

Title	電子計算機による $^{60}\text{Co}$ 軸偏心回転の線量分布の解析
Author(s)	尾内, 能夫; 都丸, 禎三; 入船, 寅二
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1969, 28(10), p. 1379-1395
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19706">https://hdl.handle.net/11094/19706</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

電子計算機による  $^{60}\text{Co}$  軸偏心回転の線量分布の解析

癌研究会癌研究所第6研究室(物理)

尾内 能夫 都丸 禎三 入船 寅二

(昭和43年4月20日受付)

## An Analysis of Cobalt-60 Isodose Patterns for Eccentric Rotation with the Use of a Digital Computer

By

Yoshio Onai, Teizo Tomaru, and Toraji Irifune

Department of Physics, Cancer Institute, Tokyo

Dose distributions in cobalt-60 planar rotation of 30-cm diameter circular and  $20 \times 30$  cm oval phantoms, with the center of rotation at the center of the phantom (centric rotation) and not at the center of the phantom (eccentric rotation), were calculated with the use of a digital computer. A comparison was made on the dose distributions found to obtain the displacement of the center of rotation from the center of the phantom for the purpose of applying the isodose curves with centric rotation to those for eccentric rotation in practical use.

This displacement is called the "permissible displacement" in this report, which is defined as follows.

(1) In the region of greater than 30 per cent of the dose at the center of rotation, the differences in the relative doses (the tissue dose at the center of rotation was always taken as 100) obtained with centric and eccentric rotations are less than 10 per cent, or the shift of isodose curves is less than 5 mm.

(2) In the region of less than 50 per cent of the dose at the center of rotation, the differences in the relative doses are less than 20 per cent, when the doses for eccentric rotation are smaller than that for centric rotation.

The results obtained are as follows.

1. In arc rotation of less than 300 degrees for a 30-cm diameter circular phantom, the isodose pattern for eccentric rotation, whose center is situated on the arc bisecting line between the center of the phantom and the entrance side of the beam, becomes approximately the same as that for centric rotation with a  $20 \times 30$  cm oval phantom, whose minor axis is taken as the arc bisector.

When the center of rotation is situated on the opposite side of the beam entrance, the isodose pattern becomes approximately the same as that for centric rotation with the oval phantom, whose major axis is taken as the arc bisector.

The permissible displacements for a circular phantom are shown in Table 1. If the displacement of the center of rotation from the center of the phantom is less than 4 cm, the differences in doses with and without displacement are less than 10 per cent for any angle of rotation.

2. In the case of rotation for a  $20 \times 30$  cm oval phantom, whose minor axis is taken as the arc bisector, the isodose pattern for eccentric rotation, whose center is situated on the minor axis between the

center of the phantom and the entrance side of the beam, becomes approximately the same as that for centric rotation with more oblong phantom in shape.

When the center of rotation is situated on the opposite side of the beam entrance, the isodose pattern becomes approximately the same as that obtained for centric rotation with the circular phantom.

The permissible displacements for an oval phantom are shown in Table 2. If the displacements are less than 3 cm, the differences in doses with and without displacement are less than 10 per cent for any angle of rotation.

3. When the center of rotation is located on the entrance side of the beam on the major axis of the oval phantom, taking the major axis as the arc bisector, the isodose pattern for eccentric rotation of less than 300 degrees becomes approximately the same as that for centric rotation with a circular phantom. In 360-degree eccentric rotation, the isodose pattern remains the same as that for the oval phantom without displacement. In this case, the permissible displacements are as shown in Table 3. If the displacements are less than 6 cm, the isodose curves for the circular phantom without displacement would be applicable to those for eccentric rotation of the oval phantom with any angle of rotation in practice.

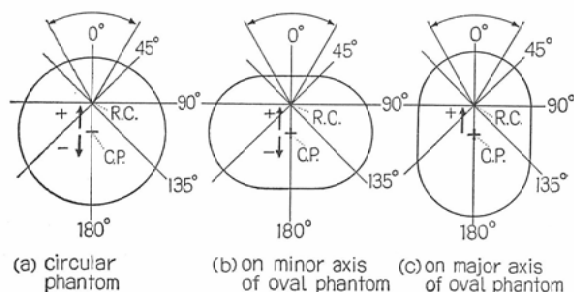
## 緒 言

前報<sup>2)</sup>において phantom の中心に回転軸を有する(中心回転とよぶ)  $^{60}\text{Co}$  回転照射の線量分布を電子計算機を用いて計算し、円柱中心回転と oval 中心回転の線量分布を比較検討した。その結果、大部分の場合円柱中心回転の分布を oval 中心回転に適用してもその誤差は小さく臨床的に問題はなかつた。しかし回転軸が phantom の中心から偏移すると(切線回転照射のように線束が偏心する回転照射と区別するために軸偏心回転とよぶべきであるが、ここでは以下単に偏心回転とよぶ)、その誤差が大きくなる可能性がある。Tsien 他<sup>4)</sup>は 4 cm 程度の偏心であれば問題はないと述べているが、その誤差が明らかでない、この点を明確にするために、電子計算機を用いて中心回転と偏心回転の線量分布および両者の線量比を計算し、中心回転の分布を適用できる偏心距離およびその方向と振り角の関係について検討した。

