}$$

$$= \frac{100+8}{100 - \frac{20}{2}} = 1.20 \quad (f=100\text{cmの場合})$$

$$= \frac{45+8}{45 - \frac{20}{2}} = 1.52 \quad (f=45\text{cmの場合})$$

となり d=0 のときにはXTO方式の方が有利で
 あり、XOT方式は d=5 (cm) のXTO方式に
 相当する。即ちこの二者ではXTO方式の方が僅
 かに優れているが実際の場合には殆んど差はな
 かる。

XOT方式で焦点-台間距離XTをXTO方式と同じ条件にするためにXT=45cmとすると上述の様に

$\frac{XF}{XO} = 1.52$ となりXTO方式が理論的には有利である。

M点の拡大については

$$\frac{XF}{XM_1} = \frac{45+20+d}{45+20 \times \frac{2}{3}} \quad (t=45\text{cmの場合})$$

$$\frac{XF}{XM_2} = \frac{45+20+d}{45+20 \times \frac{1}{3}} \quad (t=45\text{cmの場合})$$

d=0 (cm) のとき $\frac{XF}{XM_1} = 1.11$ $\frac{XF}{XM_2} = 1.26$

1	1.13	1.28
2	1.15	1.29
3	1.17	1.32
4	1.18	1.33
5	1.20	1.35
6	1.22	1.37
7	1.24	1.39
8	1.25	1.41
9	1.26	1.43
10	1.29	1.45

XOT方式では

$$\frac{XF}{XM_1} = \frac{100+8}{100-20 \times \frac{2}{3}} = 1.24 \quad (t=100\text{cmの場合})$$

$$\frac{XF}{XM_2} = \frac{100+8}{100-20 \times \frac{1}{3}} = 1.16 \quad (t=100\text{cmの場合})$$

XOT方式でXTO方式と同じく

t=45 (cm) とすると

$$\frac{XF}{XM_1} = \frac{45+8}{45-20 \times \frac{2}{3}} = 1.68$$

$$\frac{XF}{XM_2} = \frac{45+8}{45-20 \times \frac{1}{3}} = 1.38$$

これらを図示すると Fig. 5 の様になる。

(2) 体内の点の拡大率

線束方向に於ける拡大率は一般に台を背にしたとき、体の前面より xcm の深さにある体内の点をPとすると (Fig. 4)

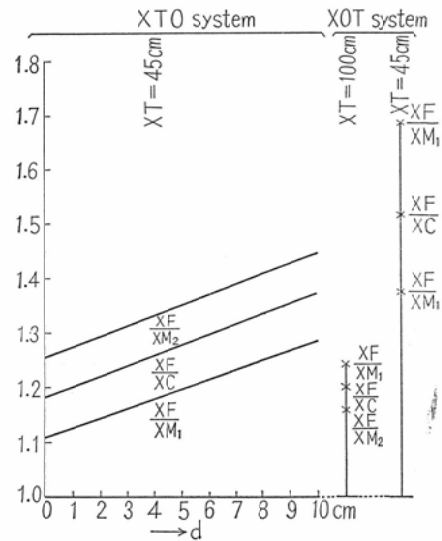


Fig. 5. Unsharpness by Ratio of Enlarging in each Xray projecting Systems

XOT方式では

$$\frac{XF}{XP} = \frac{45+20+d}{45+(20-x)} = \frac{65+d}{65-x} \quad \dots\dots\dots (A \text{ とす})$$

XOT方式では (XT=100 (cm))

$$\frac{XF}{XP} = \frac{100+8}{100-(20-x)} = \frac{108}{80+x} \quad \dots\dots\dots (B_1 \text{ とす})$$

XOT方式でXT=45 (cm) とすると

$$\frac{XF}{XP} = \frac{45+8}{45-(20-x)} = \frac{53}{25+x} \quad \dots\dots\dots (B_2 \text{ とす})$$

故にこれらの倍率は d=0 のときx の各値に対して次のようになる。

x	A' = $\frac{65}{65-x}$	B ₁ ' = $\frac{108}{80+x}$	B ₂ = $\frac{53}{25+x}$
0	1.00	1.35	2.12
2	1.04	1.32	1.96
4	1.06	1.29	1.83
6	1.10	1.26	1.70
8	1.14	1.23	1.60
10	1.18	1.20	1.51
12	1.22	1.18	1.43
14	1.28	1.15	1.36
16	1.33	1.11	1.29
18	1.38	1.105	1.22
20	1.44	1.08	1.18

