子宮頸癌放射線療法における^{60}Co遠隔照射法の応用

第3編　^{60}Co遠隔回転照射法に関する研究
特に二焦点振子及び分角回転照射法について

昭和41年9月24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)
曽根原衛雄

Clinical Applications of Telecobalttherapy for Cervical Cancer of the Uterus

Part. III Clinical Studies on Rotational Teletherapy esp. Bipolar and Segmental Irradiation Technique.

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

第1章　緒　　論

^{60}Co遠隔照射法では従来の硬レ線照射に比べ遙かに大なる深部量が得られるので，体内病巣に対しても固定照射で充分であり，振子・回転照射等の必要はないとする者が多い。しかし^{60}Co遠隔照射でも移動照射法によつて病巣に適した線量分布が得られるならば，皮膚及び全身障害を軽減するためにも固定照射より更に有利であることは論を俟たないところである。

この場合レ線における移動照射の方式をそのまゝ踏襲しても適当な線量分布を得ることは困難である。そこで著者は，本編においては先ず^{60}Co遠隔照射の振子・回転照射法につき検討し，更に線量分布をより有利にするために，二焦点振子回転照射法及び分角回転照射法を考案して，その子宮頸癌照射への応用の可能性を検討した。

第2章　^{60}Co遠隔回転照射法

第1節　照射装置及び測定装置

第1項　照射装置

装置は島津RT－10000型二重回転照射装置を用いた。その詳細は第1編に述べたので，本編に関係ある移動部分の要点のみを記すと次の如くである。

線源2000C，可動範囲は左右任意方向，任意回数の回転運動または330°以内の任意角度の振子回転運動と，外枠回転軸を含む平面内で垂直位置より両側に30°，計60°以内の集光運動が可能である。線源－回転中心間距離（SCD）75cm，照射野はこの部で最大16×16cm²までの任意の大きさの正方形または長方形とすることができる。照準は3つのSpot lampと治療台の移動によつて偏心及び回転軸の深さを選定して正確に行える。

第2項　測定装置

1.　測定器

Siemens Universal Dosimeterを使用した。本線量計は線量率及び積算線量両者の測定が可能である。電離槽は直径8mmのThimblechamber及びThimble condensator chamberを用いた。

2.　ファントーム

硬質ビニール製楕円円筒水ファントームを使用した。大きさは日本婦人骨盤部の平均値に近い長径30cm，短径18cm，高さ（巾）25cmとし，これに底25×40cm，高さ25cmの角筒を接続し線量計挿入部とした。また実験目的によつては同形の大形（32×20×25cm），小形（26×16×25cm）ファントーム，または正円形（直径24cm）ファントームを用いた。

3.　微動装置及び線量計の固定

細部の測定には1mm毎に微動させることのできる微動装置を用い，線量計の固定には，電離槽Cableをゴム管で被い直径1cmのビニール管に通して電離槽先端を突出させ，これを微動装置の支持腕先端に把持固定させた。

第2節　骨盤内線量分布

第1項　実験方法

前記楕円形水ファントームを用い，中心軸回転並びに片側及び両側偏心軸振子回転について　軸照射野

巾，回転角度及び偏心度を変化させた場合の種々な照射条件における深部線量を測定して骨盤内線量分布を求め，それらの臨床的意義について考察した。

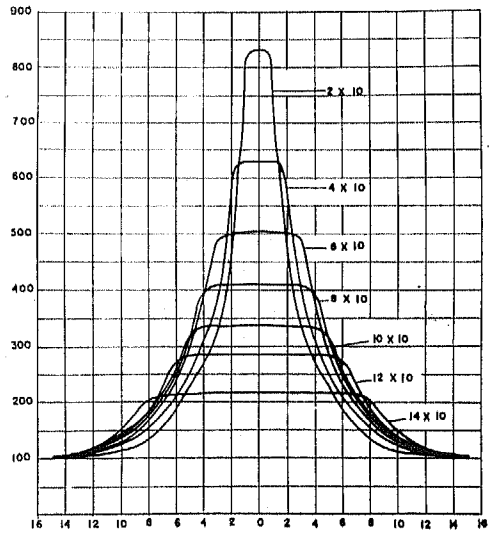
第2項　実験成績

1．中心軸回転

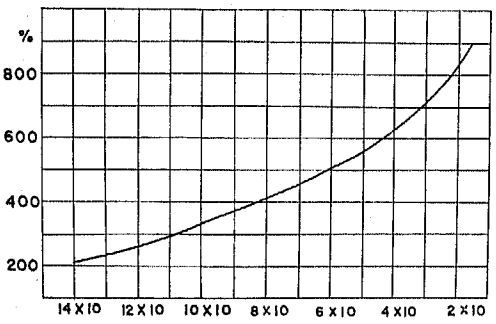
(1) 照射野巾による影響

SCD 75cm，軸照射野 2×10～14×10cm² として中心回転の深部量率を測定した成績は第1図の如くで，この場合表面量を100％として夫々の中心部深部量率をあらわすと第2図の如くとなる。

第1図　各照射野巾における長径上の分布曲線

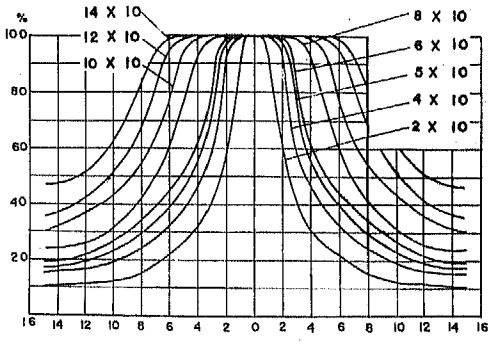


第2図　照射野と中心部深部量との関係

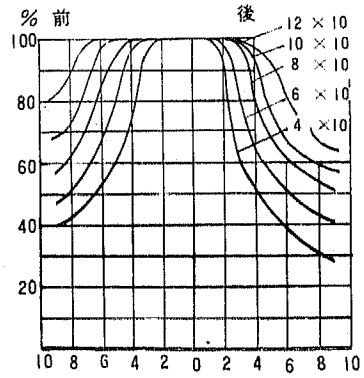


これらはレ線にくらべて遙かに高く，照射野巾によつて著しい影響をうけることがわかるが，照射野巾が或る程度大きくなるとその差は僅かとなる。なお最高部線量を100％としてあらわすと第3図の如くで曲線上の差は殆んどみられないが，辺縁部線量は照射野巾の大きなものにやゝ高い。これを短径軸上についてみると第4図の如く，全体にやゝ前方に偏するのみで長径上分布とほゞ同様のことがいえる。

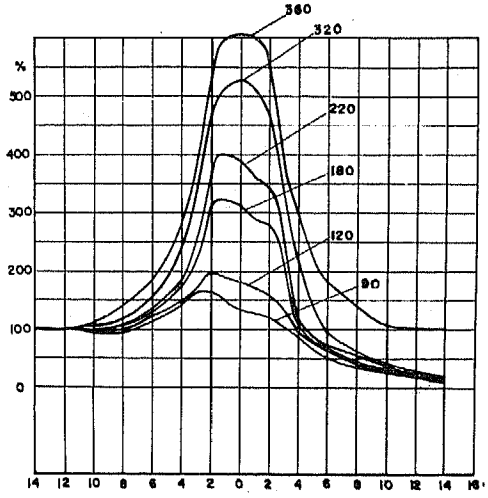
第3図　長径上の分布曲線（最高線量100％）



第4図　各照射野巾による短径上の分布曲線



第5図　各回転角度における長径上の分布曲線

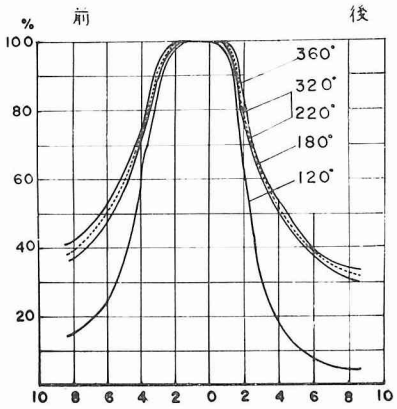


(2) 回転角度による影響

各回転角度における長径上の分布を SCD 75cm，軸照射野 4×10cm² で実測した結果は第5図の如くで

ある。すなわち回転角度が小さくなるにつれて深部量率の減少が著しい。また入射方向と反対側の線量は回転角度に殆んど関係なくレ線より遙かに高い値を示す。最高線量部の移動は回転角度が小なるものほど著明で，回転角二等分線上を側方（線源側）に移動するが，レ線にくらべては少い。次に回転角度の影響を短径軸上について検討すると第6図の如く，180°までは

第6図　各回転角度における短径上の分布曲線

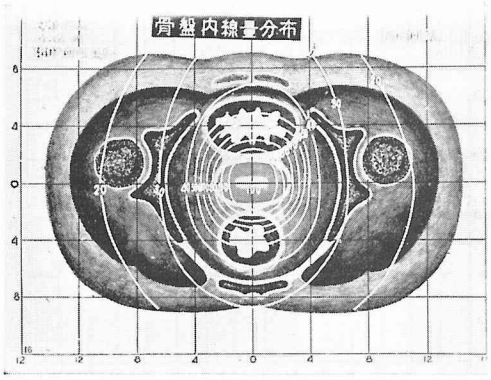


ほぼ同様の曲線を示すが，これより狭小となると辺縁部の線量は急減し，これに伴つて有効線錐（等量曲線80％以上の域）前後巾も減少する。

(3)　骨盤内線量分布

SCD 75cm，軸照射野巾4cm，6cm及び10cmの360°中心回転の骨盤内線量分布は夫々第7，8図及び第9図の如くになる。

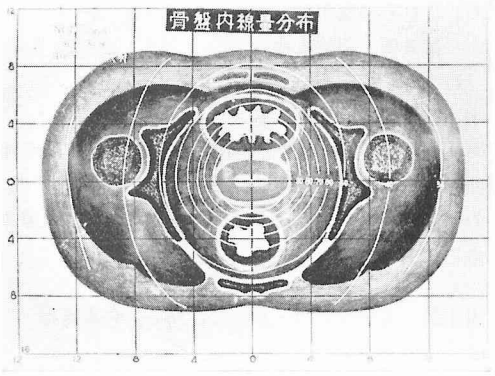
第7図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，4×10，中心回転）



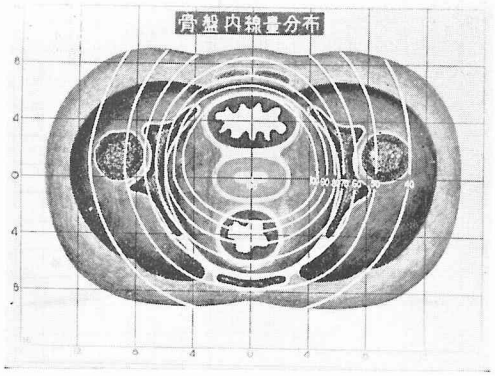
(4)　臨床的意義

本法で深部量率をたかめるためには，回転角度を大きくし，照射野巾を小さくすればよいことはレ線の場合と同様であるが，いずれにしても従来レ線にくらべて遙かに大量の深部量が得られるから，本法による照射の実地にはむしろ如何にして周囲健常組織を愛護すべきかに留意すべきである。

第8図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，6×10，中心回転）



第9図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，10×10，中心回転）



以上の点から本法中心回転照射法を子宮頸癌照射に用いる場合を考慮するに，

1)　左右の子宮旁結合織，リンパ節群を含めて照射することはその等量曲線からいつても合理的ではない。即ち本法では　①照射条件を如何に工夫したとしてもリンパ節群に与える線量を膀胱直腸線量より大とすることはできない。　②従つて之等健常臓器の耐容量以上の線量を与えることは不可能であり，充分な照射が期待できない。　③この照射に必要な軸照射野巾は少くとも12～14cmの大照射野巾を必要とし，この際の線量分布は固定照射における下腹部広汎照射のそれに類似し既に回転照射の意義は失われる。以上からこのような方法が頸癌放射線療法の Routine な術式として成立し得ないことは明かである。

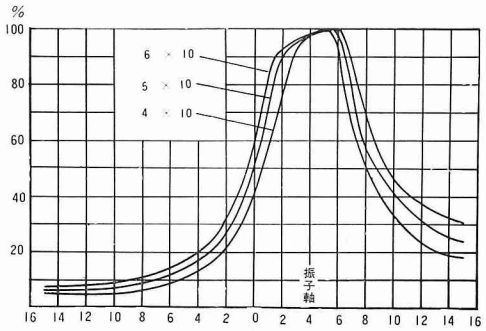
2) しからば原発巣照射として小線源直接照射を代行できるであろうか。これには腫瘍線量の究明をはじめ，時間因子，線感受性等の問題が先ず解明されねばならず，なお現状において定かには云い得ないが，第2編において触れた如く，著者は未だ本法において現行の小線源直接照射に匹敵する成績を得るには至らなかつた。たゞ本法では比較的大きな原発巣または不規則形発育を示すもので充分な直接照射を行い得ない様な症例には，直接照射の補助的な応用は可能と考えられる。

