

子宮頸癌に対する振子照射法の基礎的研究

第 1 篇 骨盤内線量分布について

昭和34年4月20日 受付

信州大学医学部産科婦人科学教室 (主任: 岩井正二教授)

青 木 安 弘

Basic Studies on the Pendulum-irradiation in the Treatment of Cervical Cancer of Uterus

Part 1. On the Dose-distribution in the Pelvis

Yasuhiro Aoki

Department of Obstetrics and Gynecology, Faculty of Medicine,
Shinshu University
(Director: Prof. S. Iwai)

緒 言

癌に対する放射線治療の進歩は最近めざましいものがある。就中癌治療上最も問題となる線量空間分布に関して、回転照射法乃至振子照射法の出現は従来の放射線療法に全く革命的变化を与えたといつても過言ではない。本照射法はいまや各領域の癌治療に欠くべからざるものとして用いられている事は周知の如くであるが、子宮頸癌に対する応用は比較的少く、而も本邦における研究は殆んど無きに等しい現状である。これは子宮頸癌においては、①原発巣に対してRa, Co⁶⁰直接照射が極めて有効であり、特に本法を用いる必要がない事。②旁結合織、リンパ節に用いる事が出来ればよいが、その方法は簡単でなく又効果の判定が困難である事。等によるものである。そこで著者は本照射法が子宮頸癌治療にも用い得るかどうか、若し用い得るとすればどのような様な形式、条件が最も適当であるかを研究した。

本法は病巣のみに出来るだけ大量の放射線を与え、周囲健康組織は成るべく庇護するという放射線療法原則を強力に推進めた照射法であるから④、照射前に病巣範囲を極めて正確に知悉しておく必要がある事は勿論、各照射条件におけるあらゆる線量分布を予め正確に測定しておき、実際の照射に当つては病巣に最も適合する線量分布を選ぶ事が肝要である。若しこれに欠ける処があれば、本法により効果をあげ得る所か、かえつて危険な結果を招くおそれがある。この意味から著者は先ず本法の子宮頸癌照射に必要な骨盤内線量分布を測定し、些か知見を得たので報告する。

第1章 基礎的実験

本照射法で最も問題となる深部量率がどの程度であるか、又如何なる条件 (電圧, 焦点回転軸間距離

(FDA), 照射野巾, 回転角度) 等によつて影響されるかを中心軸回転の場合について実験した。

第1節 実験方法

1. レ線発生装置

東芝 KXC-18-3 型回転用深部治療装置 (200kV, 25mA), 焦点回転軸間距離 50~70cm 可変, 320°迄の任意角度の振子回転可能, 回転時間 320°に約1分30秒。(第1図)

2. ファントム

水ファントムを用いた。即ち硬質ビニール製正円筒 (直径 24cm, 高さ 25cm) を製作し、これに線量計を挿入しても水が流出せぬ様底面 24×20cm, 高さ 40cm の角筒を接続させたものを使用した。尚後述の骨盤内線量分布の測定には、日本婦人骨盤部に近似の大きさの3種の楕円形ファントムを使用した。その大きさ (長径×短径×高さ) は夫々 32×20×25, 30×18×25, 26×16×25cm である。(第2図)

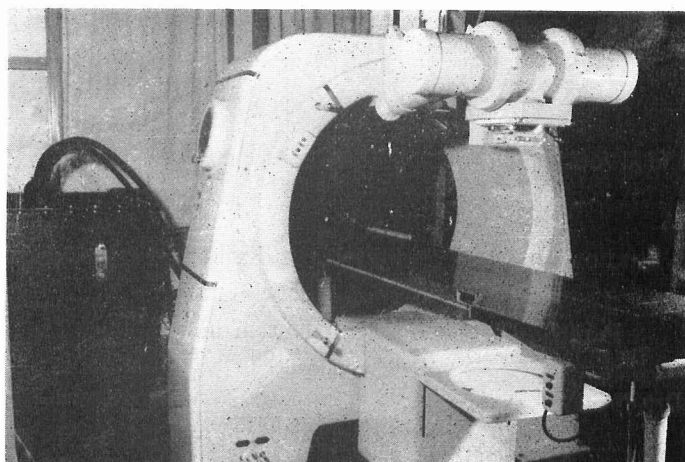
3. 線量計

本学中央レ線部鈴木氏作製の G III 型積算線量計を使用した。その特性の詳細は近く製作者により発表の予定であるが⑩、電離槽の大きさは内径 3mm, 長さ 5mm で、1m の可撓性ケーブルにより Adapter に達しこれからコードで入力型真空管式電位計に連絡されている。測定範囲は 100 目盛が 15, 30, 60r の3種に切換えられる様になつている。(第3図)

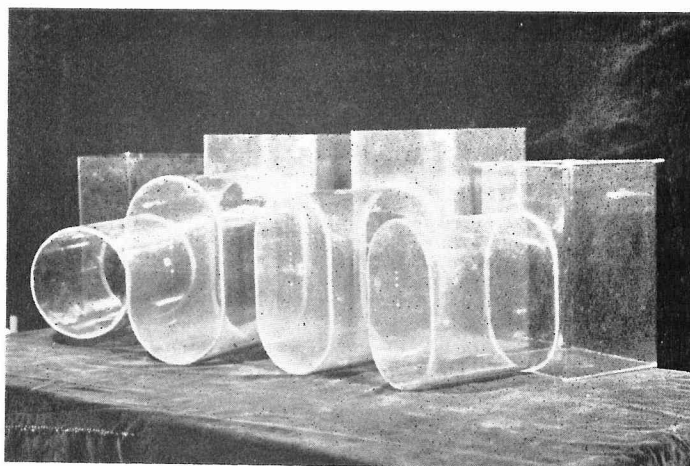
4. 線量計固定並びに微動装置

電離槽ケーブルの上をゴム、竹筒で被い、これを支持腕先端で固く把持し、上下並びに左右の2方向に微動させ得る装置 (第4図) を用いた。移動距離はmm単位迄正確に読む事が出来るが、測定は大体 5mm おきに行つた。測定状況は第5図の如くである。