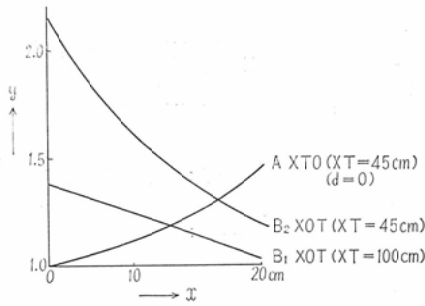


Fig. 6. Ratio of Enlargement of Point in Body
 x: Distance from ventral body surface
 y: Ratio of Enlargement

図示すると Fig. 6 の様になる。

即ち台を背にした場合には M₁ 点に関して X T O 方式の方が有利であり, X T = 100 (cm) の X O T 方式は X T = 45 (cm) の X T O 方式の蛍光板が体表より 7 cm 離れた場合に相当する。しかし台の方に近づく場合 (臥位では腹位) (M₂ 位置になる) には d = 0 (cm) であっても X O T 方式の方が有利である。しかし X T O = 45 cm の X O T 方式では X T O 方式の蛍光板が体表より 6.5 cm はなれているときに相当する。

D O 方式に於いて一般に d = 0 のとき中心よりやや台よりの点 (x = 10.2 cm) より, 台の反対側の点は A が, それより台側の点は B₁ が有利である。ただし X D = 45 cm の X O T 方式 (B₂) とではこの点は x = 14.7 (cm) となる。

(4) 体内の点の拡大率の変化

線束方向における体内の一点 O の拡大率は, 一般に Fig. 2 にみられる様に

$$y = \frac{XF}{XO} \text{ となる。}$$

更に体の厚さを b とすると

$$\text{X T O 方式では } y = \frac{XT + b + d}{XT + b - x}$$

$$\text{X O T 方式では } y = \frac{XT}{XT - b + x}$$

故に線束方向における拡大率の変化 $\frac{dy}{dx}$ は一般に $\frac{dy}{dx} = \frac{-XF}{(XO+x)^2}$

$$\text{X O T 方式では } \frac{dy}{dx} = \frac{-(XT + b + d)}{(XT + b - x)^2}$$

$$d = 0 \text{ のときは } \frac{dy}{dx} = \frac{-(XT + b)}{(XT + b - x)^2}$$

X O T 方式では $\frac{dy}{dx} = \frac{XT}{(XT - b + x)^2}$ の形で与えられる。

X T O 方式では X T = 45 (cm) のとき d = 0 ならば

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-(45 + 20)}{(45 + 20 - x)^2} = \frac{-65}{(65 - x)^2}$$

X O T 方式で X T = 100 (cm) のとき

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-100}{(100 - 20 - x)^2} = \frac{-100}{(80 + x)^2}$$

X O T 方式で X T = 45 (cm) のとき

$$\frac{dy}{dx} = \frac{-45}{(45 - 20 + x)^2} = \frac{-45}{(25 + x)^2}$$

この関係を図示すると Fig. 7 の様になり, 蛍光面より遠ざかるにつれて拡大される割合は急速に増大する。これは Fig. 6 の一般的傾向を示すものである。

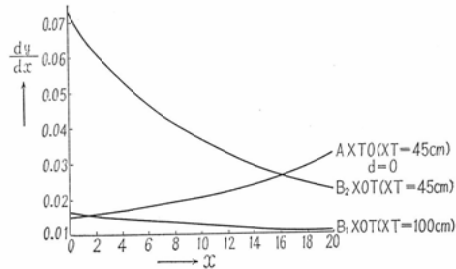


Fig. 7. Shift of Enlargement of Point in Body
 x: Distance from ventral body surface (cm)
 y: Ratio of Enlargement.