2. 偏心軸回転（片側）

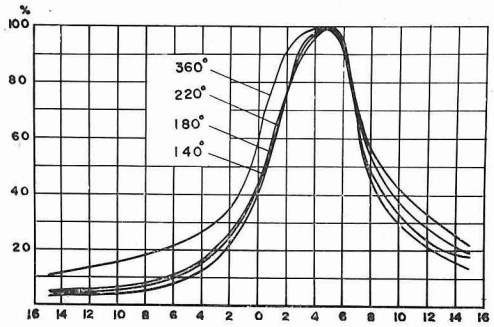
(1) 照射野巾並びに回転角度による影響

SCD 75cm，偏心4cmとし，回転角度220°で照射野巾4～6cmとした場合，及び照射野巾4cmで回転角度140～360°とした場合の夫々の長径上の分布は第10図及び第11図の如くである。

第10図　各照射野巾における長径上の分布曲線



第11図　各回転角度における長径上の分布曲線

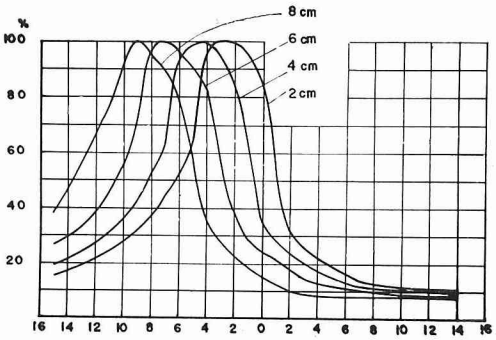


すなわち，照射野巾の増大に伴つて中央部及び側方線量も増大し，同時に反対側線量も増加するが，最高線量の移動は少い。また回転角度の相違による深部量率の差は少く，回転角度が小なるほど最高線量部は偏心側表面に移動する。反対側線量は360°回転を除き略同一であるが，レ線にくらべて全般に高値を示している。

(2) 偏心度による影響

第12図の如く，偏心度による影響は少く，偏心度が増すにつれて回転中心が側方表面に近づくために偏心側の辺縁線量が増加し，中央部線量が少くなるだけである。

第12図　偏心度による影響（SCD 75cm，4×10，220°）



(3) 骨盤内線量分布

偏心軸回転における骨盤内線量分布の一部を示すと第13～16図の如くである（何れも偏心4cm）。之より本照射法は，偏側腫瘍の照射には適していると考えられる。

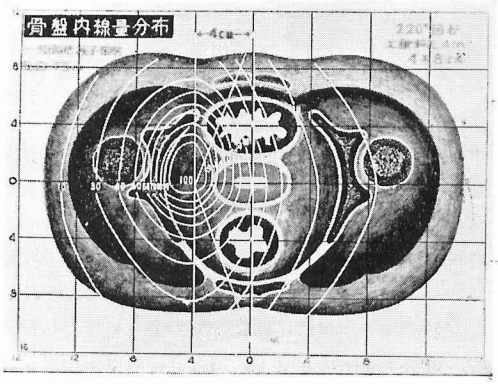
3. 両側偏心軸回転

偏心軸回転によつて骨盤壁照射が可能であることは上記の如くであるが，実際上，頸癌照射は通常両側に行われるので以下両側偏心軸回転につき検討した。

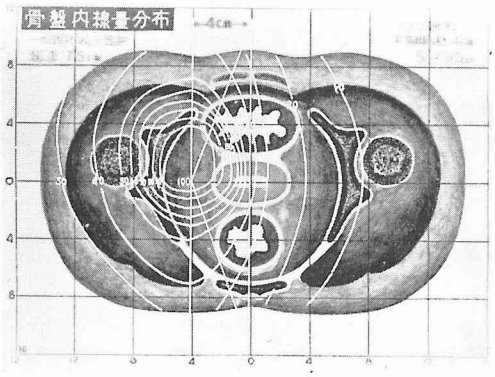
(1) 長径上の分布

照射野巾，回転角度及び偏心度による影響は夫々第

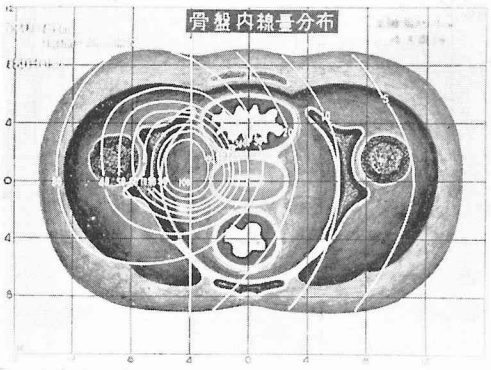
第13図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，4×8，220°）



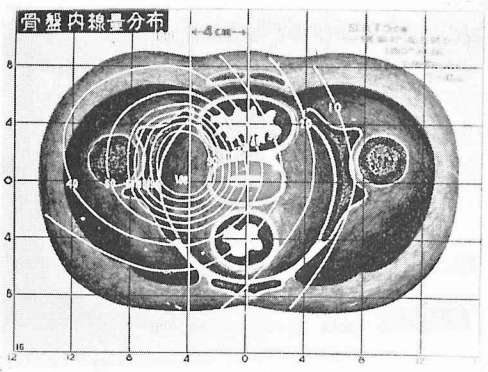
第14図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，5×10，220°）



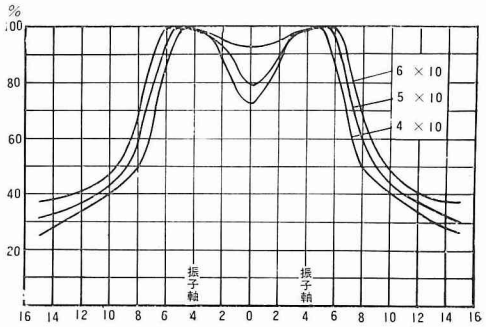
第15図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，4×8，180°）



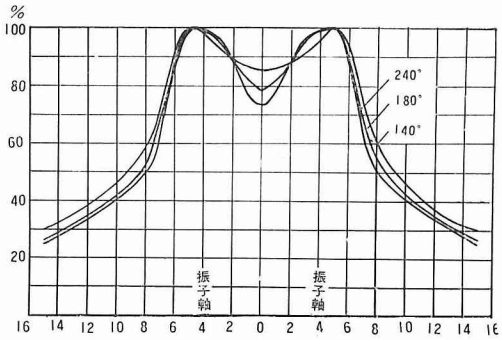
第16図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，5×10，180°）



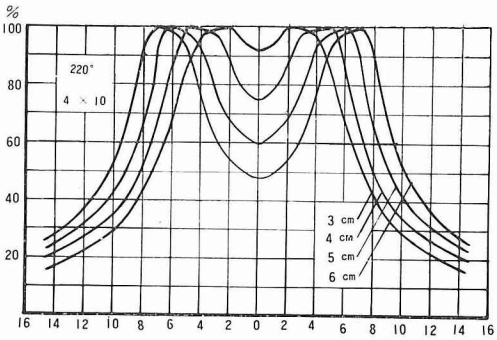
第17図　照射野巾による影響（SCD 75cm，偏心 4cm 220°）



第18図　回転角度による影響（SCD 75cm，4×10，偏心 4 cm）



第19図　偏心度による影響（SCD 75cm，4×10，220°）



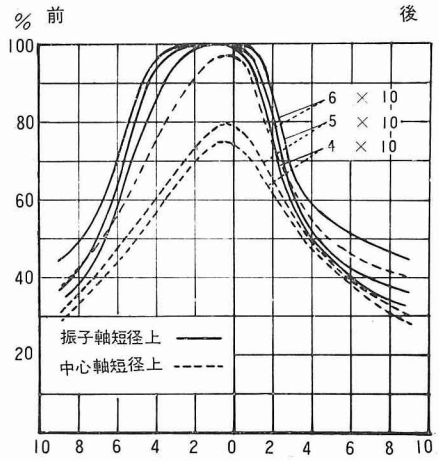
17～19図に示す如く，この場合も片側照射と大差はないが，反対側からの透過線量のため中央部線量は高い値を示し，レ線におけるような低線量部は示さない。これは軸照射野巾が大であるほど，また偏心度及び回転角が小であるほど，この傾向は一層強くあらわれる。最高線量部の移動は回転角度の小さいほど辺縁に向つて移動する率が大きく，側方部線量は照射野及び偏心度が大きいほど，回転角度が小さいほど大となる。

(2)　短径上の分布

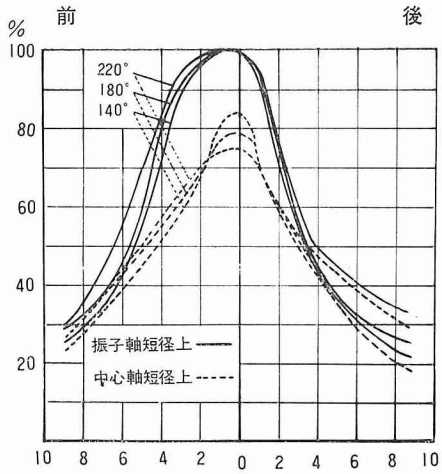
各照射野巾，回転角度及び偏心度における短径上の分布曲線は第20～22図の通りである。

実線は振子軸，点線は中心軸短径上における分布を示した。即ち照射野巾を増大すると有効線錐前後巾は

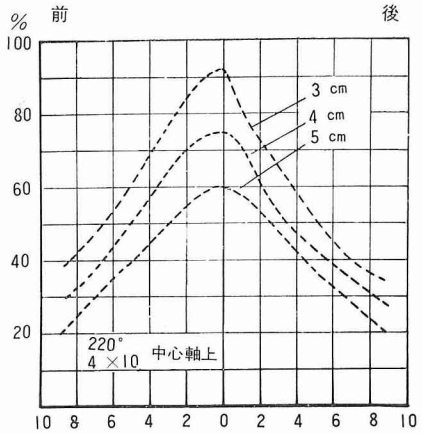
第20図　各照射野巾における短径上の分布曲線



第21図　各回転角度における短径上の分布曲線



第22図　各偏心度における分布曲線



増大するが，これに伴い中央部線量及び辺縁部線量もまた増大する。回転角度による変化では，角度が大きいほど中央線量は減少し，線錐前後巾も大となるが，220°前後ではその間に大差はみられない。偏心度においては振子軸上の変化は殆んどないが，偏心度が小さい場合には中央部線量は増大し，且つ辺縁部においても線量の減少する割合は少いことが認められる。以上から，中心部線量を低下させて一般に短いといわれる有効線錐前後巾を増大することは難しいものと考えられる。

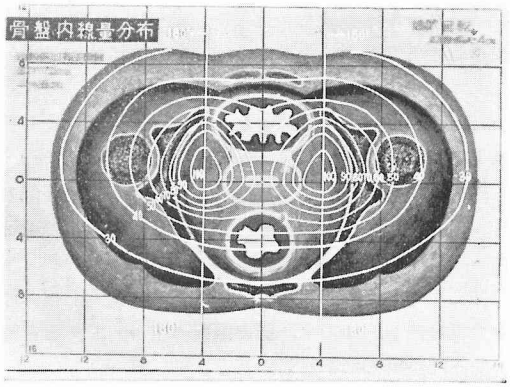
(3)　骨盤内線量分布

各照射条件における骨盤内線量分布を示すと第23～25図の如くとなる。

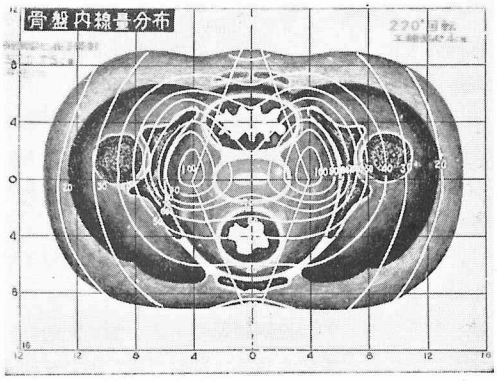
(4)　臨床的意義

本照射法によれば，皮膚線量を軽減して骨盤壁を中心とした高線量域をつくることができるので，目標とするリンパ節群に対しては膀胱・直腸線量を遙かに超える大量照射が可能であり，この点からは中心軸回転

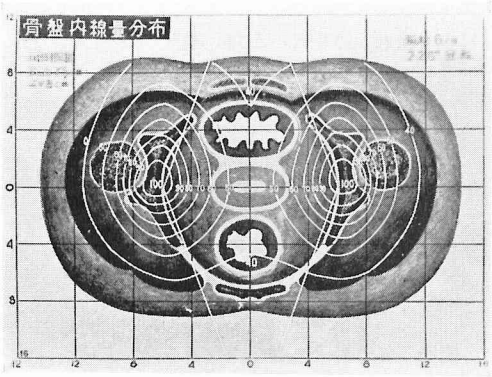
第23図　骨盤内線量分布（SCD 75cm，4×8，偏心4cm，180°回転）



第24図　骨盤内線量分布（4×8，偏心4cm，220°）



第25図　骨盤内線量分布（4×8，偏心6 cm，220°）



照射のそれより合理的であることが明かである。しかしその線量分布より明かな如く，本法ではなお中心部線量が高いこと，また有効線錐前後巾が短いこと等の不利があり，真に頸癌照射に適した線量分布を得ることは難かしい。従つて本法では夫々の照射条件における線量分布に基いて，例えば原発腫瘤の大なるもの，腟浸潤転移を伴うもの，或は術後照射等選択された患者にのみ適用さるべきである。すなわちこの点からは^{60}Co遠隔移動照射法を頸癌照射に応用するためには，更に合理的な照射法の開発が望まれるところである。