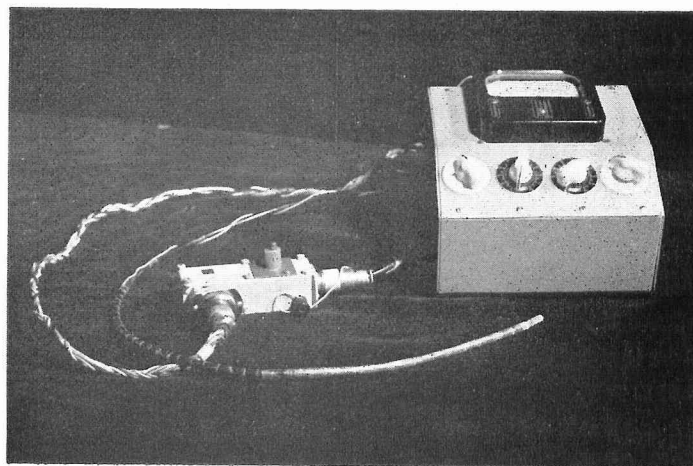
第1図 教室設置振子照射装置 (東芝KXC-18-3型)



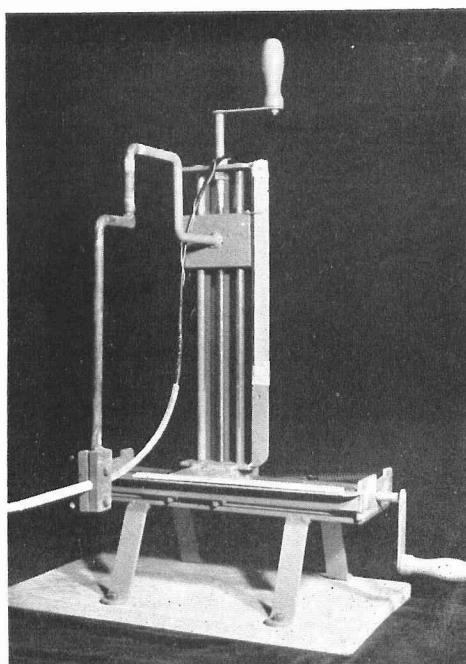
第2図 各種ファントーム



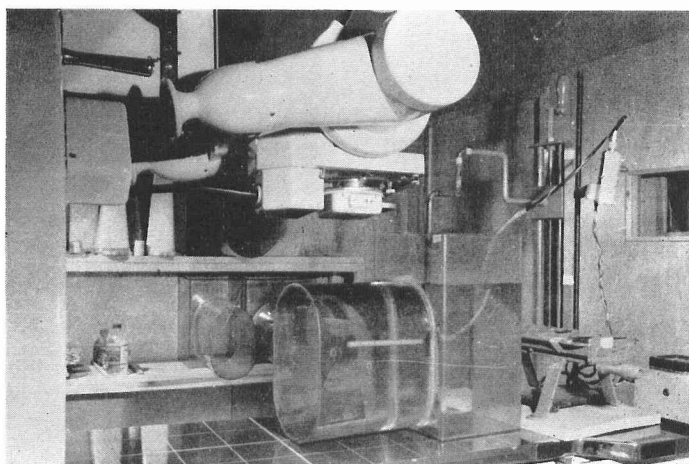
第3図 GIII型積算線量計一式



第 4 図 微 動 装 置



第 5 図 測 定 状 況



第 2 節 実験成績

1. 電圧による影響

FDA 50cm, 軸照射野 4×8 cm で管電圧を 80kV から 200kV 迄変化させた場合の直径上の分布, 並びに中心部深部量率と半価層との関係は第 6 図の如くである。

即ち FDA 50cm, 軸照射野 4×8 cm にて, 80kV で 123%, 140kV 184%, 180kV 213%, 200kV 220% と管電圧の上昇と共に深部量率は増加するが, 180kV

以上では増大度が減弱する。

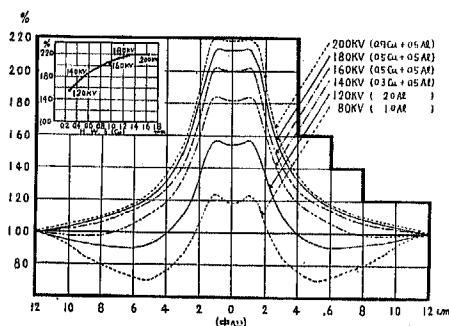
2. 焦点回転軸間距離 (FDA) による影響

管電圧 180kV, 軸照射野 4×8 cm で FDA を 50, 60, 70cm と変化させた場合の直径上の分布は第 7 図の如くである。

則ち深部量率は 213% 前後で殆ど変化なく, FPA が 50~70cm 程度では深部量率に影響を及ぼさない事がわかる。

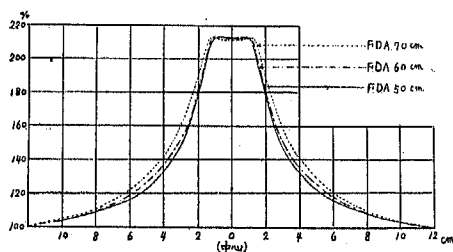
第6図 各管電圧における直径上の分布曲線
並びに中心部深部量率と半価層との
関係

(FDA 50cm, 照射野 4×8)



第7図 各焦点回転軸間距離における直径上の
分布曲線

(180kV, 照射野 4×8)

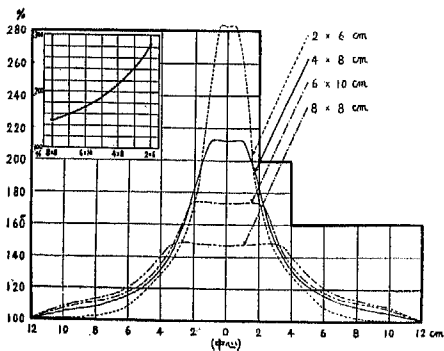


3. 照射野巾による影響

照射野巾が深部量率に密接な関係がある事は本照射法の性質上当然であるが、管電圧 180kV, FDA 50cm とし軸照射野 2×6, 4×8, 6×10, 8×8cm の各々について実測した成績は第8図に示す如く、夫々の深部

第8図 各照射野巾における直径上の分布曲線
並びに中心部深部量率と照射野との
関係

(180kV, FDA 50cm)



