The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	回轉照射及び振子照射における水フアントム内深部線量分布の基礎的考察(X線治療について)
Author(s)	宮永, 一郎
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1957, 17(7), p. 775-780
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/15330
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

回轉照射及び振子照射における水ファントム内深部線量分布の基礎的考察 (X線治療について)

大阪大学医学部附属診療エックス線技師学校（校長　西岡時雄）
宮　永　一　郎

（昭和32年2月4日受付）

I 緒　言

移動照射における深部線量分布の計算値は，一般に實測値と一致しない場合が多い．その主な原因は，固定照射の場合には重要でない利用線維外への散亂線が，移動照射の場合には，積算されて，線量分布に關係してくるにも拘らず，計算値ではこれを無視しているからであると考えられる[1)2)3)8)]．

筆者は，先に發表した基礎分布曲線を使い，振子照射，回轉照射の場合の水ファントム内線量分布を計算して，その實測値と比較し，更に利用線錐外への散亂線を考慮に入れた場合について檢討することを目的とした．

II 計算の基礎（强度因子）

回轉照射，振子照射においては，焦點と回轉軸，或いは振動軸の距離が固定されている．任意の形のファントム内の1點を軸の中心として，管球を圓弧運動させると，焦點ー表面（皮膚）間距離は，ファントムの形により絶えず變化する．從つて一定の F.S.D. に對して，表面線量を基準として與えられる一般の深部率表は，そのまゝ使うことが出來ない．

併し，深部率表を檢討すると，任意の F.S.D. に對する深部率表から，次の關係

$$I_0D_s=\frac{f^2}{(f+d)^2}I_0F_s\ .\ \text{or}\ F_s=\frac{(f+d^2)}{f^2}D_s$$

玆に：I_0；表面における空中線量
D_s；表より得られる深部百分率
f；F.S.D.
d；ファントム内深さ

から得られる Fs は，照射野，線質が決まれば，F.S.D. に無關係に略ゝ一定の値になる[4)8)]．

上の式から分るように，Fs はその點における空中線量から，ファントムをおいた場合の深さ d における深部線量を得るための剩數である．

これを，Kohler にならつて，強度因子（Intensität-factor）と呼ぶ．

先に求めた基礎分布曲線は，各點における（空中）線量分布を示したものであるから，これに，Fs を剩ずれば，ファントム内の任意の點の深部線量が計算出來る筈である．

Fig. 1及び Fig. 2 は夫々 H.V.L. 1.0mmCu 及び0.44 mmCu の場合の Fs を示したものである．これらを計算に使用した．基礎にした深部率表は，移動照射に適當な小照射野の値が掲載されている Quimby のまとめたものである[9)]．

III 振子照射における深部線量分布

ここでは，Fig. 3 の 0 0′（對稱軸）上の深部線量分布を求める．

ファントム内で，振動對稱軸上にある，任意の點のうける線量 Id を求めるには，基礎分布曲線上におけるその點の値に，ファントム内の深さ d に對する Fs を剩ずればよい．卽ち

$$Id=\frac{R^2I_0}{X^2}t.Fs$$

$\frac{R^2I_0}{x}t$ が基礎分布曲線上の値である．

次に1例として，斷面直徑21cmの圓筒形ファントム内深さ 8.5cmの點を振動中心とした場合の 180° 振子照射の計算例をあげる．(Table 1)

H.V.L. 0.44 mmCu, F.S.D.＝50cm. 照射野は表面上で 2 × 4 cm², 3 × 6 cm²及び 4 × 8 cm²の場合のものである．

Fig. 5～ Fig. 10までの点線は，Table. 1と同條件の下で，各照射野について，深さ 5.5cm及び 8.5cmを振動中心とし，振動角90°，135° 及び 180° の各々の場合について計算した線量分布