第3項　小　括

以上 ^{60}Co 遠隔回転照射法を骨盤内線量分布より検討した結果

(1)　本法では高い深部量率が得られるから，実際の応用には深部量率をたかめるための回転角或は照射野巾への特別な考慮はいらない。

(2)　中心軸回転照射は，直接照射の補助的応用への利用性はあるとしても，経皮照射の主目的である骨盤リンパ節照射には不適当である。

(3)　偏心軸回転によつて骨盤壁照射の可能性が認められる。片側照射の場合には照射野巾，回転角度，偏心度による最高線量部及び深部量率への影響は少いが，対側の透過量はレ線より大であり，その増加率は回転角の大きいほど大となる。本法臨床応用面では偏在腫瘍の照射に適するものと考えられる。

(4)　両側偏心軸回転照射法は骨盤壁リンパ節照射を目標とする限り中心軸回転照射法より合理的である。しかし本法においても中央部線量がなお高く，また有効線錐特に前後巾が短い欠点がありなお充分とはいえない。従つて臨床応用には治療患者の選択に充分な留意を払う必要がある。

(5)　以上より，^{60}Co遠隔回転照射法を頸癌照射に応用するためには，更に合理的な照射方法の開発が望まれる。

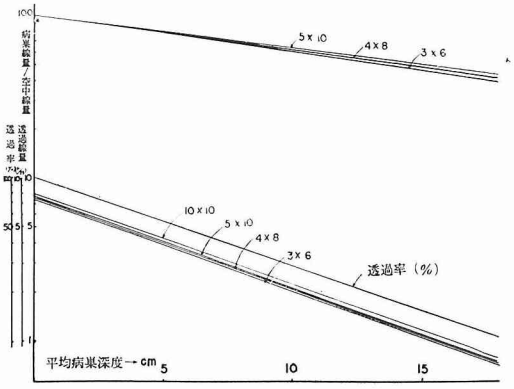
〔付〕　透過線量と深部線量

RT－10000 型装置に付属する透過線量測定装置を用いて透過線量と深部線量との関係を求めて照射線量を算定する方法を検討した。予め種々な厚さの水槽を用い SCD 75cmにおける Tumor- Air- Ratio，一定時間内における透過線量積算値及び回転時の平均深度との相関を求め深部量を求めた。透過線量計は散乱除

第1表　　透　過　線　量

Transit-dose		各 Field における T/A 比 (360° Rotation)		
R/m	録数計	3 × 6	4 × 8	5 × 10
5.	858.	0.87	0.88	0.89
3.	874.	.73	.74	.75
2.5	878.5	.68	.69	.70
2.4	879.5	.66	.67	.68
2.3	880.	.65	.66	.67
2.2	881.	.64	.65	.66
2.1	882.	.63	.64	.65
2.0	883.	.61	.63	.64
1.9	883.5	.60	.61	.62
1.8	884.5	.59	.60	.61
1.7	885.4	.57	.58	.59
1.6	886.	.56	.57	.58
1.5	887.	.54	.56	.57
1.4	888.	.53	.55	.56
1.3	888.6	.51	.53	.54
1.2	889.5	.49	.51	.52
1.1	890.3	.47	.49	.50
1.0	891.	.45	.47	.49
0.9	892.	.43	.45	.46
0.8	893.	.41	.43	.45

第26図　透過線量（T/A-Transit dose- Transit %）



去用 Collimator を備えた島津積算線量計 FsH-1C を用いた。

成績の一部は第1表，26図に示す如く，これによつて治療時の照射条件で一定時間における一定角度の透過線量または透過率から求める場所における T/A を知り深部量を算出することが出来る。また平均病巣深から求めることも出来る。通常照射ではベット吸収に対する補正は考慮しなくてもよいが（5％内外），回転角が一定以下の場合には角度補正が必要となる。

第3章　二焦点振子回転照射法及び分角回転照射法

^{60}Co遠隔照射法において，従来のレ線振子照射様式をもつて子宮頸癌リンパ節照射を行う場合に最も問題となるのは，所謂有効線錐の大きさ殊に前後方向の大きさが小さく，また線透過性が高いために中央部線量が不必要に増加することである。これらを従来照射法により解決せんとしても困難であり，従つて著者は以下の如き二焦点振子回転照射法及び分角回転照射法を用い，子宮頸癌治療に適した等量曲線を得るための必要条件を検討した。

即ち二焦点振子回転照射法は，従来振子照射法の一焦点（回転中心）を二焦点とし，夫々の線量の合成から有効線錐前後巾を増すことを企図したものであり，また分角回転照射法は中心部線量の増加が主として側方からの照射に負うところから，振子照射角のうち側方に一定の照射除外角をおいて照射する方法で，これによつて中央線量の増加を抑制し，また線錐前後巾の延長を期待せんとするものである。各照射法の検討に先立つて，まず必要とする有効線錐前後巾について検討を行つた。

第1節　有効線錐前後巾の検討

第1項　実験対象並びに実験方法

子宮頸癌蔓延の状態から，照射を必要とする前後方向の領域は，前方は腸骨動静脈，後方はB点（乃至骨盤底）までの間と考えられる①。そこでこれらの距離的関係を当教室に入院した頸癌患者について手術時実測を行い，また骨盤側方レ線像から計測を行つて実際照射に必要な照射域前後巾を検討した。

第2項　実験成績

1.　手術時計測

基靱帯断端より腹壁までの距離（基靱帯深度）を測定した24症例（症例1～24）における計測値，およびそのうち10症例（症例15～24）の基靱帯断端より外腸骨動脈上縁までの距離の計測値は第2表に示す如く，

第2表　手術時計測値（上段　基靱帯深度・下段　基靱帯－外腸骨動脈上縁）

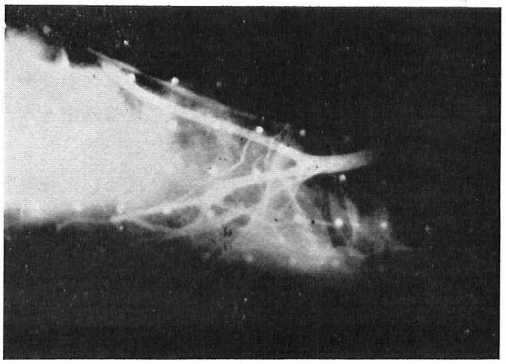
症例	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
計測値	8.5	8.0	9.4	9.0	9.2	10.4	9.8	9.0	9.0	11.0
症例	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
計測値	9.0	10.0	9.0	8.0	9.5 5.5	10.0 4.8	11.0 4	10.0 6	8.5 5	12.5 7.5
症例	21	22	23	24	平　　均					
計測値	9 4	15 8	11 6	11.5 8	**9.87** (9.87±0.75) **5.88** (5.88±1.02)					

基靱帯深度は8～15cm，平均9.87cm（9.87±0.75），また基靱帯－外腸骨動脈間距離は4～8 cm，平均5.88cm（5.88±1.02）であつた。

2.　骨盤部側方レ線像からの計測

先ず動脈撮影により骨盤内縦断面上における主幹動脈の走行を検するに（第27図），大腿動脈は寛臼の前方にて恥骨結合面の下⅓の部分を頭側に向つて外腸骨

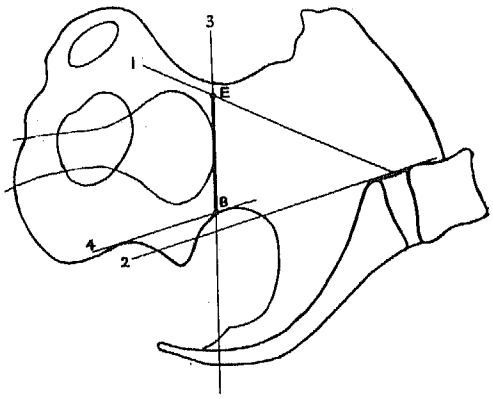
第27図　動脈撮影像（骨盤部側方撮影）



動脈に移行し，これは更に凹形の弧状をなして第V腰椎と仙骨胛の中間に至りこゝで内腸骨動脈を分岐したのち腰椎椎体前面を総腸骨動脈として上行し大動脈に移行する。また内腸骨動脈は第V腰椎の前面を椎体のなす傾斜角の延長方向に下向して寛臼上縁の高さで子宮動脈の分岐するのがみられる。このような動脈の走行と骨盤骨との関係から骨盤側方レ線像に第28図の如き所定線を想定し，これによつて必要とする最低線錐巾を求めた。

所定線のうち1は第V腰椎下縁・仙骨胛上縁との中間と寛臼・腸骨縁との交点を結ぶ線（外腸骨動脈の走行に一致），2は第V腰椎前上角と仙骨胛を結び延長し

第28図　　レ線像上の所定線の位置



1：第5腰椎下縁・仙骨岬上縁の中間と寛骨臼・腸骨縁の交点を結ぶ線。（外腸骨動脈の走行に一致する）
2：第5腰椎前上角と仙骨岬を結ぶ線の延長（内腸骨動脈の走行に一致する）
3：寛骨臼上縁よりの垂線（基靱帯断端の高さに一致する）
4：坐骨棘を削り取る方向に引いた線
3と1及び4の交点を結ぶ線（E－B）：求める最低必要線錐巾

た線（内腸骨動脈の走行に一致），3は寛臼上縁よりの垂線（基靱帯断端の高さに一致），4は坐骨棘突起を削り取る方向に引いた線で，以上の所定線のうち3と1及び4の交点（E－B）が最低必要線錐巾とみなすことが出来る。

以上の如くして20例（症例25～44）について骨盤側方よりのレ線像から計測した値は第3表の通りで，基靱帯・外腸骨動脈上縁間距離は4～7 cm，平均5.24cm（5.24±0.4）となる。

3．以上の1及び2の成績から，有効線錐前後巾はこれに更に前後1 cmの安全域をもたせて6～9 cm平均7 cmが適当と考えられる。

第2節　二焦点振子回転照射法

第1項　基礎的実験

二焦点振子回転照射の線合成が頸癌照射に適した分布をなす可能性があるか否かをみるために基礎的実験を行つた。

1．実験方法

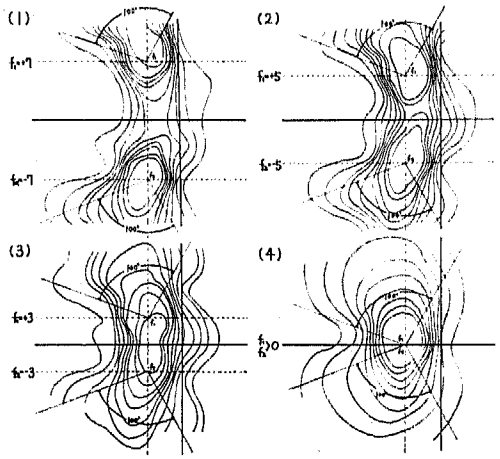
一定偏心短径軸上に前後に並ぶ2つの焦点（回転中心）を設定し，2焦点間の距離を種々に変えて照射した際の線量分布を測定した。

実験には標準型楕円円筒水ファントームを用い，SCD 75cm，4×8cm²，偏心4 cm，100°回転（夫々の焦点偏在側に）おける線量を Siemens Universal Dosimeter にて測定し，各焦点に照射された際の線量分布を合成して本線量分布を求めた。

2．実験成績

成績は第29図の如くである。なお f_1，f_2 は夫々前方及び後方焦点の位置で，ファントーム横径を基線としてそれより前方(+)，後方を(−)としてあらわした。

第29図　　二焦点振子の線量合成



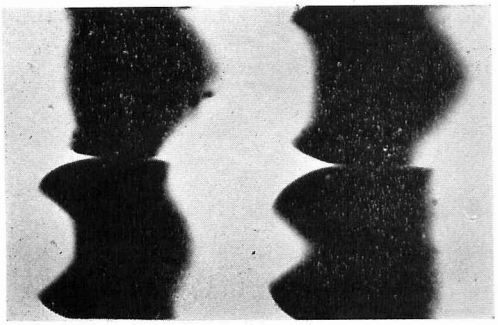
図において，(1) $f_1=7$，$f_2=-7$，（焦点間14cm）では焦点が離れすぎるため線合成は認められない。(2) $f_1=5$，$f_2=-5$（焦点間10cm）では低線量域にの