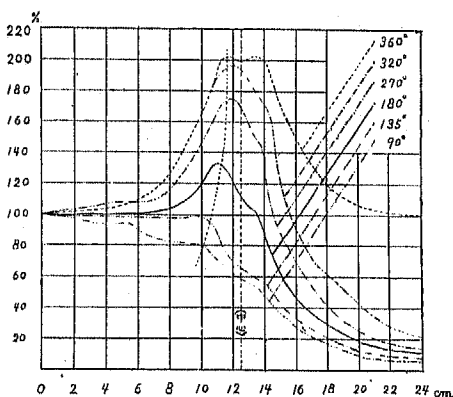
量率は284, 213, 174, 149%で、照射野の巾は深部量率に著明な影響を与える事がわかる。

4. 回転角度による影響

管電圧 180kV, FDA 50cm, 軸照射野 4×8cm で、回転角度 90°, 135°, 180°, 270°, 320°, 360° の各々の場合における中心軸上の線量分布は第9図の如くで、回転角度の増加に伴い深部量率は著明に増大する。

第9図 各回転角度における直径上の分布曲線

(180kV, FDA 50cm, 照射野 4×8)



第3節 小 括

本照射法における深部量率は、従来固定野照射法で最も大きな影響力をもつ FDA、管電圧では大した影響はなく、照射野巾と回転角度とが最も大きな影響を与える。従つて深部量率増大には回転角度は出来るだけ大きく、照射野巾は出来るだけ小さくすれば良い事がわかった。

第2章 子宮頸癌照射時の骨盤内線量

分布

経皮照射の最も重要な対象は云うまでもなく骨盤壁リンパ節であるが、これら左右の骨盤壁リンパ節群に対して、別々に回転中心をおいて照射すれば、本法の特徴を発揮しながら(照射野巾を大きくしないで)照射出来る事は岩井等⁽⁶⁾⁽²¹⁾により強調せられている処である。この為回転軸を側方においた偏心軸回転について種々な条件における骨盤内線量分布を検討した。

第1節 偏心軸回転

第1項 実験方法

測定装置は前章記載のものと同様であるが、ファントムは前記楕円型のものを使用した。

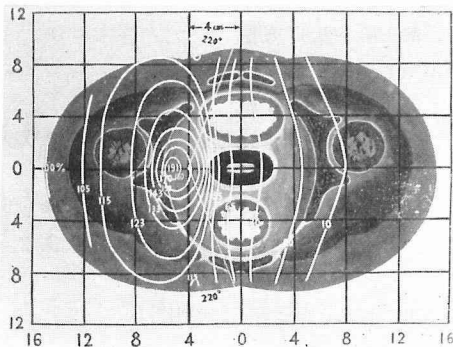
第2項 実験成績

実測した線量分布と電圧, FDA, 照射野巾, 回転

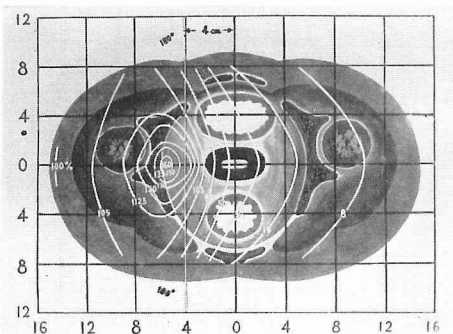
角度等との間には前記中心回転の場合と略々同様な関係が成立する事がわかったが、その際の実測値を骨盤内に投影した成績の2, 3を示すと第10~13図の如くである。

次にこれらの測定値から、臨床応用上問題となる照

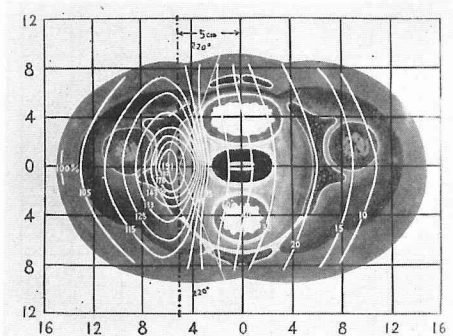
第10図 片側照射における骨盤内線量分布
(偏心 4cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



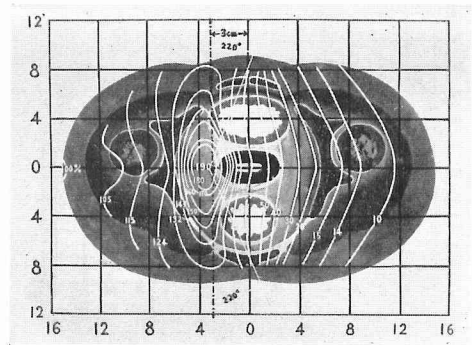
第11図 片側照射における骨盤内線量分布
(偏心 4cm, 照射野 4×8, 回転角度 180°)



第12図 片側照射における骨盤内線量分布
(偏心 5cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



第13図 片側照射における骨盤内線量分布
(偏心 3cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



射野巾, 回転角度, 偏心距離等に関し長径上の線量分布について観察した成績は次の如くである。

1. 照射野巾

管電圧 180kV, 偏心 4cm, 回転角度 220° で軸照射野巾を 2~8cm にした場合の長径上の分布は第14図の如くであり、この場合の各照射野巾の最高線量を 100% とすると第15図の如くなる。

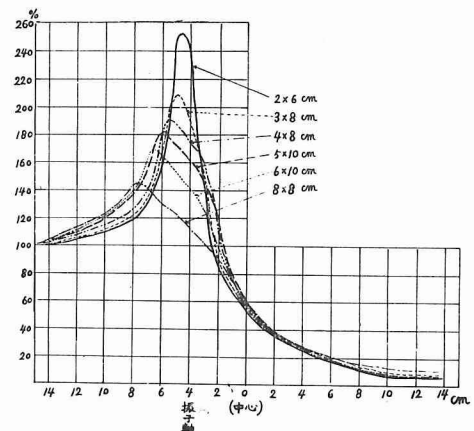
即ち照射野巾の狭い程深部量率が高くなっている事は勿論であるが、巾の増大と共に最高線量部が表面に移動する事がわかるが、詳細は後述する。