## 方 法

前報<sup>2)</sup>に述べた Toshiba RI-107  $^{60}\text{Co}$  回転照射装置(SAD75cm, SDD39cm, 線源 1.5cm 直径)に対する計算式を用い、5度間隔の多門照射として計算した。Phantom の種類とその偏心距離は、30cm 直径の円柱形 phantom について  $\pm 10\text{cm}$ , Haynes と Froese<sup>1)</sup> による 20×30cm Oval phantom について 短軸上  $\pm 8\text{cm}$ , 長軸上  $\pm 10\text{cm}$

Fig. 1. Diagram illustrating the directions of displacement of the center of rotation (R.C.) from the center of the phantom (C.P.)



までである。+は線束の入射側、-は射出側への偏移を表わす。偏移の方向はFig. 1に示すように、振り角の2等分線を0度軸とし0度-180度軸方向である。計算した照射野は正方形でその幅は4, 6, 8, 10および14cm, 振り角は60, 90, 120, 180, 240, 300および360度である。中心回転も偏心回転も回転軸の線量を100とし、Fig. 1に示すように回転中心を原点として0, 45, 90, 135および180度軸をとつて各軸上での中心回転の線量に対する偏心回転の線量比を求めた。

## 結 果

### I. 各軸上での線量変化

#### (1) 円柱形 phantom

Fig. 2, 3および4に円柱形 phantom につい

Fig. 2. Dose profiles for 120, 180, 240, 300, and 360 degrees of rotation on the 0°- and 180°-axes of a 30-cm diameter circular phantom, with a field size of 8 × 8 cm and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±8 cm from the center of phantom on the 0°—180° axis of the phantom

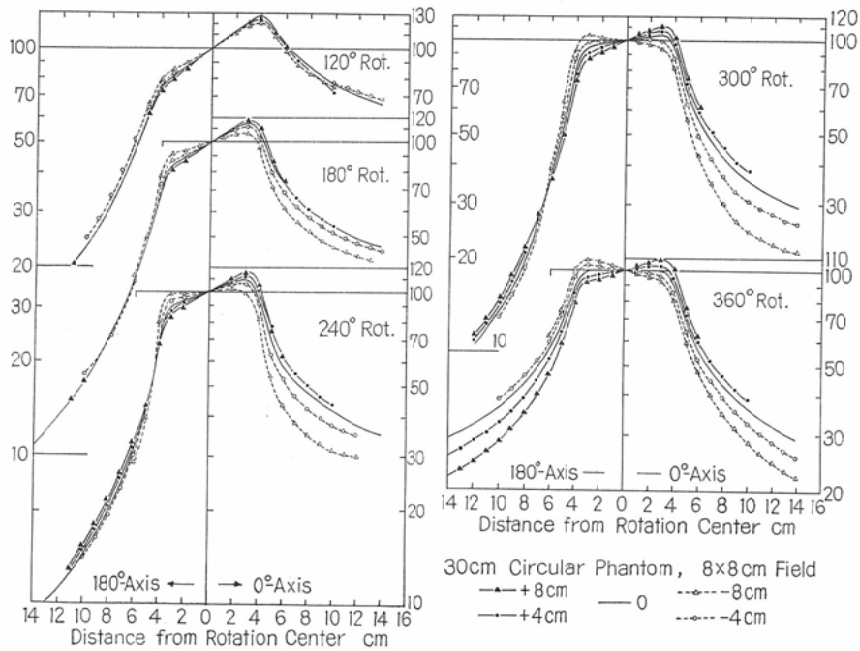


Fig. 3. Dose profiles for 120, 180, 240, 300, and 360 degrees of rotation on the 45° - and 135° -axes of a 30 cm diameter circular phantom, with a field size of 8 × 8 cm and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±8 cm from the center of phantom on the 0°—180° axis of the phantom