第3表　　骨盤部側方レ線像からの計測値（上段　基靱帯深度　下段　基靱帯－外腸骨動脈上縁）

症例	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	平均基靱帯深度
基靱帯深度	10	10	11	11.5	10	11	9.5	10.5	11.5	8.3	9.65(9.65±0.62)
基靱→外腸動脈	5	6	5	5.5	4	6	5	6	7	4	
症例	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	平均基靱帯→外腸動脈間距離
基靱帯深度	8.8	9.5	9.2	10	8	9	8.2	9.5	9	8.5	5.24(5.24±0.4)
基靱→外腸動脈	5.5	5	5.2	4	5	5	6.5	4.5	5	5	

み線合成が認められる。(3) $f_1=3$, $f_2=-3$（焦点間6 cm）では線合成は著明となり，最高線量域は1つとなる。また(4)の如く焦点が同一部に重なる場合は分角照射と同様の照射法となり，最高線量部は完全に合成される。これらのフイルム感光写真は第30図の如くで，両者は全く一致することが明らかである。

第30図　各照射における γ 線感光写真



以上から，焦点間距離が適切であれば両線量は互いに合成され，目的とする線量分布を得ることができると考えられる。

第2項　骨盤内線量分布

1.　実験方法

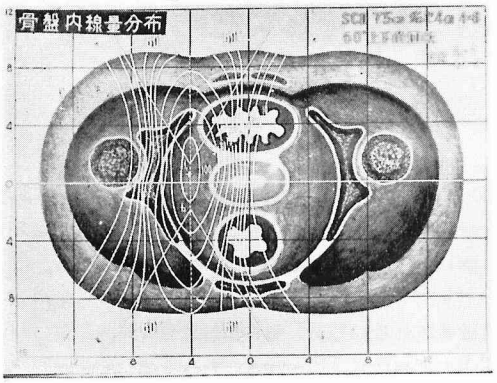
硬質ビニール標準楕円円筒水ファントーム内にて，諸照射条件における二焦点振子回転照射の線量をSiemens Universal Dosimeter 及び微動装置を用いて測定し，各分布の合成から骨盤内線量分布を求めた。

2.　実験成績

(1)　小角振子の場合

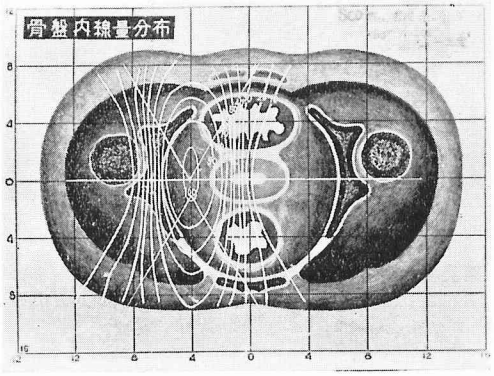
SCD 75cm，偏心4 cm，4×8cm² にて60°上下角振子回転，$f_1=1$, $f_2=-2$ とした骨盤内線量分布は第31図に示す如くとなる。有効線錐前後巾は12cmとなり，

第31図　骨盤内線量分布（$f_1=1$, $f_2=-2$）

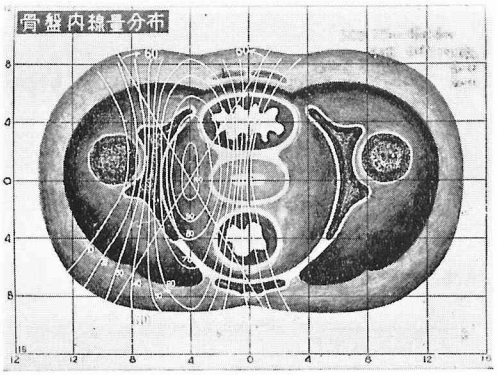


中央部線量は減少するが，線錐巾は長すぎる。このため焦点間を1 cm（$f_1=0$, $f_2=-1$）とした場合有効線錐巾は11cmとなり（第32図），更に f_1, f_2 共に0としてもその巾は10cmであつた（第33図）。

第32図　骨盤内線量分布（$f_1=0$, $f_2=-1$）



第33図　骨盤内線量分布（f_1, $f_2=0$）



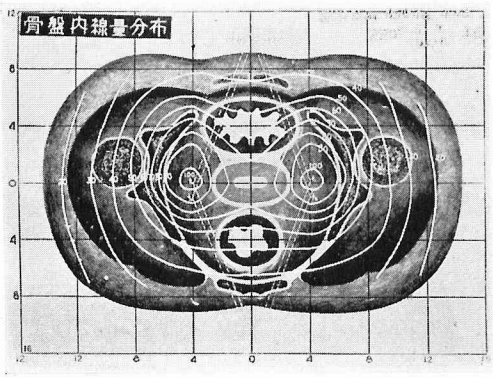
従つて小角振子の場合には，線巾が長すぎること及び利用皮膚面が小さく固定照射に類似することから，これを実際に応用するには意義が少いと考えられる。

(2)　一般回転角の場合

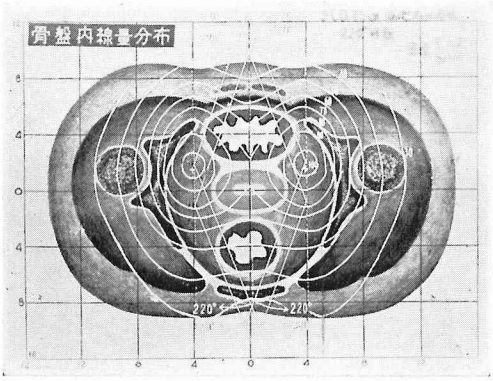
次に220°の一般回転角にて SCD 75cm，4×8cm²，偏心4 cmの場合，焦点位置，焦点間距離を変えて線量分布を求めた。結果は第34～39図の如くである。即ち第34図は $f_1=0$, $f_2=-1$（焦点間1 cm）の場合，第35，36図 $f_1=2$, $f_2=-1$ 及び $f_1=1$, $f_2=-2$（焦点間3 cm），第37，38図 $f_1=3$, $f_2=-1$ 及び $f_1=2$, $f_2=-2$（焦点間4 cm），第39図 $f_1=2$, $f_2=-3$（焦点間5 cm）の場合である。

これらの骨盤内線量分布から有効線錐前後巾を検討すると，先ず焦点間1 cmの場合では5.3 cmに，焦点間2 cmでは5.7cm，3 cmでは6.2cm，4 cmで7.5cm，5 cmで

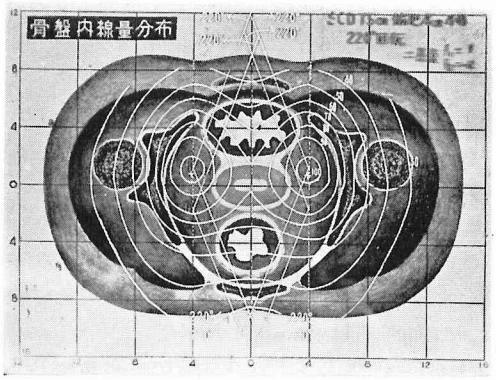
第34図　骨盤内線量分布（$f_1=0$, $f_2=-1$）



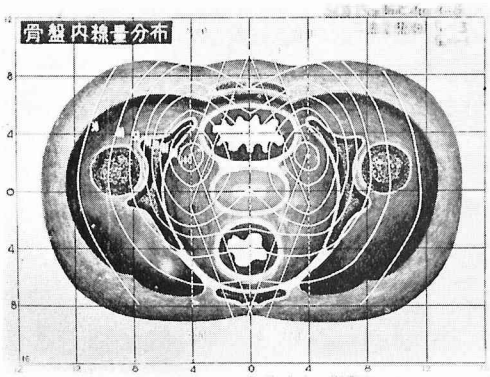
第35図　骨盤内線量分布（$f_1=2$, $f_2=-1$）



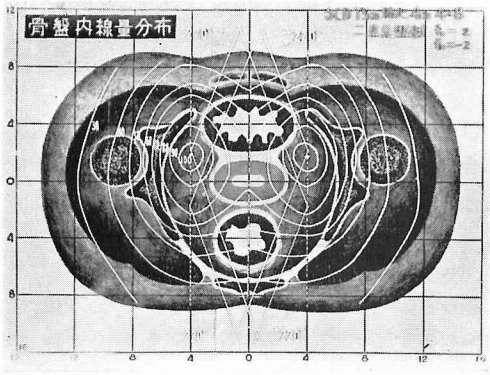
第36図　骨盤内線量分布（$f_1=1$, $f_2=-2$）



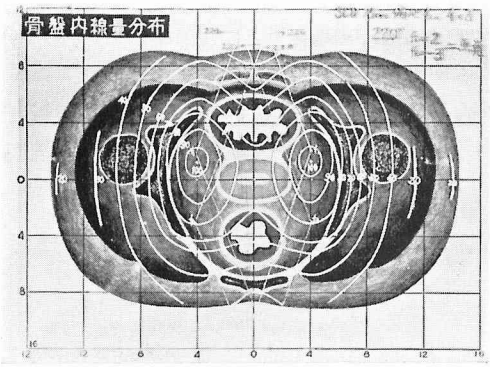
第37図　骨盤内線量分布（$f_1=3$, $f_2=-1$）



第38図　骨盤内線量分布（$f_1=2$, $f_2=-2$）



第39図　骨盤内線量分布（$f_1=2$, $f_2=-3$）



は8.0 *cm*となり何れも従来の220°一焦点振子照射の際の線錐5 *cm*にくらべて延長しているのが認められる。たゞ焦点間を離す割合には有効線錐の延びは少い。また焦点間5 *cm*以上或は f_1 と f_2 との距り方が著しく異る場合には分布曲線は全体に前後何れかに偏り線量合成も粗となる。特に $f_1 > f_2$ の場合にこの傾向が強い。従つてその使用範囲は或程度限定され，本照射条件では $f_1=3$, $f_2=-3$ までとし，焦点間距離2～4 *cm*以内，$f_1 \leqq f_2$ であることが必要とされる。以上の二焦点照射によつて有効線錐を延長し，骨盤内分布も改善される。しかし側方照射角を含む回転角のために中央部線量域は70～80%のかなり高い域となり，こ

れを低減せしめることは本照射法では難しいのが欠点である。なお実際照射では各焦点に照射される線量が等しいことが必要である。

第3項　小　　括

(1) 本照射法にて二焦点の位置が適当であれば両線量は合成され，従来支障となつていた有効線錐前後巾は延長されて等量曲線にも改善がみられる。

(2) 本法の使用範囲は二焦点の位置と距離によつて限定され，220°回転では $f_1=3$ から $f_2=-3$ まで，焦点間2～4 cm以内，$f_1 \leqq f_2$ が適当である。また実際照射には両焦点への線量は等しいことが必要である。

(3) しかし本法では，中心部線量の減少をはかることは難かしく，また焦点間を離す割合には有効線錐巾の延びは少い。

第3節　分角回転照射法

子宮頸癌経皮照射法に於て中央部線量を減少することは原発巣直接照射との関聯に於て重要である。しかしこれは従来振子或は前記二焦点照射によつても解決し得ないことが明かである。特に両側骨盤腔の照射を必要とする頸癌照射の場合，^{60}Co 遠隔照射の如き深達性の高いものでは各側からの透過線量が中心部に重復されるため中央線量は更に増加する傾向にある。

この中央部線量増加の主要な element は体中心と回転照射の焦点を結ぶ方向からの照射に基くものと考えられる。従つて該部の線量を減少するためには，この方向からの入射量を減ずるか，又は同方向からの照射角を除外する照射が必要となる。頸癌照射で問題となるのは主に側方からの入射線量であるので，著者はこの側方線量を抑制して中央部線量の減少を計る目的で分角回転照射法を検討した。

第1項　実験方法

標準楕円水ファントームを用い，側方照射角を除き前方及び後方から一定角度の振子照射を行つて両者による分布の合成から線量分布を求めた。照射条件は SCD 75cm，4×8 cm²，偏心4 cmにおける各一定角の回転とし，線量測定には Siemens Universal Dosimeter を用いた。また側方鉛遮蔽を行つた照射法についても検討した。

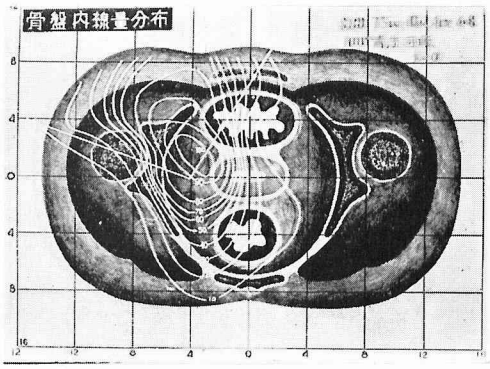
第2項　実験成績

1.　分角回転照射法による線量分布

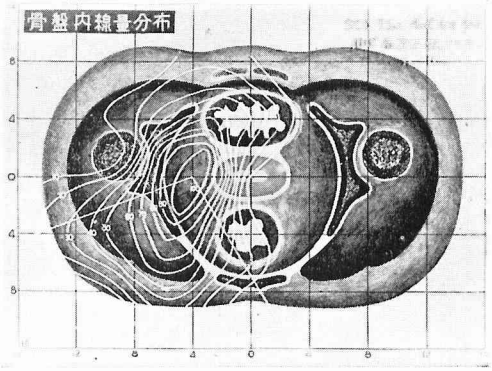
第40図～第42図は側方40°を除く100°前・後回転の場合で両側照射を行つた際の線量分布は第43図に示す如くとなる。また第44図は側方30°を除く100°前後回転，第45図は側方20°を除く100°前後回転の場合，第46，47図は側方30°を除く95°，110°前後回転，第48図は側方40°を除く80°前後回転の場合の夫々の線量分布である。