2. 回転角度

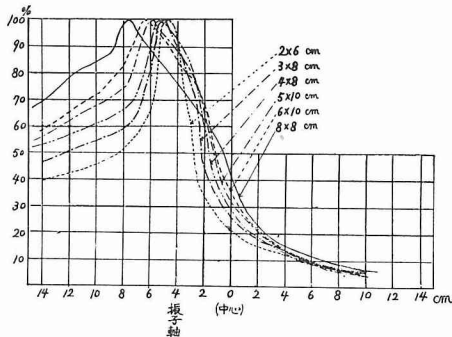
管電圧 180kV, 偏心 4cm, 軸照射野 4×8cm で回転角度を 60°~360° に変えた場合の長径上の分布は第16図の如くである。又各回転角度の最高線量部を 100% とした場合の線量曲線を第17図に示す。

即ち回転角度が大になるに従って深部量率は増大す

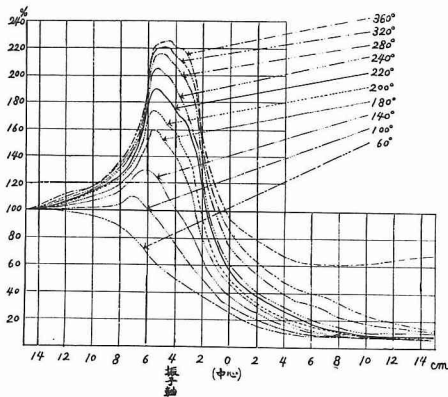
第14図 各照射野巾における長径上の分布
曲線
(180kV, 偏心 4cm, 回転角度 220°)



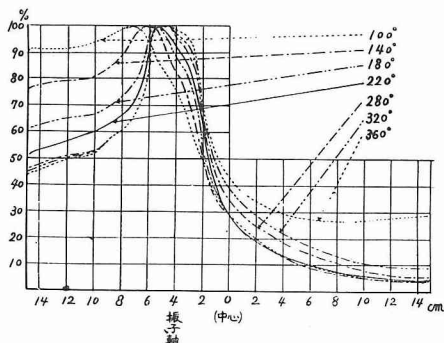
第15図 全上線量曲線
(最高線量を100%とす)



第16図 各回転角度における長径上の分布曲線
(180kV, 偏心 4cm, 照射野 4×8)



第17図 全上線量曲線
(最高線量を100%とす)



るが、一定度(280°)以上では増大率が小さくなり、又回転角度が小さな程最高線量部は表面に移動するが、これについては後述する。

3. 偏 心 度

偏心によつては分布曲線の形は殆んど変わらず、その程度に従い全体として表面に近づく為に、中心部の線量が少なくなるだけである。

第2節 両側偏心軸回転

偏心軸回転によつて骨盤壁照射が可能である事は前節の成績から明かであるが、臨床の実際にはこれが両側に行われるのであるから、この両側照射によつて線量分布殊に中央部の線量にどのような影響があるかを知る為、各条件において実測した。

第1項 実験方法

前節記載のものと同様である。

第2項 実験成績

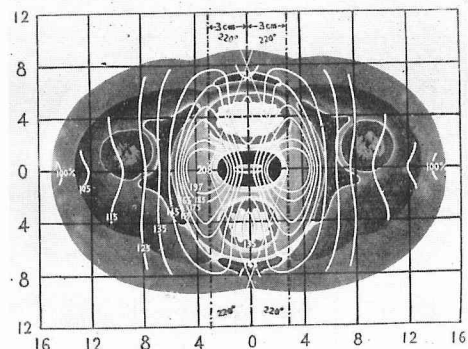
各種条件における実測値を骨盤内に投影した成績の2, 3を示すと第18~21図の如くである。

更にこれらの測定値に基き、臨床応用上問題となる諸点について観察を試みた成績は次の如くである。

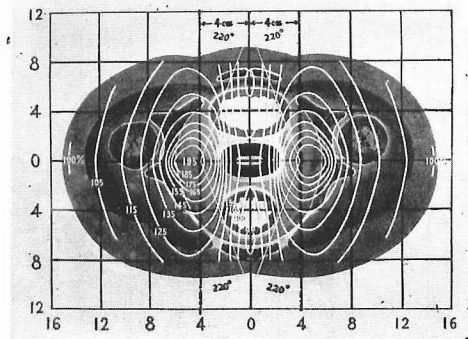
1. 長径上の分布

長径上における線量分布を照射野巾、回転角度、偏

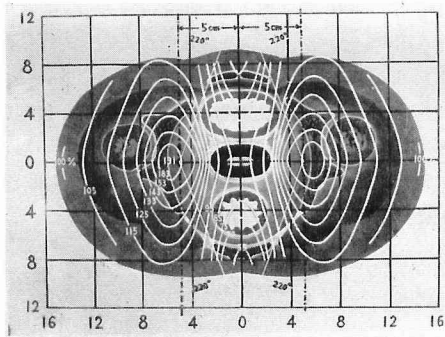
第18図 両側照射における骨盤内線量分布
(偏心 3cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



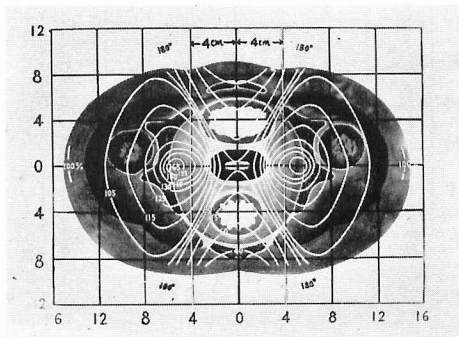
第19図 両側照射における骨盤内線量分布
(偏心 4cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



第20図 両側照射における骨盤内線量分布
(偏心 5cm, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



第21図 両側照射における骨盤内線量分布
(偏心 4cm, 照射野 4×8, 回転角度 180°)



心度について検討を試みた結果、照射野巾については片側照射の場合と大した相違はなく(第22, 23図), 問題となるのは回転角度と、偏心度とである事が判つた。即ち回転角度については第24, 25図の如くで角度の増大と共に深部量率は増加するが、中央部線量も亦増大する。又偏心度と線量分布との関係は第26, 27図の如くである。この偏心の程度は病巣の位置により決定されるものであり、両側偏心回転の場合は偏心度が少いと深部量率は多少増加するが、中央部線量の増大は更に著明である。