Fig. 1

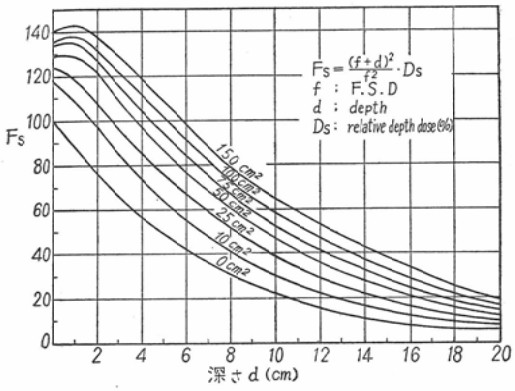


Fig. 2

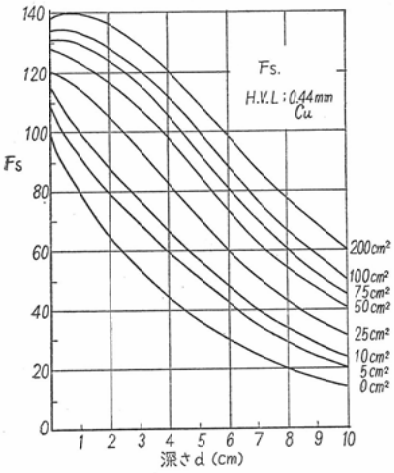


Fig. 3

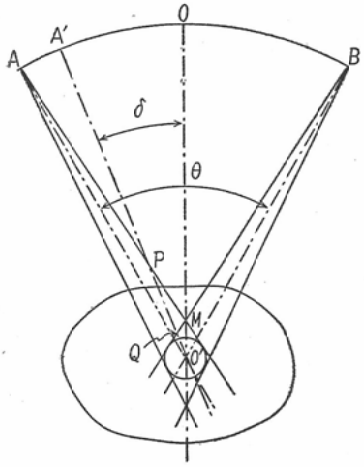


Fig. 4

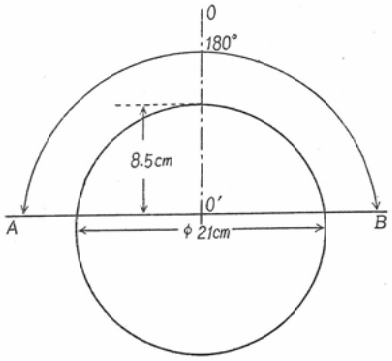


Fig. 5, 6, 7

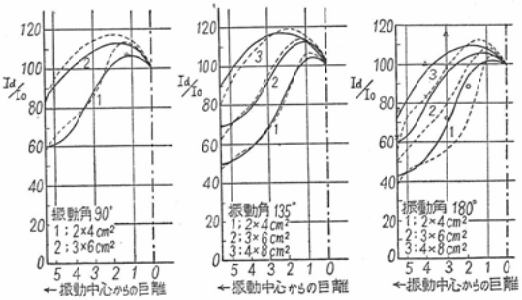
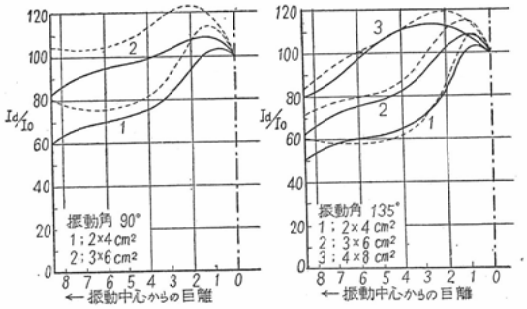