側方除外角40°，照射角100°の分角回転では，有効

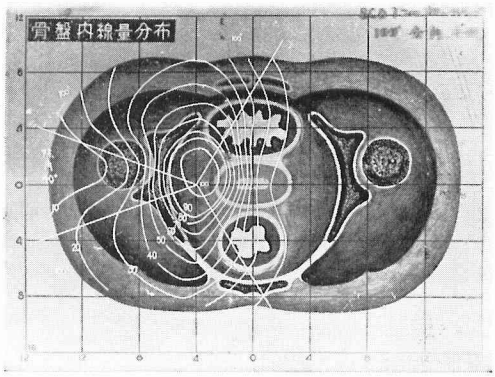
第40図　骨盤内線量分布（片側100°，$f_1=0$，前方回転）



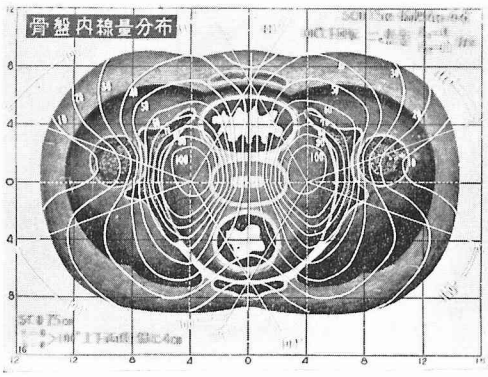
第41図　骨盤内線量分布（片側100°，$f_1=0$，後方回転）



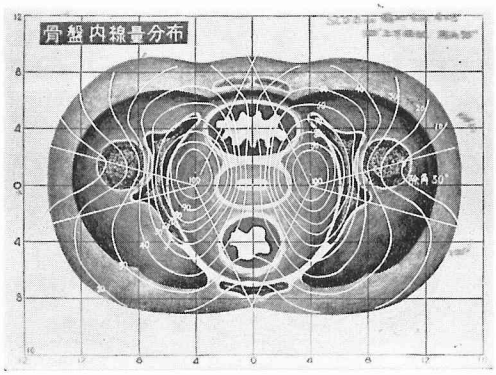
第42図　骨盤内線量分布（片側100°前後回転，側方除角40°）



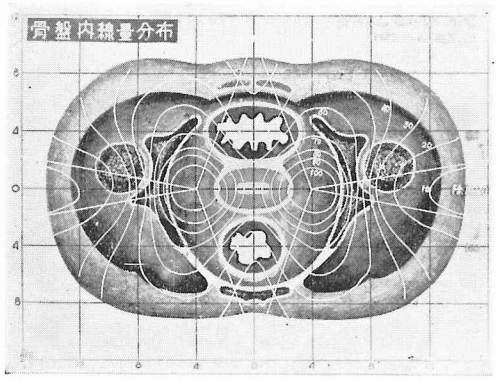
第43図　骨盤内線量分布（両側100°前後回転，側方除角40°）



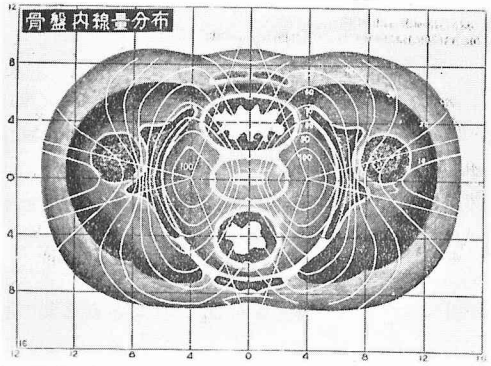
第44図　骨盤内線量分布（両側100°前後，除角30°）



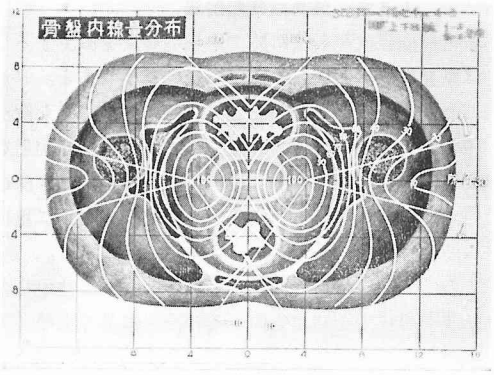
第45図　骨盤内線量分布（両側100°前後，除角20°）



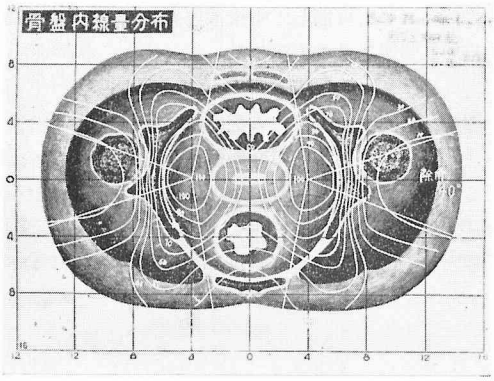
第46図　骨盤内線量分布（両側95°前後，除角30°）



第47図　骨盤内線量分布（両側110°前後，除角30°）



第48図　骨盤内線量分布（両側80°前後，除角40°）



線錐前後巾は7㎝と延長し，中央部線量は30%内外に減少する。また曲線は前側方及び後側方に向うため中央部膀胱直腸のみでなく側方骨盤骨，大腿骨頸部への負荷も減少し骨盤内腔照射に適した形の分布を示すのが認められた。その他の分布からも，側方除外角と照射角を適当に選ぶことにより中央部線量を減少し，同時に有効線錐前後巾を延長せしめて，頸癌照射に適した骨盤内線量分布が得られることがわかる。すなわち本照射法による線量分布は二焦点振子回転照射法による線量分布より有利であるといえる。なお本法での照

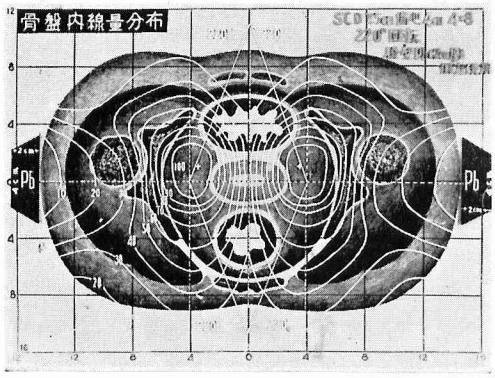
射条件を検討した結果から，側方除外角は 20～40°，前後照射角は80～110°が適当で，特に95～100°照射角で側方除角30～40°が最も良好と考えられる。

2．側方部鉛遮蔽による線量分布

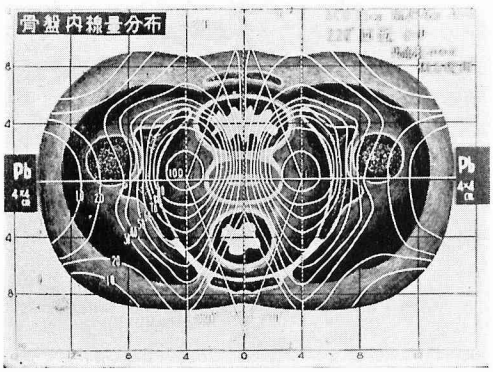
中央部線量の減少には，身体側方に鉛遮蔽板をおいても目的は達せられる筈である。

巾4 cm，厚さ2 cm及び4 cmの角形鉛，山形鉛ブロックを用いて側方を遮蔽し，220° 振子回転を行つた際の線量分布は第49図．50図の如くである。

第49図　骨盤内線量分布（2 cm厚鉛山形ブロック）



第50図　骨盤内線量分布（4 cm厚鉛角柱）



線量分布は分角照射のそれに類似し，これより本法を分角照射として代用し得るものと考えられる。たゞこの際には鉛ブロックの選択とその装着部位に充分な注意が必要である。

第3項　小　括

以上の成績を小括すると次の如くである。

(1) 分角回転照射法により従来照射法の欠点とする中央部線量の増加を是正し得る。

(2) 本照射法の線量分布は二焦点振子照射法のそれより優れ，側方除外角と照射角を適切に選べば，中央線量の減少と同時に有効線錐前後巾の延長をもはかることができ，頸癌照射として骨盤内腔に適した照射ができる。

(3) 本法の照射角は，中央での重復がおこらない80～110°の前後回転，側方除角20～40°が適当で，特に照射角95～100°，側方除角30～40°が好適と思われる。

(4) 本法においても前後より照射する線量は同一であることを要する。また本法は身体側方部の鉛遮蔽によつても代行させ得るが，遮蔽鉛の選択とその適正な装着に注意を要する。

第4節　分角二焦点振子回転照射法

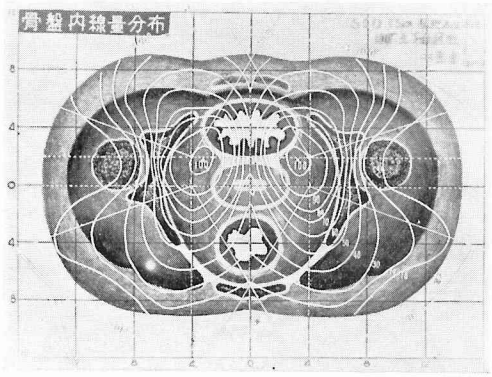
第1項　実験方法

前記照射条件に準じ，分角回転及び二焦点振子回転照射法とを組合せた場合の線量分布を求めた。

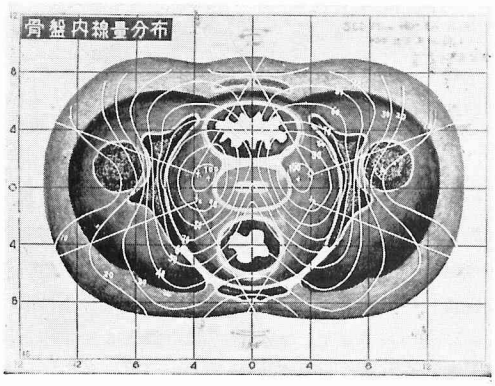
第2項　実験成績

本法による線量分布は第51～55図に示す如くである。

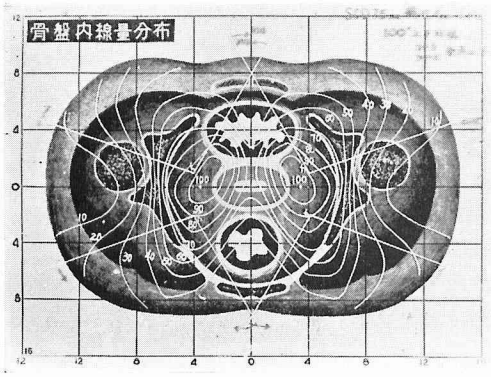
第51図　骨盤内線量分布（$f_1=2$，$f_2=0$，100° 回転，40°除角）



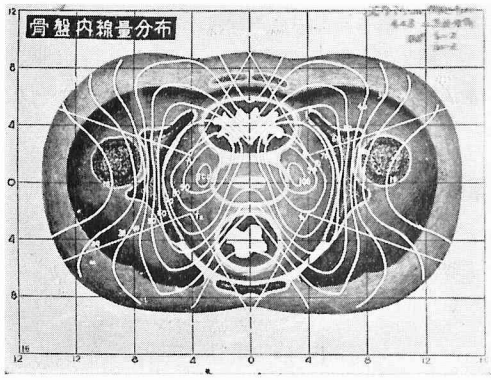
第52図　骨盤内線量分布（$f_1=1$，$f_2=-1$，100°）



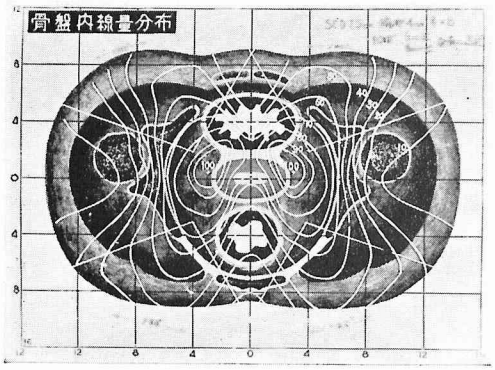
第53図　骨盤内線量分布（$f_1=1$, $f_2=-2$, 100°）



第54図　骨盤内線量分布（$f_1=2$, $f_2=-2$, 100°）



第55図　骨盤内線量分布（$f_1=2$, $f_2=-3$, 100°）



一般に中央部線量はやゝ増加し，前方膀胱部線量もたかまるが，有効線錐部は前内方に傾くため後方直腸部の線量は低下し，全体に前記分布に似て略骨盤内腔に合致した分布が得られる。本法における焦点位置は $f_1=2$, $f_2=-3$ まで，また焦点間距離は 4 *cm* 以内が適当と考えられる。