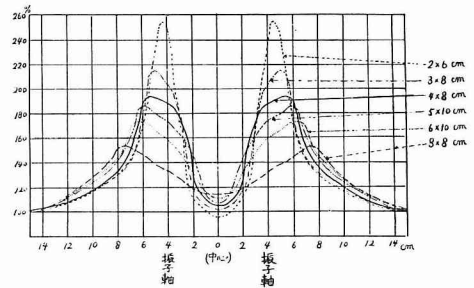
2. 短径上の分布

両側偏心回転の場合の中央部(略々子宮頸部)の線量の変化は上記の如くであるが、問題となるのは子宮頸部よりむしろ膀胱、直腸であるので、これらの部分を通過する短径上の分布を観察した。

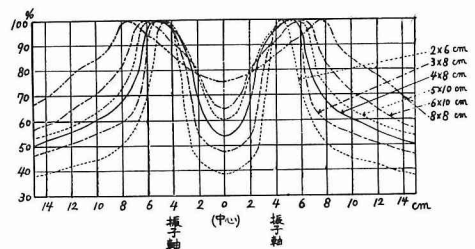
(1) 回転角度による変化

長径上の分布では回転角度により中央部線量は増大したが、180°~240°では大差がみられなかつたのに反し、短径上の分布は第28図に示す如くで、220°以上に

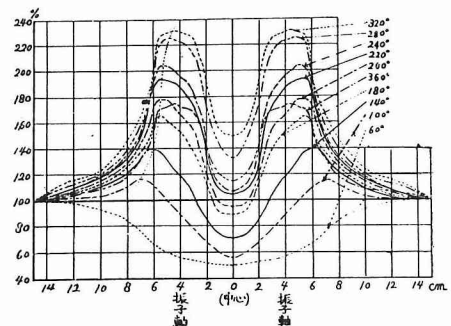
第22図 各照射野巾における長径上の分布
曲線
(180kV, 偏心 4cm, 回転角度 220°)



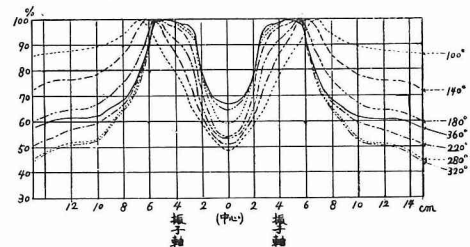
第23図 全上線量曲線
(最高線量を100%とす)



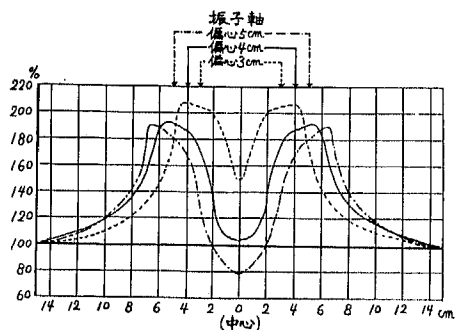
第24図 各回転角度における長径上の分布
曲線
(180kV, 偏心 4cm, 照射野 4×8)



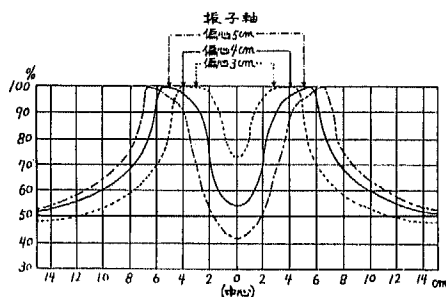
第25図 全上線量曲線
(最高線量を100%とす)



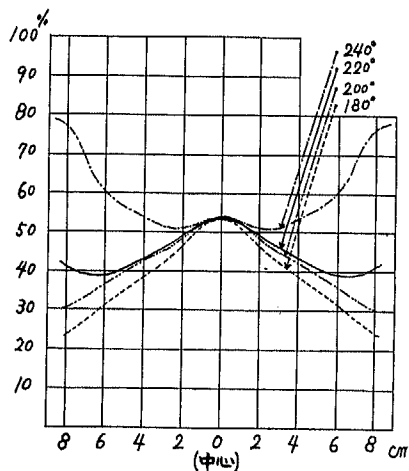
第26図 各偏心度における長径上の分布曲線
(180kV, 照射野 4×8, 回転角度 220°)



第27図 全上線量曲線
(最高線量を100%とす)



第28図 短径上分布の回転角度による変化
(最高線量を100%とす)



なると線量は表面に近づくに従い激増する。即ち220°以上では膀胱、直腸附近の線量が急増する事がわかる。

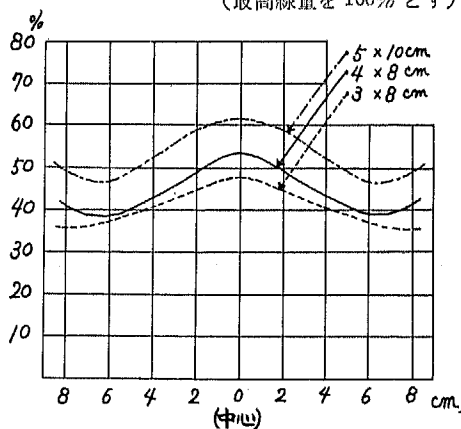
(2) 照射野巾による変化

照射野巾を大にするに従つて中央部線量も増大するが、3, 4, 5cmの程度では表面に近づくに従い減少する。(第29図)

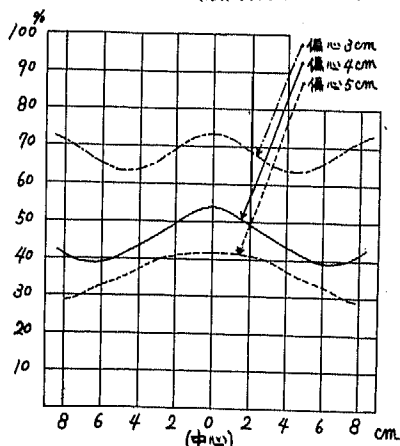
(3) 偏心度による変化

偏心度が少い程中央部線量が高まるが、偏心3cmでは中央部線量が多く(70%以上)になると同時に表面に近づくに従つて増加する。即ちこの場合にも膀胱、直腸障害の危険がある。(第30図)