IV 被曝線量についての考察

被検者及び検者の被曝量について考察する。X O T 方式は主として T V の遠隔操作として採用されて居り, 隣室その他の充分防護された遠距離からの操作時には問題にならないが触診を必要とする場合や, 心血管造影などでどうしても検者が被検者の傍らにいない場合には問題になる。

(1) 被検者の被曝線量

蛍光面又は Film に入るレ線量が両方式とも同量であれば被検者 (O) と Table (T), 蛍光面 (I) の間の距離 O T, O I が等しいときには X 線管球で発生したレ線が I に入るまでの経過は一般に透視に用いられる電圧の領域で吸収のみを考えると Fig. 6 の様に空気, 被検者, 透視台によ

つて減衰していくと模型的に考えてもよいと思われる。

即ち、XOT方式に於いてはXTO方式より被検者は

- 1) 距離的にも管球に近く
- 2) 之は大した差ではないが台に入る前の線であり

従つて Fig. 8 によつても分る通りXTO方式より被検者の受ける被曝量は大きくなる。

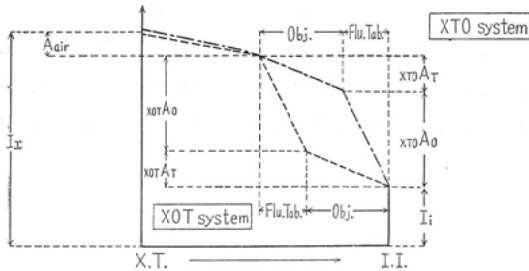


Fig. 8. Attenuation of Xray in XOT and XOT System (shema)

即ち $x_{TOA_O} < x_{OTA_O}$

又一方台に被検者が背をつけたときXTO方式ではレ線は体の後方(背側)より入射するので体の前方(腹側)の被曝量<体の後方(背側)の被曝量となる。

XOT方式では体の腹側から入射するので、体の腹側の被曝量>体の背側の被曝量となる。東芝 Surveymeter を使用しての実測の結果は Fig. 9 の様になった。

即ち、標準透視状態に於いて各点の線量率は

- A) XTO方式(東芝 KXO-15 FSE 透視台)
(75KVp, 3 mA, 蛍光面の照射野12.6×10cm)
Phantom 入射直前の点: 2340mR/min.
直後の点: 58 //

- B) XOT方式(東芝 Xray Telefluoroscope)
(90KVp, 3 mA, 蛍光面の照射野12.6×10cm)
Phantom 入射直前の点: 2270mR/min.
" 直後の点: 62 //

これらの透視条件では再装置の蛍光面入射量は略等しい。

これより判断すると台を背にするとき

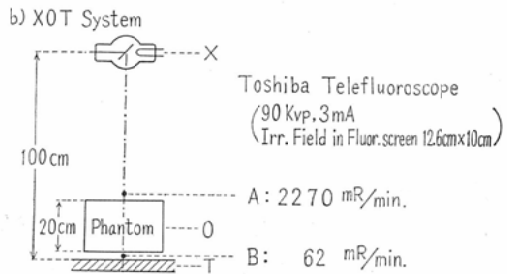
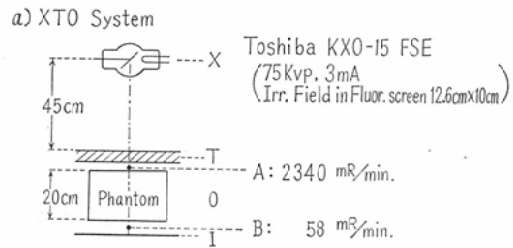


Fig. 9. Exposure Dose of Patient in Patient standing position

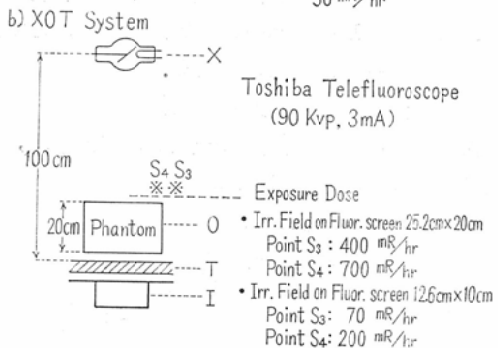
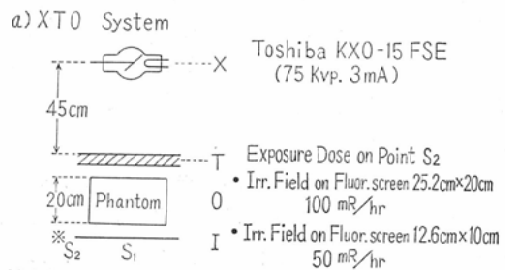


Fig. 10. Exposure Dose of Doctor in Patient standing position

XTO方式では腹側は背側の約1/40

XOT方式では腹側は背側の約40倍(36倍)の被曝となる。

男性生殖器(腹側皮膚面)並びに女性生殖器(Billingsによれば腹側皮膚面より約9cmの深さ)