これらから，本照射法は比較的長い有効線錐前後巾を必要とする患者，または身体前後巾が長く分角照射によつて中央表層部近傍の照射角の重復の度の大きい肥満患者への照射に適しており，更に種々の角度による照射の組合せによつては偏在腫瘍にも適した照射が可能である。

第5節　照射法の実際的手技

二焦点振子回転照射法：患者を治療台上に仰臥させ，予め内診所見によつてマークされた偏心軸に回転軸を合心させ，第1焦点に深度を合せて所定の線量を照射する。終了後ベットの上下動により第2焦点に回転中心をおき再び所定の同線量を照射し，これら二焦点の照射をもつて1側1回照射とする。他側の照射も回転軸をその側に移動させることにより同様に行い得る。

分角回転照射法：回転軸及び回転中心を定位に合心させた後，照射角度を定めて先ず前方より一定線量の振子回転照射を行い，次いで照射筒を患者後方に移動して所定の角度をもつて前方と同一線量を照射する。これを1側1回照射とする。従つて従来振子の1回深部量は二分されて前後より入ることになる。他側の照射も同様に行う。

第4章　臨床的研究

以上から明かな如く，^{60}Co遠隔回転照射法でも照射の方法によつては頸癌リンパ節照射に有利な照射を行い得る可能性が伺われるところである。而らば実際照射はどうであろうか。著者は之等の回転照射法のうち特に振子回転照射及び分角回転照射により実際治療を行つた頸癌患者について局所旁結効果及び副作用等を主体に夫々の臨床成績を比較検討した。

第1節　振子回転照射法における成績

第1項　研究対象並びに照射条件

当科に入院せる子宮頸癌患者22例を対象とした。之等は1期1例，Ⅱ期16例，Ⅲ期5例で，このうち1期1例とⅡ期の4例計5例は術後照射例である。照射条件は RT－10000 型装置により，SCD 75*cm*，偏心4～5 *cm*，照射野 4～5×10～13*cm*^{2}／1側とし，220° の両側偏心軸振子回転により各側1回病巣量（B点）200Rで総量 3000～6000R を照射した。照射線量平均は純照射例5100R，術後照射例3600Rであり，更に純照射例には 3000～4000mch，平均 3500mch の ^{60}Co 小線源直接照射を行つている。

第2項　照射効果

1. 旁結合織浸潤の触診所見の変化

照射前後の旁結合織浸潤の触診所見による変化を比較した成績は第4表の如くである。浸潤変化の程度の

第4表　旁結合織浸潤の変化

	減退		不変	増強	
	高度	軽度		軽度	高度
右	2	8	10	2	0
左	2	12	7	1	0
計	4	20	17	3	0
	24 (54.6%)		(38.6%)	3 (6.8%)	

判定は第Ⅱ編4章1節2項①に準じ，また旁結合織1側を1例としてあらわした。

減退例54.6%，不変38.6%で増強例は3例6.8%であり，之等の成績は固定照射法の成績と大差は認められない。

2. 原発巣の変化

手術例5例を除く17例全例に肉眼的に著明な縮少効果が認められる（第5表）。これらのうちの5例についてその経過を図示すると第56図の如くとなる。一般に本法においては，回転中心の深さと原発巣の深さとの関係により，原発巣に及ぶ経皮線量は症例によつてかなりの差があるため原発巣の変化も区々であるが，骨盤側線量を基準にしてみると，およそ2000R内外からかなりの原発巣の変化が認められ，早いものでは腫瘍の縮少化，遅いものでも表面の扁平，滑沢化や出血の停止がみられる。この程度は経皮量の増加に伴つて増強し4000R内外では更に著明となる。原発巣周囲の膣小浸潤巣も殆んど消失する傾向にある。然しなお腫瘍は明かな形態を残存しているのが認められる。

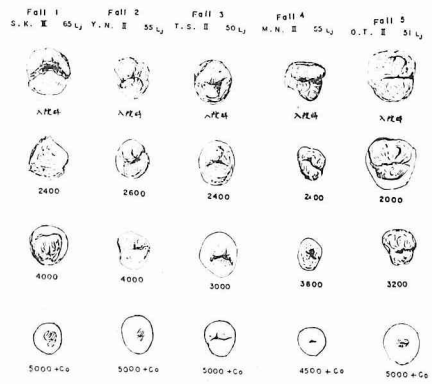
第5表　原発巣の変化

縮小		不変	増強
高度	軽度		
11	6	0	0
17			

計　17

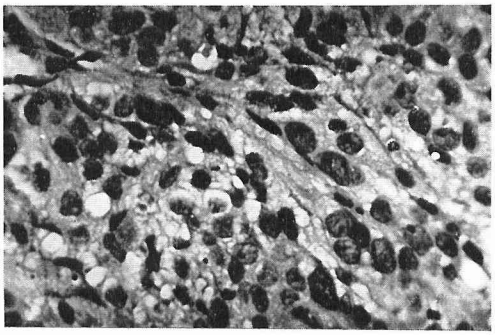
手術例　5例を除く

第56図　原発巣の肉眼的所見経過

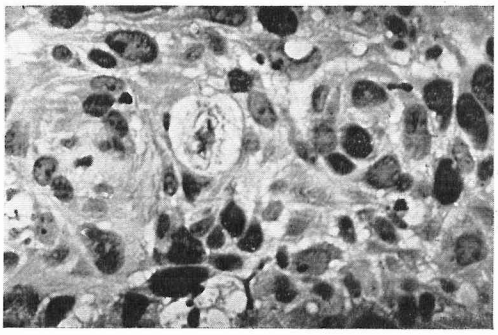


これらの変化を症例2において組織学的に観察すると下記の如くで，第57，58図は夫々1600，3000R（B点）照射時，第59，60図は4000R照射時の所見である。何れの組織像も照射線量に応じた夫々の変化，程度を示しているが，一般に癌組織は小～粗大な種々の癌蜂巣に細分化される傾向を示し，癌細胞では胞質の染色性の低下，空胞変性等がみられ，核では膨化，Pyknosis 等照射による著しい変性病変が認められる。また高線量照射組織には崩壊壊死像の著明な部位も認められる。

第57図　1600R（B点）照射時の組織所見（症例2）



第58図　3000R（B点）照射時の組織所見（症例2）



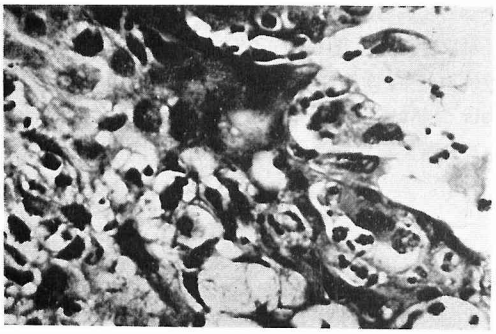
第3項　副作用

1. 宿酔症状

宿酔症状発現の概要は第6表に示す如くで，22例中

第59図　4000R（B点）照射時の組織所見（症例2）

第60図　4000R（B点）照射時の組織所見（症例2）



第6表　宿酔症状

(1)　宿酔発現状況

例数	有	無	発生率
22	14	8	63.7%

(2)　宿酔症状別発現状況

種類	全身倦怠	食減	悪心	嘔吐
発生例	5	14	5	0

(3)　症例別宿酔発現状況

食減（単独）	6
食減＋倦怠	3
食減＋悪心	3
食減＋倦怠＋悪心	2
食減＋悪心＋嘔吐	0
計	14

(4)　宿酔症状発現時期

治療前期	6
〃　中期	6
〃　後期	2
計	14

(5)　宿酔持続期間

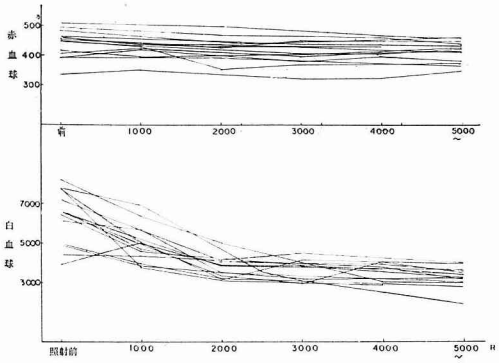
一過性	7
短期持続	4
長期持続	3
計	14

14例，63.7%に認められる。主な症状は食思不振で，之に悪心，全身倦怠を伴うものがあるが嘔吐を来すものはなかつた。之等の多くは治療中一過性に現れるものであつたが，症例によつては治療初期から長期間持続するものも少数に認められる。然し一般には固定照射に比べてその程度は特に強いことはない。

2.　末梢血赤・白血球数の推移

輸血等の処置を行わなかつた一部患者の照射前後の末梢血赤・白血球数の推移は第61図に示す如くで，何れも本照射法に特異的な差は認めない。

第61図　赤・白血球数の推移



また白血球数について変化の程度を示すと第7表の如くで，固定野に比べて減少の傾向はやゝ著しいように思われる。

第7表　白血球数の変動

減少		不変	増加	
高度	軽度		軽度	高度
3	17	2	0	0
20			0	

3.　皮膚変化

皮膚変化は第8表に示す如くで，22例中8例36.3%となり本法固定照射の½以下と著明に減少しているのが認められる。その程度も軽く糜爛・潰瘍・硬結に移行する例はなく，色素沈着発生例も大多数が治療後2ヶ月以内に消失し，それ以後迄残存した2例も1例は4ヶ月，他の1例も6ヶ月後に消失し，このうちの1例にみられた浮腫（恥丘部）も一過性で1年半に至る今日でも全く変化は認められない。

4.　直腸症状

振子照射法において最も考慮さるべきは中央部線量

第8表　皮　膚　変　化

(1) 皮膚変化

例　数	有	無	発生率
22	8	14	36.3%

(2) 照射線量別皮膚変化（治療中）

線量(病巣量R)	例数	色素沈着	糜爛	潰瘍	硬結
5000未満	6	1	0	0	0
5000～	15	7	0	0	0
6000～	1	0	0	0	0
計	22	8	0	0	0

(3) 治療後皮膚変化

症　例	治療後			
	色素沈着	浮腫	硬結	無
治療中変化⊕のもの	2	1	0	5
治療中変化⊖のもの	0	0	0	14

増加に伴う膀胱・直腸負荷増大による障害発生の懸念である。22例について直腸症状を検討した結果は第9表の如くで，これらは既編にもふれた如く，原発巣直接照射やまた手術による直腸の解剖学的変化の影響が附加されるので本法そのものの結果とはいえないが，その発生率はかなり高く，特に高線量照射のもとでは充分な注意が必要である。

第9表　直　腸　症　状

(1) 直腸症状

例　数	有	無	発生率
22	15	7	68.2%

(2) 主症状別発現状況

種　類	下痢	下血	潰瘍	狭窄
発生例	14	2	0	0

(3) 主症状発現時期

治療前期	4
〃 中期	3
〃 後期	8
計	15

(4) 症状持続状況

一過性	5
短期持続	7
長期持続	3
計	15

(5) 下痢回数（平均）

5回以下	8
～10回以下	5
～15回以下	2
計	15

(6) 治療後の直腸症状

	下血	狭窄	無
治療中症状⊕のもの	1（6ヶ月）	0	14
治療中症状⊖のもの	1（1年）	0	6

5. 膀胱症状

22例中，膀胱症状を伴うものは認められなかつた。

第2節　分角回転照射法における成績

第1項　研究対象並びに照射条件

対象は当科に入院せる子宮頸癌患者でⅠ期4例，Ⅱ期19例，Ⅲ期7例，計30例である。照射条件は SCD 75cm，偏心4～5cm，照射野4～5×8～13cm²/1側，側方除角20～40°，照射角100°前後回転で分角照射を行つた。照射線量は各側1回200R（病巣量）とし総量3000～6000Rを照射し，更に2例を除き原発巣直接照射を併用した。之等の平均照射線量は5210R，直接照射は3540mch となる（第10表）。

第2項　照射効果

1. 旁結合織浸潤の触診所見の変化

旁結合織浸潤の変化は第11表の如く減退例51.2%，不変34.9%，増強13.9%で，その効果は振子照射法のそれに必敵するものと考えられる。なお検索例は1側1例とし，照射前浸潤(−)で照射後も変化を認めなかつたものは除外した。

2. 原発巣の変化

原発巣については第12表の如く全例に縮小効果がみられるが，第62図に示す6例の縮小経過によつても明かな如く，振子照射に比べては縮小時期は遅延し，その程度もこれより軽度で骨盤側線量を基準にすれば，前者が2000R内外で起し得た変化は本法では3～4000R内外で現われるものと考えられる。第63～65図は症例8における1800R（B点），3000R，4000R 照射時の原発巣組織所見である。個体差により一概に論じ得ないが，一般にその変化は振子に比べ多少弱い傾向がみられる。