第29図 短径上分布の照射野巾による変化
(最高線量を100%とす)



第30図 短径上分布の偏心度による変化
(最高線量を100%とす)



第3節 最高線量部の移動、指示照射野の巾並びに有効線錐の巾

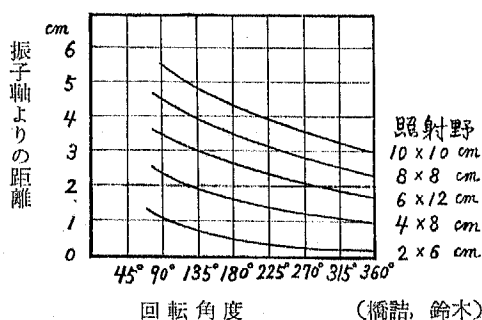
こゝには臨床応用に関係深いと考えられるこれら諸問題について観察した成績を記す事とする。

第1項 最高線量部の移動

最高線量部の移動は前記の如く回転角度と照射野巾とに關係して移動するが、これらの關係を中心回転の場合について觀察した成績は第31図及び第1表の如くで、回転角度の減少、照射野巾の増大と共にこの移動は著明になる。

次に偏心回転における、これらの關係を示せば第32, 33図の如くで、中心回転の場合と略々同様な事がわかつた。

第31図 最高線量部の移動と回転角度、照射野との關係 (中心回転)



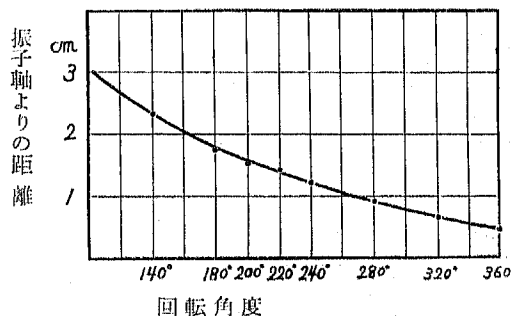
第1表 最高線量部の移動と回転角度、照射野との關係 (中心回転) (cm)

照射野 \ 回転角度	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
10 × 10	5.4	4.9	4.4	4.0	3.6	3.3	3.0
8 × 8	4.4	4.0	3.6	3.2	2.9	2.6	2.4
6 × 12	3.4	3.4	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8
4 × 8	2.3	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
2 × 6	1.0	0.8	0.5	0.4	0.2	0.1	0

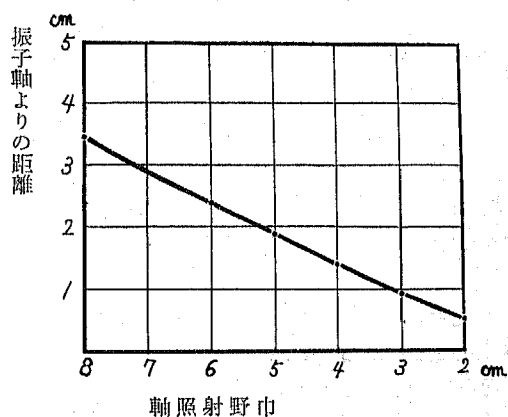
更に日常照射条件における最高線量部の移動距離を求めた成績は第2表の如くである。

この場合角度は180°~220°の小変化であるので、こ

第32図 最高線量部の移動と回転角度との關係 (180kV, 偏心 4cm, 照射野 4×8)



第33図 最高線量部の移動と軸照射野巾との關係 (180kV, 偏心 4cm, 回転角度 220°)



第2表 日常照射条件における最高線量部の移動 (cm)

偏心度	照射野 ファンタム 回転角度	3 × 8			4 × 8			5 × 10		
		180°	200°	220°	180°	200°	220°	180°	200°	220°
3 cm	大	0.7	0.5	0.4	1.2	1.0	1.0	1.7	1.6	1.5
	中	0.8	0.6	0.5	1.3	1.2	1.1	1.8	1.7	1.5
	小	1.0	0.8	0.7	1.5	1.4	1.3	1.9	1.8	1.7
4 cm	大	0.9	0.7	0.6	1.4	1.3	1.2	1.8	1.7	1.6
	中	1.2	1.0	0.9	1.7	1.5	1.4	2.1	1.9	1.8
	小	1.2	1.1	1.0	1.7	1.5	1.4	2.1	1.9	1.9
5 cm	大	1.0	0.9	0.8	1.5	1.4	1.3	2.0	1.8	1.7
	中	1.2	1.0	1.0	1.7	1.6	1.5	2.2	2.0	1.9
	小	1.3	1.2	1.1	1.8	1.6	1.5	2.2	2.0	2.0

れによる移動距離の変化は殆んど認められないが、照射野巾による変化はかなり著明で、最低0.4cm、最高2.0cmであり、最も一般に用いられる4×8cmでは1.0～1.8cmである。

第2項 指示照射野の巾並びに有効線錐の巾

1. 本照射法における照射野巾は高さ（長さ）と全く意味が異なり、単なる線量集中度に対する係数であり、従つて指定された照射野内の線量分布は前記諸図から明かな様になり不均等である。この為指示された照射野巾の辺縁における線量が最高線量部の何%になるか、又これが他の照射条件によりどの様に变化するかを観察した成績は第3、4表の如くである。

第3表 照射野巾（4cm）端における線量（最高線量に対する百分比）の回転角度による影響
(180kV, 4×8)

回転角度	360°	320°	280°	240°	220°	200°	180°	140°	100°
片側照射	78	77	77	77	78	78	79	87	93
両側照射	85	84	84	83	83	83	84	85	91

第4表 照射野巾端における線量（最高線量に対する百分比）の軸照射野巾による影響
(180kV, 220°)

照射野	2×6	3×8	4×8	5×10	6×10	8×8
片側照射	76	78	78	77	78	77
両側照射	83	84	83	83	84	82

表に示す様に、照射野巾の端における線量はかなり減少する事が認められる。

2. この様に照射野巾内の線量はかなり不均等であるが、この点を別の面から観察する為、有効線錐なるものを仮定してそれがどの程度の巾を有するかを検討した。この場合最高線量部の何%迄が有効であるかは臨床的に甚だむづかしい問題であるが、いま各照射条件において90%、80%、70%の強度を有する線錐の巾を調べた結果は第5、6表の如くである。