の位置をその腹側半にあるとすれば、その被曝はXTO方式よりXOT方式に於いて著しい。しかし被検者が台の方を向くときはこの反対となる。

(2) 検者の被曝量

A) 被検者が立位の場合

XTO方式に於いて一般の蛍光板透視、又I.I.のいわゆるScope面から観察する時にはReflex型(Cameraによる撮影の場合をも含めて検者はFig. 9の(S₁)の位置にある)、この点は蛍光面の鉛ガラス、又は衝立によつてレ線被曝が殆んど0に近いのは周知の通りである。

しかしI.I., T.V. Cameraなどが設置され、その線束方向にある程度の長さがある場合には、触診その他の操作の為に当然S₂の位置が要求される。I.I.のReflectorによる観察の時にも多少の距離の増大があつたとしても大体同じ様になる。この(S₂)の位置は一般に透視台に於ける散乱線の最も多い点である。

実測によるとFig.10の通りであつた。即ち標準透視状態に於いて

A) XTO方式(東芝 KXO-15 FSE)
(75KVp, 3mA)

蛍光板の左端附近で
 蛍光面での照射野25.2cm×20cm(6つ切)のとき 100mR/hr
 " 12.6cm×10cm(6/4つ切)のとき 50mR/hr

B) XOT方式(東芝 Xray Telefluoroscope)
(90KVp, 3mA)

Phantomの端の管球側の:
 蛍光面での照射野6つ切のとき 400mR/hr.
 " 6/4つ切 " 70mR/hr.
 上記の点の少し内側の線量最大点
 蛍光面での照射野6つ切のとき 700mR/hr.
 6/4つ切 " 200mR/hr.

一般にXTO, XOTの両方式の条件が同じ(XIが両方式とも等しい)場合には検者(S)が被検者0の真横(線束に直角な0の中心を通る平面上)に居るとき、その被曝量は台(T)による減弱差のみと考えてよいが、Sは大い場合XOT方式ではI側、XOT方式にあつてはX側にある。

即ち管球への直接距離のみでなく、散乱線に関してもXTO方式では大部分が被検者による減弱

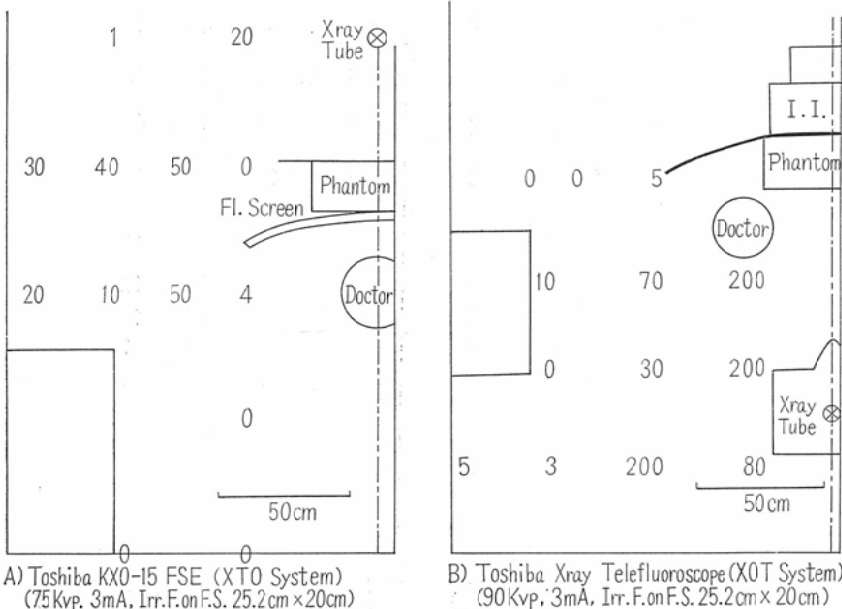


Fig. 11. Exposure dose of Doctor (Patient standing position) mR/hr

後の少い線量であるのに較べて，XOT方式では大部分が被検者に入射する前の未減弱のもので散乱線も又大量である。

前記測定に於ける一般の線量分布を次に示す (Fig. 11 A.B).

b) 被検者が臥位の場合

一般に立位の場合に準ずる。但しこの場合には一般線影分布は Fig.12の様になる。

即ちこの場合検者は操作を容易にするため，出来るだけ台に近づくのが普通である。このとき下半身はXTO方式の方がXOT方式より遙かに管球に近い。しかし台の側板の為に実際には両者とも台の面以下の空間ではその被曝線量は殆んど0である。