Fig. 8, 9



を，振動中心の線量に對する百分率で示したものである．

對照軸から，角 δ だけ離れた位置の A′O′ 上の分布は，先に報告した[11]因子Pを使つて求める事が出來る．

IV　回轉照射における深部線量分布

振子照射の場合と同様の考え方で，回轉照射の場合の深部線量分布を計算することが出來る．

ファントム表面から深さ d の點のうける線量は

Table 1

振動中心からの距離	深さ	照射野											
		2 × 4 cm²				3 × 6 cm²				4 × 8 cm²			
		$\frac{R^2}{x^2}t$	F_s	I_d	I_d/I_0'	$\frac{R^2}{x^2}t$	F_s	I_d	I_d/I_0'	$\frac{R^2}{x^2}t$	F_s	I_d	I_d/I_0'
8.5	0	.104	111	11.6	46.4	.156	116	18.1	56.5	.208	120	25.0	65.7
8.0	0.5	.108	102	11.0	44.2	.162	110	17.8	55.7	.216	118	25.5	67.0
7.0	1.5	.121	88	10.6	42.5	.182	97	17.6	55.2	.242	110	26.6	70.0
6.0	2.5	.139	77	10.7	42.9	.209	86	17.9	56.0	.278	88	27.8	73.0
5.0	3.5	.164	66	10.8	43.4	.246	75	18.4	57.5	.324	77	28.5	75.0
4.0	4.5	.200	57	11.4	45.5	.300	65	19.5	61.0	.400	66	30.8	81.0
3.0	5.5	.267	48	12.8	51.2	.400	55	22.0	68.8	.534	55	35.2	93.0
2.0	6.5	.285	41	15.8	63.2	.578	46	26.5	83.0				
1.0	7.5			25.5*	102			34.6*	108			40.0*	108
0	8.5			25	100			32	100			37	100
線量最大点		中心より 0.8 cm				1.0 cm				1.5 cm			

1. 矩形照射野は，同面積の円形照射野とみなした．又線維内強度分布を考慮して Fs をとつた．
2. Fig. 4．のような場合中心における線量は，管球が 00′ 上にある場合と，振動の両端にある場合とで異るから，これらの平均値をとつた．線維内に常にある点 * についても同様である．

$$I_d = \frac{R^2\ I_0}{x^2} t_1 .\ F_{s\,1} + \frac{R^2\ I_0}{(2R\text{-}x)^2} t_2 .\ F_{s\,2}$$

第1項は，その點が，中心より焦點に近い場合，第2項は中心より遠い場合にうける線量である．

Fig.11の點線は，このようにして計算した線量を，中心のうける線量の百分率で表わしたものである．

ファントムはφ24cmの圓筒形の水．圖中の照射野は中心における値である．線質は H.V.L. 1.0 mmCu. である．

V 計算値と實測値との比較

振子照射についてのFig. 5 ～Fig. 10の實線は，線質が H.V.L. 0.5mmCu という點を除いて，すべて計算値と全く同條件の下に行われた測定値を示す．これらの値は，Wachsmann が，Condenser Chamber によつて得たものである[8]．又Fig. 11及び Fig. 12の實線は，計算値と全く同條件の下に行われた，Wachsmann 及び Roßmann の測定値である[8]．

實測値と計測値とを比較すると，次のことがわかる．

1) 135° 振子照射までは，比較的よく一致している．

2) 深さ 8.5cmを中心にした90° 照射の計算値は，特に實測値より大きい．(Fig. 8)

3) 180° 振子照射の場合は，振動中心が深さ 5.5cm，8.5cmのいずれの場合も計算値は實測値より小さく，特に表面と振動中心の中央で，その差が大きい．(Fig. 7, Fig. 10)

4) 振子照射の線量最大點の位置は，一般に計算値の方が中心に近く，線量は大きい．

5) 回轉照射の場合は，180° 振子照射と同じく，計算値は實測値より非常に小さい．

以上のように，計算値は種々の點で，實測値と一致しない．併し最も大きな相違は，3)と5)の場合の分布曲線の傾向の違いであろう．又，一門照射の場合と異り，常に皮膚よりも身体内部の點がより多量の線量をうける場合，最も重要なことは，それらの線量が過小に評價される危險である．このような點からも，3)と5)の計算値が，實測値より小さい場合が，計算によつて線量を予知することに對して，問題となる．筆者はこの點に問題を限定して，その補正を考慮した．