以上の成績から、日常照射条件（偏心4、5cm、軸照射野4×8cm、回転角度180°～220°）においては、照射野巾端で最高線量部の78～84%、又有効線錐の巾を最高線量部の80%迄とした場合、その巾は3.7～4.6cmである。

第4節 小 括

(1) 偏心軸回転の場合において、深部量率を左右するのは中心回転の場合と同様、照射野巾、回転角度である。

第5表 有効線錐の巾と回転角度との関係 (cm)
(180kV, 4×8)

照射法 線量度	360°	320°	280°	240°	220°	200°	180°	140°	100°
片側照射	90% 3.3	80% 3.2	70% 2.8	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	6.8
両側照射	90% 3.6	80% 4.6	70% 4.5	4.6	5.1	6.0	6.5		
片側照射	90% 3.6	80% 4.6	70% 4.5	4.3	4.3	4.3	4.4	4.6	6.2
両側照射	90% 6.6	80% 6.0	70% 5.5	5.5	5.7	6.5	7.0		

第6表 有効線錐の巾と照射野との関係 (cm)
(180kV, 220°)

照射法 線量度	2×6	3×8	4×8	5×10	6×10	8×8
片側照射	90% 1.2	80% 1.7	70% 2.3	2.5	2.7	2.8
両側照射	90% 1.8	80% 2.7	70% 3.7	4.4	5.1	6.7
片側照射	90% 2.3	80% 3.8	70% 5.1	6.9	8.5	11.0
両側照射	90% 1.4	80% 2.4	70% 3.2	3.3	3.7	3.9
片側照射	90% 2.2	80% 3.1	70% 4.3	5.2	6.3	8.5
両側照射	90% 2.8	80% 3.9	70% 5.7	7.0	9.3	

(2) 両側偏心軸回転の場合における、長径上並びに短径上の線量分布を各種条件について実験観察した結果、臨床の実際において最も重大な影響を及ぼすのは、回転角度と偏心度とであり（照射野巾は片側照射の場合と大差なく）、目的とする骨盤壁線量を高め、而も膀胱、直腸部附近の線量を僅少に止めるには、回転角度は220°以下、偏心4cm以上が適当である。

(3) 本法による最高線量部は回転角度が360°以下の場合、回転軸と一致せず各照射条件に従つて移動するので、その程度を実測した。

(4) 本法における照射野巾は高さとは全く意味が異なり、単なる線量集中度に対する係数であり、その巾内の線量分布はかなり不均等であるので、この点に関し照射野巾端における線量の最高線量に対する百分比、並びに有効線錐（90、80、70%とした場合）の巾の2方面から観察を試みた。

考 按

子宮頸癌に対する放射線療法において今日最も問題となるのは、もはや原発巣に対するそれではなく、旁結合織、リンパ節に対する照射法である。従つて近年発達してきた回転照射法乃至振子照射法も亦この一つとして考慮するべきである。而してこの実地的応用には骨盤内線量分布を知る事が不可欠の条件であるが、

著者はこの点について実験研究を行つたので、以下その成績を中心にこの問題を検討する事とする。

本照射法における線量分布の理論的算出について、既に1937年以来 Du Mesnil^{⑪⑫⑬⑭}が極めて詳細な研究を発表しているが、その条件が複雑多岐にわたり、而も計算による数値は実際とかなり相違したものになり、結局は実測によらなければならないとされている^⑮。この様な理由から先ず基礎的実験において、本照射法の特徴ともいふべき深部量率の増大が如何なる条件によつて得られるかを実測した処、従来の固定野照射法で大きな影響をもつた電圧、焦点皮膚間距離(FDA)等は大きな問題とならず、本法では専ら照射野巾と回転角度とにより左右される事が判つた。即ち電圧について見れば、半価層1.6mm Cu 以上では略々一定となる。中泉・宮川^⑯及び著者等^⑰が先に発表した成績では180kV 程度から既に大した変化を認めなかつたが、今回200kV 程度迄多少の増加が認められたのは使用したファントムの相違によるものと考えられる。何れにせよ本法では電圧を180~200kV 以上にあげる事は意義が少い。FDA についても根本的には電圧と同様の事が言い得て、50~70cm 程度では殆んど変化は認められなかつた。Du Mesnil^⑱によれば、FDA が大きくなれば深部量率はむしろ減少し、殊に被照射体が大きくなれば更に著明になるという。従つて臨床的にはFDA を50cm 以上にする事は無意義であり、寧ろ逆に出来るだけ短くして絶対線量の増加を計るべきである。

これらの条件に較べ照射野巾の本法における意義は全く異り、前記諸実験から明かな様に、この巾が狭くなればなる程深部量率は著明に増大し、他方 Neumann u. Wachsmann^⑲、Spechter^⑳等のいう如く病巣以外への線量減弱が顕著となり、かくして周囲健康組織を庇護しつつ病巣のみに大量を与え得るわけである。又回転角度について見れば、角度の増大と共に深部量率が上昇する事は云うまでもない処である。以上から本照射法においては、回転角度と照射野巾が最も大きな影響を与え、その効果(E)は次式で表わされる。

$$E = \frac{\text{回転角度}}{\text{照射野巾}}$$

そこでいま本法を子宮頸癌に用いる場合を考察して見る。①原発巣に対してはRa, Co⁶⁰ 直接照射が適当であるが、若し本法を用いるならば如何であろうか。体中心にあつて全回転が可能であるから適当かと考えられるが、この場合の軸照射野巾は少くとも6~7cm が必要で、この際の深部量率は140~150%に過ぎず、

而も膀胱、直腸も略々同線量をうけるわけで、わざわざ本法を用いる意味はない。他方 ②骨盤壁リンパ節は経皮照射の最も重要な対象であるが、若し両側の骨盤壁リンパ節を含めて中心回転により一緒に照射しようとするれば、その巾は14~15cm 以上となり本法の特徴は全く失われ、本法は頸癌照射としては用い得ない事になる。処が原発巣はRa, Co⁶⁰ にゆだね左右の骨盤壁リンパ節群に対して別々に回転中心をおいて照射すれば(偏心軸回転)、本法の特徴を充分に発揮し得て頸癌照射に用い得る可能性のある事は先に記した如くである。