第3項　副作用

1. 宿酔症状

宿酔の発現は第13表の如くで，その発生率は振子照射よりやゝ低率であるが，その有意差如何については症例数の増加をまち再検討の要があらう。また症状の

第10表　　分角回転照射症例

No.	症例	年令	進行期	SCD	偏心	照射野	照射角(度)	除角(度)	経皮照射病巣量 (R)	直接照射(mch)
1	K. K.	63	I	75	4	4 × 8	100	40	5000	3000
2	F. M.	54	〃	〃	5	4 × 11	〃	20	4000	3200
3	Y. N.	55	〃	〃	4	4 × 13	〃	30	4000	3000
4	M. T.	52	〃	〃	〃	4 × 13	〃	30	5000	3000
5	M. M.	56	II	75	〃	4 × 10	100	30	4600	3000
6	S. M.	59	〃	〃	〃	4 × 10	〃	40	5000	4000
7	M. H.	77	〃	〃	〃	4 × 8	〃	30	5000	3300
8	Y. O.	75	〃	〃	〃	4 × 11	〃	30	4000	4000
9	M. N.	66	〃	〃	〃	4 × 11	〃	30	4000	3000
10	T. M.	59	〃	〃	〃	4 × 10	〃	30	4000	3000
11	Y. A.	46	〃	〃	〃	4 × 13	〃	30	4000	4000
12	T. Y.	50	〃	〃	〃	4 × 12	〃	30	4000	3000
13	M. M.	67	〃	〃	〃	4 × 14	〃	30	4400	3000
14	T. I.	52	〃	〃	〃	4 × 13	〃	20	5000	3000
15	Y. O.	67	〃	〃	〃	4 × 12	〃	30	5000	4000
16	K. S.	58	〃	〃	〃	4 × 12	〃	30	6000	4000
17	I. N.	46	〃	〃	〃	4 × 12	〃	30	4000	4300
18	K. A.	52	〃	〃	〃	4 × 13	〃	30	5000	4000
19	M. A.	66	〃	〃	〃	4 × 12	〃	40	5000	3400
20	T. S.	50	〃	〃	〃	5 × 13	〃	30	5000	3000
21	K. K.	68	〃	〃	〃	4 × 11	〃	30	5000	4000
22	Y. U.	66	〃	〃	4.5	5 × 12	〃	30	5000	4000
∘ 23	Y. T.	51	〃	〃	4	4 × 10	〃	40	5000	／
24	T. T.	58	III	75	〃	4 × 8	100	30	r 4000 ℓ 5000	3500
25	Y. N.	72	〃	〃	〃	4 × 10	〃	20	5000	4000
26	K. K.	44	〃	〃	〃	4 × 10	〃	30	r 5000 ℓ 6400	3200
27	M. T.	58	〃	〃	〃	4 × 10	〃	30	r 5000 ℓ 6000	4000
28	S. S.	67	〃	〃	〃	4 × 12	〃	20	5000	4200
• 29	S. F.	55	〃	〃	〃	4 × 13	〃	30	3000	／
30	S. I.	64	〃	〃	5	5 × 13	〃	40	5000	4000

∘ 術後照射例
• 死亡例

第11表　旁結合織浸潤の変化

	減退		不変	増強	
	高度	軽度		軽度	高度
右	1	10	5	2	0
左	2	9	10	4	0
計	3	19	15	6	0
	22 (51.2%)		(34.9%)	6 (13.9%)	

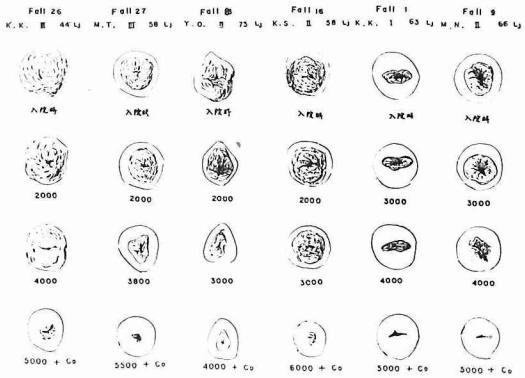
第12表　原発巣の変化

縮小		不変	増強
高度	軽度		
8	21	0	0
29			

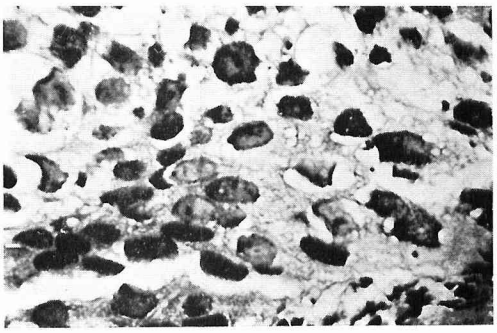
計　29

手術例　1例を除く

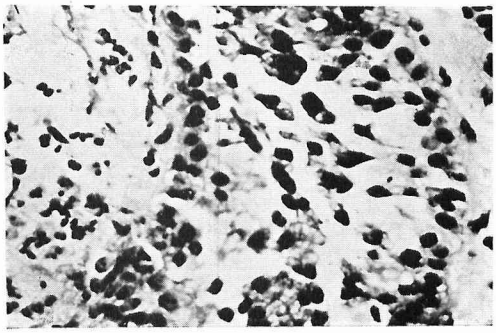
第62図　原発巣肉眼的所見経過



第63図　1800R（B点）照射時の組織所見



第64図　3000R（B点）照射時の組織所見



程度，発現時期，持続期間等については殆んど差は認められない。

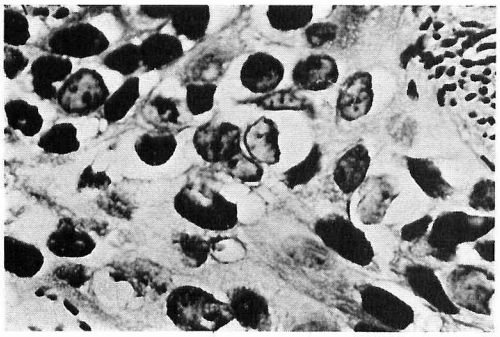
2.　末梢血赤・白血球数の推移

第66図及び第14表の如く之等の推移は殆んど変らないが，白血球の変動は振子ほどではなく，むしろ固定照射のそれに近似している。

3.　皮膚変化

皮膚変化の概要は第15表に示す如くであり，その発

第65図　4000R（B点）照射時の組織所見



第13表　宿　酔　症　状

(1)　宿酔発現状況

例　数	有	無	発　生　率
30	13	17	43.3%

(2)　宿酔症状別発現状況

種　類	全身倦怠	食　減	悪　心	嘔　吐
発生例	8	12	1	1

(3)　症例別宿酔発現状況

食　減（単独）	5
食減＋倦怠	7
食減＋悪心	0
食減＋倦怠＋悪心	1
食減＋悪心＋嘔吐	0
計	13

(4)　宿酔症状発現時期

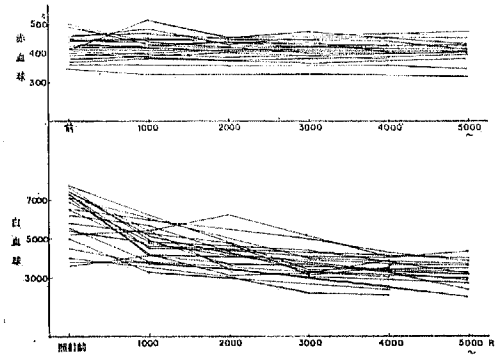
治療前期	6
〃　中期	4
〃　後期	3
計	13

(5)　宿酔持続期間

一過性	7
短期持続	2
長期持続	4
計	13

生率は30例中9例30%で振子照射と同様に本法固定照射に比べて遙かに少い。然し本照射法では照射角が重り易い前腹壁中央及び腰臀部中央に変化がおこり易く，その程度も振子照射に比しやゝ著明で，照射角の選定には充分な注意が必要とされる。色素沈着発生例の多くは治療後2～6ヶ月以内で完全に消退し，症例によつてはこの期に一過性浮腫の発現をみるものもあるが，この後は特記すべき変化は認められないようである（最長経過例3年）。

第66図　赤・白血球数の推移



第14表　白血球数の変動

減少		不変	増加	
高度	軽度		軽度	高度
5	17	7	1	0
22			1	

第15表　皮膚変化

(1) 皮膚変化

例数	有	無	発生率
30	9	21	30%

(2) 線量別皮膚変化

線量(病巣量R)	例数	色素沈着	糜爛	潰瘍	硬結
5000未満	11	2	0	0	0
5000～	16	4	1	0	0
6000～	3	2	0	0	0
計	30	8	1	0	0

(3) 治療後の皮膚変化

症例	治療後			
	色素沈着	浮腫	硬結	無
治療中変化⊕のもの	2	4（一過性）	0	3
治療中変化⊖のもの	1	0	0	19

註 1. 浮腫発現4例は4～6ヶ月後一過性に発現
2. 入院中死亡1例を除く

4. 直腸症状

分角照射の目的の1つは中央部線量を減少して膀胱直腸障害を軽減し，充分な直接照射を可能とするにある。そこで本法を施行せる30例について直腸症状を検討すると成績は第16表の如くとなる。即ちその発現率は $^{12}/_{30}$，40%となり，発現率からは固定照射，振子照射のそれより遙かに低率であり，またこの値は本法固定照射における山形乃至楔形鉛ブロックによる調整照射の発現率と全く一致することは注目すべきことであらう。

次に下痢症状の程度，発現持続の様式からみると振子照射のそれと類似し，両発症例間に大差はないが，本法では平均下痢回数の少いものが多く，水様下痢もまた少い。然し症例17，20，29には照射中期～終了時に断続的少量の出血をみ（29は死亡），治療後一時消失したが，17は6ヶ月後に再出血，狭窄を形成，其の他症例11，22，25に4ヶ月～1年後粘血便を認めた。

第16表　直腸症状

(1) 直腸症状

例数	有	無	発生率
30	12	18	40%

(2) 主症状別発現状況

種類	下痢	下血	潰瘍	狭窄
発生例	11	3	0	0

(3) 主症状発現時期

治療前期	1
〃 中期	8
〃 後期	3
計	12

(4) 症状持続状況

一過性	5
短期持続	5
長期持続	2
計	12

(5) 下痢回数（平均）

5回以下	10
～10回以下	2
～15回以下	0
計	12

(6) 治療後の直腸症状

症例	下血	狭窄	無
治療中症状⊕のもの	3（1年6ヶ月4ヶ月各1例）	左の内1	8
治療中症状⊖のもの	1(1年)	0	17

注：入院中死亡1例を除く

このことは子宮偏位に伴う直接照射量の偏重の問題もさることながら，焦点深度選択適正の上からも今後の検討を要するところであろう。

5. 膀胱症状

本法に於ても，之等の症状を伴うものは認められなかつた。

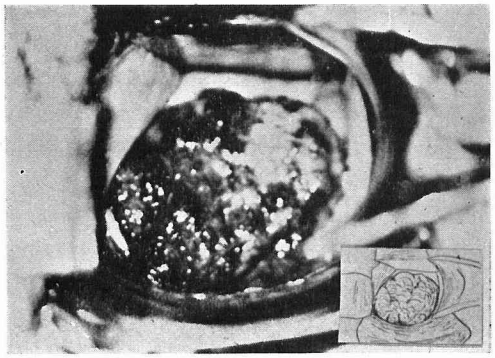
第4項　分角回転照射法の得失

以上の成績からも明かな如く，本照射法においては①原発巣への効果は振子照射より一般に遅発その縮小程度も軽度ではあるが，反面充分な直接照射の可能性がうかがわれること　②旁結効果は少くとも振子や一般固定照射法と同程度の効果が期待できることであり，一方副作用の面でも　③全身反応は比較的少く，④特に皮膚反応の軽減や　⑤直腸症状の著減が認められるなどからファントーム内線量分布からだけではなく，実際臨床の面からも頸癌リンパ節照射として充分に用い得るものであると考えられる。たゞしかし照射角の重復による無用な皮膚障害の発生や，誤つた回転中心の設定による重篤な直腸障害の発生には充分な留意が必要であり，之等実際照射面の改善や，更にまた直接照射併用時における子宮偏位の際の対策等については今後なお検討を要するものと考えられる。