Fig. 10

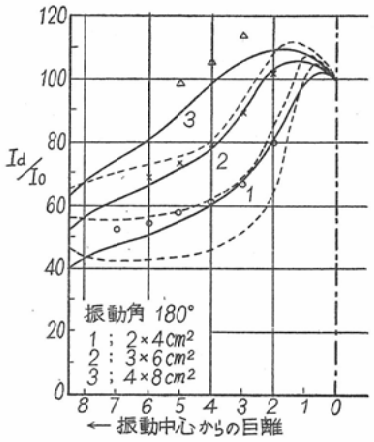


Fig. 11

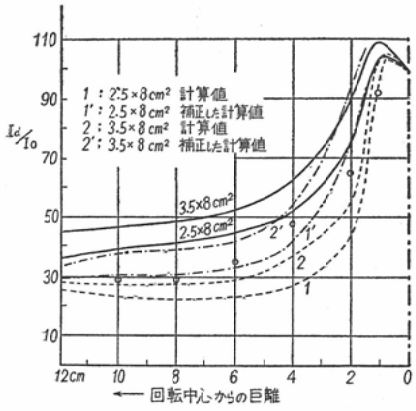


Fig. 12

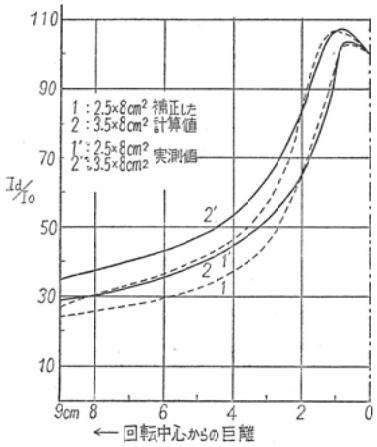
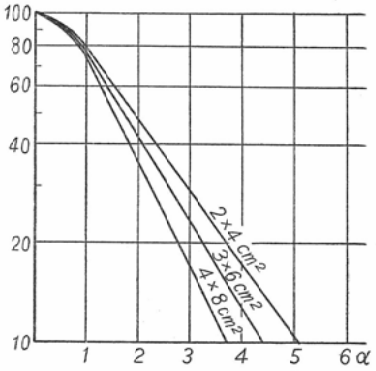
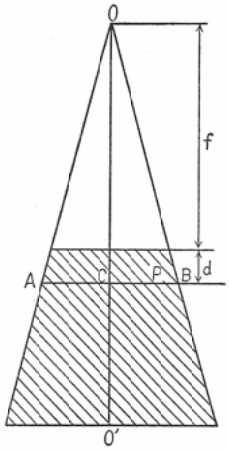


Fig. 13



側面散乱の割合（第14図の$\frac{CP}{CB}$（$=\alpha$）に対して与えられる）．縦軸は中央線上の散乱線の値を100%としたものである．

Fig. 14



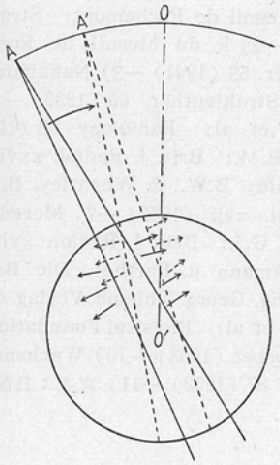
IV　利用線維外の散亂線

3)と5)は，結局 180° 以上の振動（回轉）照射の場合に，計算値が實測値を下まわるという言葉でまとめることが出來る．

この原因の1つとして，計算値では，考慮されていない，利用線維外への散亂線の積算がある．これによる誤差は振子角（回轉角）が大きくなる程，大きいであろう．

線維外の散亂線強度をもとめたものには，Wheatley の論文[5] がある．それによると，Fig. 13 の如く，散亂線強度は，中心線上の散亂線量から指數函數的に減弱する．

Fig. 15
利用線錐外への側面散乱



線維が移動して，或點を通過する迄に既にその點は，上のような線維外への散亂線の中に入り，線維が通過したあとで，再び，この散亂線にさらされる．任意の振子照射の場合に，この散亂線の積算量を1つの數式にまとめることは困難である．

Wheatley の論文の考え方により[5]，先にもとめた Fs を使用して，圖式的に計算した．

180° 振子照射について，この散亂線附加を考慮に入れた場合の計算値を，夫々の圖中に○，×，△印で示した．(Fig. 7, Fig. 10)

ファントム斷面が圓形の場合，回轉照射では，F.S.D. が變化しないから，側面散亂の附加も中心に關して對稱である．從つて，Fig. 13の側面散亂を數値積分した値だけ Fs の値が build up されたと考えて補正してみた．Fig. 11の鎖線及び Fig. 12の點線が，その計算値である．このような概略的な計算は，回轉照射の場合でも常に出來るわけではない．念のため，Wheatley 式に計算したものを Fig. 11の照射巾 2.5cmの場合のみについて計算し，その結果を○印で示す．