XOT方式では管球と台の端を結ぶ線 (Fig.10中の点線) 及び台の体軸方向の端を含む平面以下の空間 (Fig.10中の斜線部) に於ては遮蔽されることになる。

上半身はXOT方式の方が管球に近く，被曝量も多い。台の上面の高さ (縁) では台の構造，その他によつて左右されるのでどちらが少いとも言い難い。上記東芝製の二種装置に於いては略同程

Table 1. Comparing of two Xrayp rojecting systems

System		XTO	XOT				
XT (cm)		45	100	65	45		
Operation		difficult	easy				
		(+)	(-)				
Picture	Unsharpness	Table is patient's dorsal	less	less	more	most	
		Table is patient's ventral	more	less	more	most	
			more	less	more	most	
Radiation Exposure Dose	Patient		less	less	more	most	
	Doctor	Patient is Standing Positioning	less	more			
		Patient is decubitus Positioning.	cranial half body	less	less		
			caudal half body	less	less		
		Compensation by single fluoroscopic Screen when II. and T.V. would be distervedos		possible	impossible		
Cost		low	high				

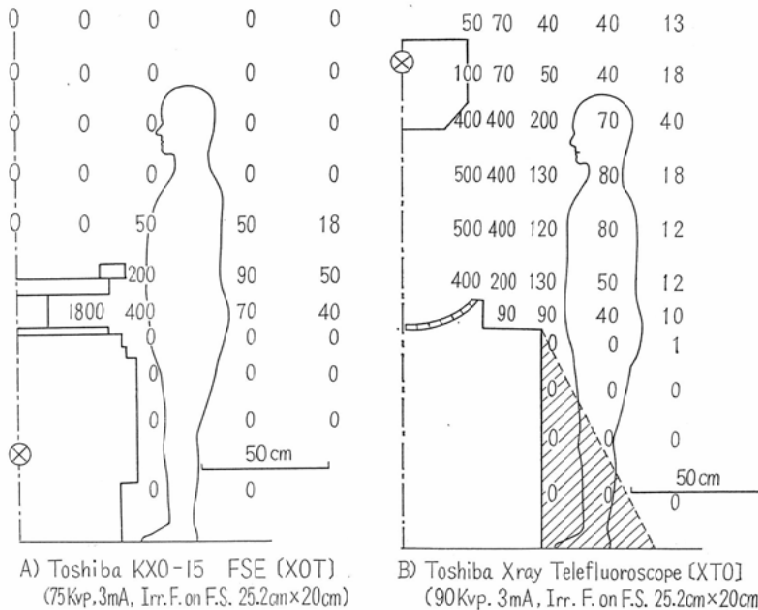


Fig. 12. Exposure Dose of Doctor (Patient decubitus position) mR/hr.

度であつた。XOTに於いてXTが1mから45cm (XTOと等しいXT)となれば更に増大が予想される。

V 結 語

以上をまとめると大体Table. 1の様になる。

即ち(1)XOT方式は操作はやり易いが像の点では従来のXTO方式に劣る。しかしこれはXTを大きくすることにより補うことが出来る。

(2) 被検者の被曝は大して相違ないが検者の場合、とくに被検者が立位の場合にはXTO方式の方が被曝量ははるかに少い。

即ちXOT方式はあくまで遠隔操作の場合に限って用いられるべきであつて、又多人数を次々に透視するには便利であるが、被検者の傍らに検者が居て触診や血管造影などの操作を行うにはXTO方式の方が優れている様に思われる。

以上の他

(3) I.I., T.V. camera が故障した場合にX

TO方式では蛍光板を代用設置して使用することも可能であるが、XOT方式では不可能である。

(4) 従来より一般に蛍光板を設置して使用されて来たXTO方式の透視台に、I.V.を設置するとなるとXTO方式の方が安価であり、又市販の両方式の価値はXOT方式はXTO方式の約2倍程度の様である。

最近製品としてXOT方式とともにXTO方式のT.V.が発表されたことは興味深い。

今後とも一般的にはXTO方式が普及するのではなからうか。

(尚本論文の要旨は第42回日本医学放射線学会総会に於いて発表した。)

終るに当つて種々御教示賜つた長崎大学玉木正男教授、御助言頂いた松山赤十字病院蔵原一郎部長、九州大学村上晃一講師、御校閲下さつた九州大学入江英雄教授、広島大学竹下健児教授に感謝致します。