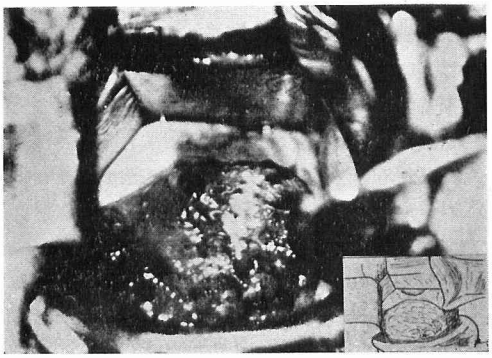
〔付〕　中心回転照射法の応用

中心回転照射法を子宮頸癌リンパ節照射として用うることに関しては先に述べた如く著者等はむしろ悲観的見解であり，これについての実際的症例にも接していない。たゞ本法応用上の適応の一つとして中央部に限局する小腫瘍の場合の照射があげられるが，著者は最近原発性膣癌に本法を応用して著効を得た一例を経験しているのでこれを付しておく。症例は44才の一回経産婦で，入院に至る1年程前からの不正性器出血，接触出血を主訴として来院，膣入口より5cm内方の後膣壁に子宮膣部とは全く関係のない鶏卵大，表面凹凸不正，汚穢赤紫色，出血性腫瘍を認め組織学的には扁平上皮癌を証明して入院せしめ，直ちに該腫瘍に対して^{60}Co遠隔中心回転照射を行つた。照射条件は SCD 75cm，4×5cm，中心360°回転，回転中心を腫瘍の下縁中央において1回病巣量300R，15回，計4500Rの照射を行つた。腫瘍は1000R照射時より著明な縮小扁平化を始め，1500Rにて照射前の⅓となり表面の滑沢化，出血の消失をみ，2400R時，該部に糜爛面と拇指頭大の硬結をのこすのみとなり，3000Rにて該部の発赤をのこすのみで腫瘍は全く消失し，4500R終了時には照射部に一致した白色苔，健常肉芽の置換をみ表面も更に平滑となり，本法によつて明かな効果を認めることが出来た。この間懸念された直腸症状もなく，1日2回3日間の軟便をみたのみで他の副障害もなく全経過 Glatt に治療を終了し得た。第67，68，69図は夫々当患者の入院照射前，1000R照射終了時，4500R照射終了時における局所の肉眼的所見の変化である。

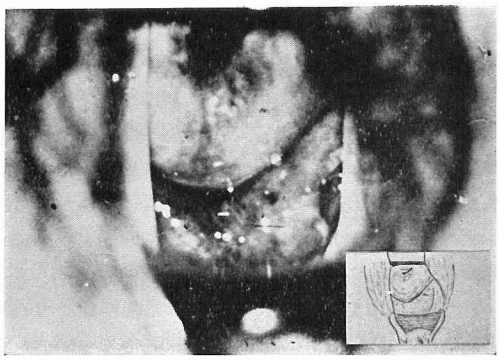
第67図　　入院時局所所見



第68図　　1000R照射時局所所見



第69図　　4500R照射終了時局所所見



第5章　総括並びに考案

^{60}Co遠隔回転照射法の子宮頸癌照射への応用についての報告は少く②～⑩，検討的段階にあるともいえる。本照射法が一般化されるに至らない理由には，回転機種そのものの普及が充分でないこともあるが，むしろ適切な線量分布を得ることが難しいことが大きな原因をなしていると考えられる。これはまた超硬レ線移動照射法の固定照射法に対する優位性の問題⑪～⑮とも繋つてくることであるが，少くとも線質の面から

は従来レ線と同様の手技をもつてしては適切な照射を行うことができないことは当然である。そのため高橋[16][17]は原体照射法により，Paterson[18]，Murphy[19]，Fletcher[20]らは bolus material の応用によつて線量分布の是正をはかり，また moving wedge（森田[21]），Jalousie filter（Etter[22]），斜方向振子照射法（Burragi[23]）などの照射法の応用も考案されている。何れにしても適切な線量分布さえ得られるならば，皮膚反応や全身反応の面から移動照射の方が有利であることは明かであり，この開発が望まれる所以である。

著者が島津ＲＴ－10000型二重回転照射装置を用いて子宮頸癌照射時における各移動照射法を検討した結果では，まず中心軸回転照射法ではその線量分布からみても両側骨盤リンパ節の線量を中央部の膀胱・直腸線量以上に増大することは不可能で，ために充分な照射が期待できないし，またこの際には12～14*cm*の照射野巾を必要とすることから回転照射法としての特性は全く失われることとなる。またたとえ治療目標を原発巣においたとしても，Ra，^{60}Co による直接照射より有利であるとはいえない。従つて中心軸回転照射法は頸癌照射には不適であつて，たゞ比較的大きな，または充分な直接照射を行い得ない原発巣に補助的に用いることができるに過ぎないものと考えられる。

一方，偏心軸振子回転照射法は，従来レ線では中央部線量が少く，リンパ節照射に有利な線量分布が得られる（Wachsmann[24]，岩井[25]）が，^{60}Co γ 線では対側への透過線量がレ線より遙かに大きいためレ線のような中央低線量部は作られない。これは照射野巾及び回転角によつても是正されないし，偏心度を大きくしても中央線量の減弱程度は少く，かつ骨盤側方線量が増加するため偏心度を増大させることには限度がある。

また有効線錐巾についても，骨盤横断面上の長軸方向では充分であるが短軸方向では不充分で4×10*cm*²，180～220°回転で5*cm*内外である。著者は頸癌患者44例の検討から平均約7*cm*の巾が必要と考えるが，このように有効線錐前後巾の短いことも本照射法の一つの大きな欠点である。従つて本法の実際応用には，直接照射を必要としない術後照射或は原発腫瘍の大なるもの，腟壁浸潤を伴うもの等，線量分布に合致選択された患者以外に利用することは適当でないと思われる。（之等の照射を行う場合の著者等の照射条件は，SCD 75*cm*，偏心4～5*cm*，軸照射野巾4～5*cm*，回転角180～220°とし，1回病巣量200Ｒで総量4000～6000Ｒを照射している）。

そこで偏心軸振子回転照射法における有効線錐前後巾を延長せしめる目的で，一定の偏心短径軸上に2個の回転中心を設定して照射する[26]二焦点振子回転照射法について検討した。この照射法によると，焦点間距離が適当であれば両線量が合成されて線錐前後巾を延長させることが可能となり，220°，4×8*cm*² の二焦点振子では焦点位置は $f_1=3$，$f_2=-3$ 迄で，焦点間2～4*cm*以内，$f_1 \leqq f_2$ とすると求むべき線錐巾が得られ，線量分布は改善される。しかし本法では中央部線量の減少は望めず，また焦点間距離を離す割合に有効線錐の延びは少い。

一方，側方線量の中心被曝を抑制してしかも回転照射の意義を失わないよう内部線量分布の改善をはかる目的から，Brizel[27]が固定照射の代法或は直接照射併用時の経皮照射として行つている Sector technique を応用した分角回転照射法を検討した結果，本照射法では中央部線量はＢ点線量の30～40％内外に減少せしめ，振子及び二焦点振子より優れた線量分布が得られることを認めた。また側方除外角と照射角とを適切に選べば有効線錐前後巾の延長も可能である。即ち本法での至適条件は側方除角20～40°，照射角は中央表面での重復が避けられる80～110°前後回転で，特に除角30～40°，照射角95～100°が適当である。分角照射法は側方に遮蔽鉛をおくことによつても代行できることを認めたが，この場合には遮蔽鉛の選択とその装着部位に充分な注意を必要とする。

分角回転照射法によつて好適な線量分布が得られるが，前後巾の厚い肥満体の場合のように背腹中央表面での照射角の重復がおこり易いとき，或は更に線錐巾の増大を必要とされる場合には分角回転照射法に二焦点照射を組合せた分角二焦点振子回転照射法がより適切である。この際の使用範囲は分角回転の角度内で $f_1=2$，$f_2=-3$ 迄，焦点間4*cm*以内である。

なお之等の照射法の線量分布は何れも一焦点照射の各分布を合成したものであるところから，実際照射に当つては各焦点に照射される線量が等しいことが条件となる。

また以上の照射法は更に種々な組合せにより不規則形の偏在病巣にも応用し得るものと考えられる。

深部量の計算には固定・回転を問わず Tumor air-ratio を用いるのが便利であることは前に述べたが[28]，透過線量よりの方法も簡単で優れた方法であることは Neumann & Wachsmann[29]，その他[30][31]らも指摘するところで，著者もこれをたしかめえた。

なお実際に振子回転照射法と分角回転照射法にて治療を行つた子宮頸癌患者について照射効果及び副作用等を比較検討した結果からは何れも夫々のファントー

ム内線量分布を裏づける所見の一端を認め得た。とくに分角回転照射法では原発巣への効果は振子照射より軽度であるが反面充分な直接照射の可能性が伺われ，また旁結合織効果では他照射法に比し遜色のない効果が期待され，更に副作用の面でも皮膚・全身反応の軽減及び直腸症状の著減が認められ実際臨床の面からも子宮頸癌照射法として充分に用い得るものと考えられた。しかし本法においても，重篤な直腸障害や，中央体表面の皮膚障害発生例も経験され，回転角の選択や回転中心の設定に充分な留意が必要であり，更に照射条件の適応範囲の設立や直接照射併用時の対策についても今後なお検討を要するところである。何れにしてもこれら照射法の優劣の判定は終局的には治癒成績にまたねばならないが，今後更に例数の増加をまち慎重に検討したい。

第6章　結　　論

1．中心軸回転照射法は，原発巣直接照射の補助照射として用い得るが，頸癌経皮照射の主眼である骨盤壁リンパ節照射には適当でなく，また単なる偏心軸振子回転照射法も中央部線量が増嵩し，かつ有効線錐前後巾が短いため照射患者の選択に充分なる考慮を要し，一般的にはなお適切な照射法とはいえない。

2．二焦点振子回転照射法によれば有効線錐前後巾の延長を計り得，線量分布は偏心軸一焦点振子回転照射に比し改善がみられるが，中央部線量の低減は望まれない。

また分角回転照射法では，中央部線量を減少し得るのみでなく有効線錐巾をも延長し骨盤内腔照射に適した線量分布を得ることができる。その実際臨床成績からは，少くとも旁結・リンパ節の照射効果を同じくして直接照射の充分なる施行及び副作用軽減の可能性を伺い得る。

3　以上の如く，子宮頸癌に対する ^{60}Co遠隔回転照射法として中心軸回転照射法，偏心軸振子回転照射法，二焦点振子及び分角回転照射法を検討した結果，分角回転照射法が最も優れた線量分布を示し，頸癌照射の移動照射法として最も適していると考えられ臨床成績からもその一端を伺い得た。またこれらの照射法の組合せにより，不規則形ないし偏在性の腫瘍にも有利な照射が可能と考える。

稿を終るに臨み終始御懇篤な御指導，御校閲を賜つた恩師岩井教授に深謝致しますとともに，多大な御教示を頂いた福田助教授，石井講師，病理学教室塩沢講師，御協力頂いた上条博士，古田学士はじめ教室各位，中央レントゲン各位に感謝致します。

尚本論文の要旨は第16回日本産科婦人科学会総会（1964）及び第24回日本医学放射線学会総会（1965）の席上において発表した。

文　　献

①曽根原衛雄：信州医誌，**15**：305，1966　②Johns, H. E. : Am. J. Roentgenol, **75**：1105, 1956　③Johns, H. E. : Am. J. Roentgenol **79**：373, 1958　④Braestrup, C. B. et al : Radiolgy, **64**：17, 1955　⑤Jones, E. A. et al. : Brit. J. Radiol, **29**：196, 1956　⑥Weishaar, J. : Strahlentherapie, **123**：484, 1964　⑦宮川正・他：日医放会誌，**14**：516, 1954　⑧赤堀和一郎・他：日産婦誌，**13**：205, 1961　⑨山内敏弘：日産婦誌，**16**：241, 1964　⑩志田原陸雄：日産婦誌，**16**：397, 1964　⑪Hubacher, O. : Strahlentherapie, 102：315, 1957　⑫Mellor, H. M : Brit. J. Radiol. **33**：20, 1960　⑬Howarth, J. & Wilson, C. B. : Am. J. Roentgenol, **85**：53, 1961　⑭梅垣洋一郎：放射線医学最近の進歩，医歯薬出版，559, 1960　⑮Shmermund, H. J. et al. : Die Supervolttherapie (Becker, J. & Schubert, G.) 422, 1961　⑯高橋信次：臨床放線，**5**：653, 1960　⑰高橋信次：日医放会誌，**20**：2746, 1961　⑱Paterson, R. : Treatment of malignant disease by radium and X-rays, London, 1948　⑲Murphy, W. T. : Radiation Therapy, W. B. Saunders Co, London, 1959　⑳Fletcher, G. H. : Am. J. Roentgenol. **75**：91, 1956　㉑森田皓三：日医放会誌 **22**：163, 1962　㉒Etter, H. : Deutsch Röntgenkongress. B：264, 1963　㉓Buruggi, G. L. et al. : Die Supervolttherapie (Becker & Shubert) Geolg Thieme Verlag 433, 1961　㉔Wachsmann, F. & Keller, L : Strahlentherapie **87**：278, 1952　㉕岩井正二：第10回日産婦総会宿報要旨，日産婦誌，**10**：617, 1958　㉖Heinzel, F. : Strahlentherapie, **116**：180, 1961　㉗Brizel, H. E. : Am J. Roentgenol, **89**：101, 1963　㉘曽根原衛雄：信州医誌，**15**：289, 1966　㉙Neumann, W. & Wachsmann, F. : Strahlentherapie, 71：438, 1942　㉚Fedruck, S. C. & Johns, H. E. : Brit. J. Radiol. **30**：352, 1957　㉛Braestrup, C. B. et al. : Am. J. Roentgenol. **79**：400, 1958