このようにして，側面散亂の附加を補正したものは，180° 振子照射の場合は，大略，實測値と一致する．回轉照射の場合には尙，實測値より小さい．

VII 考按並びに結論

移動照射における線量分布の計算には，種々の困難がある．

筆者の計算に於ては，先づ，その基礎分布曲線の求め方が近似的な考え方によつている爲，中心部に近い程，誤差が生ずる[10]．

又，移動照射では，よく矩形照射野が使用される．これは病巣の大きさや形に適應させると同時に，時間因子を小さく保つたまゝ，深部線量を増すのに良い方法であるが，矩形照射野の深部率を測定した資料が少い．

筆者は，これを同面積の圓形照射野の値をつかつて計算した．これも誤差の原因になる．その他移動照射では，その術式上，どうしても焦點の近くで線束をしぼる必要がある．その爲半影が特に線量分布に影響を與えるであろう．

Table 2

深さ	線量寄与		
	一次X線	線維内散亂線	線維外散亂線
2.5	33.0	9.5	10.8
3.5	33.0	11.0	16.0
4.5	32.5	13.5	19.5
5.5	36.0	15.0	19.0
6.5	41.0	21.0	18.7
8.5	64.0	36.0	0.

Fig. 10 の照射野 2×4 cm² の場合
中心線量に対する 100分率．

更に，ファントムの大きさによる深部率曲線の變化も問題になるであろう[10]．回轉照射の場合（回轉中心が深い程），計算値と實測値の食違いが大きいのは，このような深部率曲線の變化がきいてくると考えられる．

このように，移動照射の線量分布の計算値と實測値の不一致には，種々の原因が考えられる．併し，本文で示したように，利用線維外への散亂線の積算が，最も重要が原因であると考えてよいであろう．線維外散亂線が，線量分布に如何に大きな影響を與えるかということを示すために，第10圖の 180° 振子照射の場合の計算を表に示す．

以上の結果をまとめると，大体次のようにな

る.

1. 振子照射に於ては,振子角 135° 前後迄,深さ 8 cm前後迄を振動中心とする場合は,利用線維外散亂を無視して計算しても大きな誤差はない.

2. 振子角が 180° 前後になると,線維外散亂を考慮に入れねばならぬ.又これによつて,大略,實測値と一致する.

3. 回轉照射では,線維外散亂を考慮しても,尙,計算値は實測値より小さい.

4. 線量最大點の位置を正確に算出出來るような,簡單な因子を求めることは難しい.

御指導,御校閲載いた,西岡教授に感謝する.又種々御援助を戴いた,大日本レントゲン,丹羽勇氏,並びに日生病院諏訪信吾氏,文献の御世話になつた島津製作所中堀孝志氏に感謝する.

文 獻

1) R. du Mesnil de Rochemont: Strahlenther. 60 (1939) —2) R. du Mesnil de Rochemont: Strahlenther. 59 (1941) —3) Nakaizumi u. Miyakawa: Strahlenther. 66 (1939) —4) M. M. Kligerman et al: Radiology 62 (1954) —5) Wheatley, B.M.: Brit. J. Radiol. xxviii (1955) —6) Worthley, B.W., & Wheatley, B.M.: Brit. J. Radiol. xvii (1952) —7) Meredith, W.J. and Neary, G.J.: Brit. J. Radiol. xvii (1944) —8) Wachsmann u. Barthe: Die Bewegungsbestrahlung, Georg Thieme Verlag (1953) —9) Glasser et al: Physical Foundation of Radiology, Hoeber (1953) —10) Wachsmann: Strahlenther. 87 (1952) —11) 宮永：日医放誌, 16 (1957)

Fundamental Study of the Dose Distribution in water Phantom in Rotation and Pendulum Irradiation

By

School for X-Ray Technicians, attached to the Faculty of Medicine, Osaka University
(Director: Tokio Nishioka M.D.)

Ichiro Miyanaga

Summary

The dose distribution in the water phantom was caclculated in rotation and pendulum irradiation, and compared with the measured values by Wachsmann and Rossman.

Summary of the results were as follows:

1) In the pendulum irradiation, up to angle 135°, the calculated values approximately coincided with the measured values.

2) In the 180° pendulum irradiation and the rotation irradiation, the calcultated values went far under the measured values.

3) The origin of this discrepancy was shown to be mainly in the integration of the off-beam scatter, using the off-axes factor by Wheatley.

4) The dose contribution of the off-beam scatter in the moving-field therapy was marked.