この様な見地から偏心軸回転について実験を試みた結果は、基礎的実験における成績が略々そのまゝ妥当する事を確め得たのであるが、臨床的には両側偏心軸回転が行われるので、1側照射の場合より稍々複雑な問題が提起される。即ちその一つは回転角度並びに偏心度の問題で、他は最高線量部の移動、照射野巾内における線量分布の問題である。

先ず回転角度について見れば、1側偏心軸回転において一定以上の角度では深部量率の増大率が減少するが、これは反対側からの透過線量に加わつて表面量も亦増加する為と考えられる。更に両側偏心軸回転においては、角度が220°以上の場合膀胱、直腸附近の線量が激増し、これら臓器障害の危険が存する事になる。この様な回転角度と中央部線量との関係は、最近における Spechter^㉑の詳細な実験においても亦確められている。他方この臓器障害の問題は又偏心度とも関係し、殊に両側回転の際には偏心度が少いと(3cm)中央部の線量は勿論、膀胱、直腸附近の線量も著明に増加する。かくして両側照射の場合、膀胱、直腸を庇護し病巣部の線量を高めるには、回転角度220°以下、偏心4cm 以上が適当という事になり、従つて臨床の実際には偏心5cm の場合は220°、偏心3cm の場合は180°以下にすべきであろう。

次に最高線量部の移動と照射野巾内における線量分布について考察を試みる。一般に回転角度が360°以下の場合、最高線量部は振り子軸と一致しない事は勿論であるが^{①②㉒}、この移動距離を求めた結果、日常照射条件における回転角度の変化の程度では大した相違は認められなかつたが、照射野巾による変化はかなり著明で、最も一般に用いられる4×8cm では1.0~1.8cm の移動が現われた。この為照射に際しては、振り子軸の位置を病巣中心より各照射条件による移動距離だけ深部におかねばならぬ事になる。次に照射野巾についてみれば、本法における照射野巾として指示されたものは、単なる線量集中度に対する係数ともみなすべ

きものである事は屢々記した如くである。臨床治療の面からは、①最高線量部の率が大で而も有効線量部の巾が出来るだけ広い事。②照射野内分布が均等で而も周辺への減弱が成るべく急である事が望ましい。然るにこれらの事は理論的に両立しないし、実際には不可能である事は前記測定成績からも明かである。例えば有効線錐の巾を広くするためには、照射野巾を大とすればいいが、それでは深部量率そのものは小さくなるし、また周囲への減弱も著明でなくなる。

本法を子宮頸癌照射に用いる場合、これらの条件は主として病巣の位置、大きさから決定され、その可変範囲は偏心4, 5cm, 軸照射野4×8, 5×10cm, 回転角度180~220°程度である。これらの条件では照射野巾端の線量は78~84%であり、有効線錐の巾を80%とした場合の巾は3.7~4.6cmである。子宮旁結合組織照射の目的には、有効線錐の巾がもう少し大きい事が望ましいのであるが、これは単に照射野巾を大きくする事だけでは不可能な事は前述の通りである。こゝに振子照射法の子宮頸癌応用への限界があり、この為には更に他の移動照射法即ち振子集光照射法^{⑦⑩⑫⑬}, Co⁶⁰ 遠隔回転照射法^{③④⑤⑥⑩}の採用が考慮されねばならない。

結 論

1. 本照射法でその深部量率を決定するものは、回転角度及び線錐の巾である。
2. 本法を子宮頸癌に用いる場合は、偏心軸回転により左右の旁結合組織、リンパ組織を別個に照射すべきである。
3. 照射条件は軸照射野4×8~5×10cm, 偏心3~5cm, 回転角度は180~220°程度が適当である。
4. これらの条件における骨盤内線量分布曲線を作成し、その臨床的応用における問題点を検討した。
5. 本法による有効線量部の巾は临床上要求せられるものより、少々狭い欠点がある。

本論文の要旨は、第10回日本産科婦人科学会総会における岩井教授宿題報告の一部として発表した。

欄筆に当り終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜った岩井教授に深謝すると共に、長年にわたり御援助戴いた放射線科橋詰助教授、中央レントゲン部鈴木技官、丸山技師、当教室古畑学士、並びに御協力下さった産婦人科教室、東芝医療電気KK松本営業所の各位に対し心から感謝の意を表する。

文 献

- ①Bender N. u. A. Kohler: Strahlenther., 65:468, 1939. ②Bender M. u. A. Kohler: Strahlenther., 67: 669, 1940. ③Hubacher O.: Strahlenther., 102: 315, 1957. ④岩井: 産婦の世界, 6: 723 (昭

- 29). ⑤岩井: 産婦の世界, 8: 7 (昭31). ⑥岩井, 青木: 産と婦, 23: 106 (昭31). ⑦Janker R. et al.: Grundlagen u. Praxis der Bewegungsbestrahlung, Verlag W. Girardet 1955. ⑧Johnes H. E.: Amer. J. Roentgenol., 79: 373, 1958. ⑨Jones D. E. A. et al.: Brit. J. Radiol., 29: 196, 1956. ⑩Maus J. E. & N. A. Mc Cormick: Amer. J. Roentgenol., 79: 382, 1958. ⑪Du Mesnil de Rochemont R.: Strahlenther., 60: 648, 1937. ⑫Du Mesnil de Rochemont R.: Strahlenther., 63:176, 1938. ⑬Du Mesnil de Rochemont R.: Strahlenther., 66: 593, 1939. ⑭Du Mesnil de Rochemont R.: Strahlenther., 68: 221, 1940. ⑮中泉, 宮川: 日レ誌, 16: 235 (昭13). ⑯Neumann W. u. F. Wachsmann: Strahlenther., 74: 340, 1944. ⑰Spechter H.-J.: Strahlenther., 102: 229, 1957. ⑱Spechter H.-J.: Strahlenther., 102: 629, 1957. ⑲鈴木: 日本医放会誌投稿予定. ⑳Wachsmann F. u. G. Barth: Die Bewegungsbestrahlung, Georg Thieme Verlag 1953. ㉑Wachsmann F. u. L. Keller: Strahlenther., 87: 278, 1952. ㉒Wichmann H.: Fortschr. Röntgenstr., 83: 583, 1955.