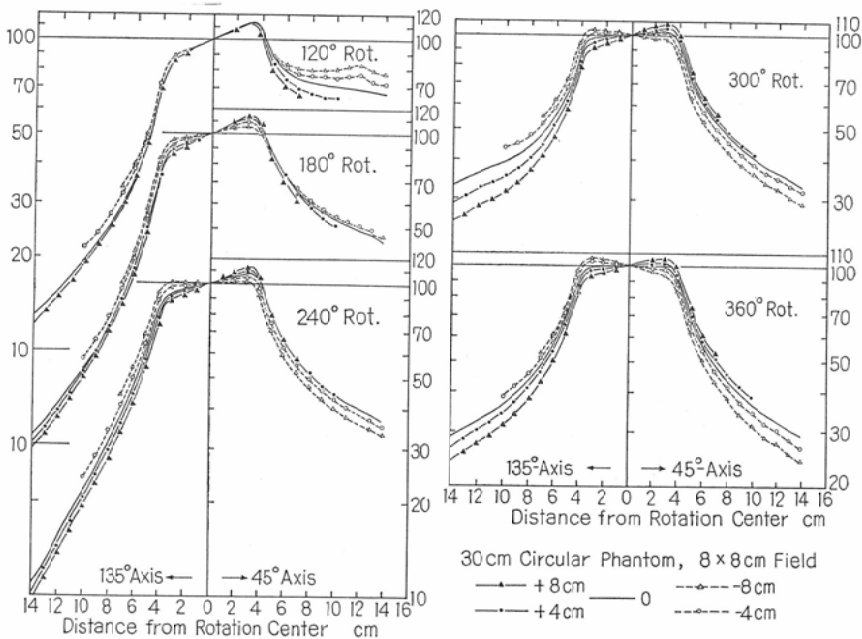
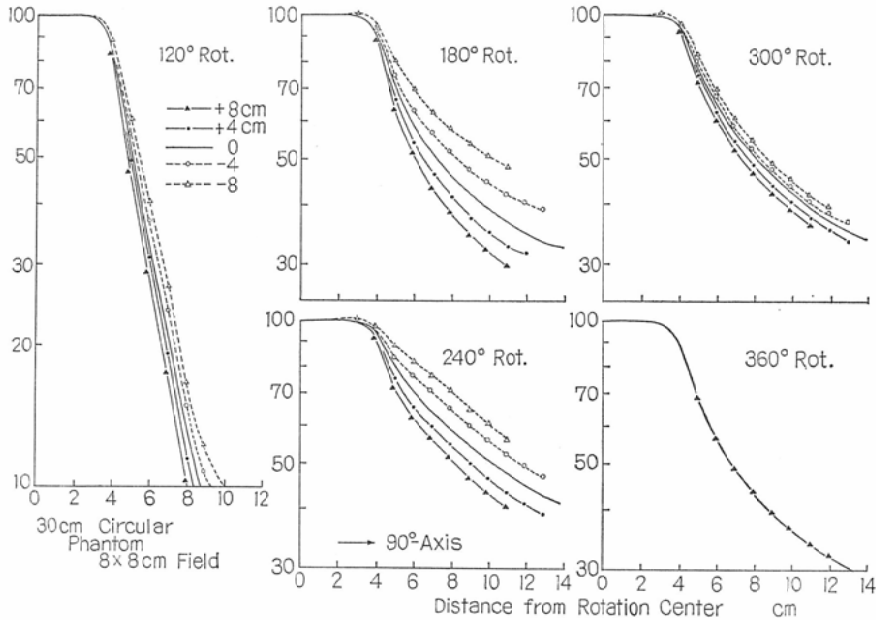


Fig. 4. Dose profiles for 120, 180, 240, 300 and 360 degrees of rotation on the 90° -axis of a 30 cm diameter circular phantom, with a field size of 8 × 8 cm and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±8 cm from the center of phantom on the 0° - 180° axis of the phantom



て±4 cmおよび±8 cm偏心した場合の各軸上での線量分布を中心回転の分布と比較して示した。照射野は8 × 8 cmであるが、他の照射野についてもその傾向は同じである。

0- 180度軸。(Fig. 2) 120度以下の振り角ではこの軸上での偏心による線量変化は小さい。

180度より 300度までの振り角では+偏心をすると、0度軸上では中心回転より線量が大きく、180度軸へ移るとそれが小さくなり回転中心から遠ざかると再び中心回転の線量に近くなつて後逆転する。-偏心ではこの関係が全く逆であるが、0度軸での中心回転の線量との相違は+偏心より大きい。

Tsien<sup>4)</sup>も述べているように、180度振りより大きい振り角では、-偏心をすると最大値が回転中心に近づき回転中心附近の線量分布が平坦となる。振り角が 300度以上では偏心距離が大きくなり過ぎると逆に 180度軸上に最大値ができる。

360度回転では偏心した軸上での線量は中心回転の線量より大きく、それと反対軸上の線量は小

さくなる。したがって最大値が回転中心から遠ざかる。しかし最大値の線量は回転中心と10%以上は相違しない。

45- 135度軸 (Fig. 3). 120度以下の振り角においては、+偏心では中心回転より線量が小さく、-偏心では大きくなる。中心回転の線量との相違は45度軸上が大きく、等線量曲線の移動も大きい。しかしFig. 9に示すように90度軸に平行な方向への移動は小さい。

180度振りでは偏心による線量変化は小さい。

240度以上の振り角においては、+偏心では45度軸上で中心回転より線量が大きく、135度軸上では小さくなる。-偏心をするところの関係が反対となるが、45度軸上での中心回転の線量との相違は+偏心より大きい。

180度より大きい振り角では、-偏心をすると0- 180度軸上と同様に中心附近の線量が平坦となる。

90度軸 (Fig. 4). +偏心では中心回転より線量が小さく、-偏心では大きくなる。

Fig. 5. Dose profiles for 120, 240, and 360 degrees of rotation the 0°, 180°, 45°, and 135°-axes of a 20×30cm oval phantom, with a field size of 8×8 cm and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±8 cm from the center of phantom on the minor axis of the phantom, taking the minor axis as the arc bisector. Dose profiles for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.

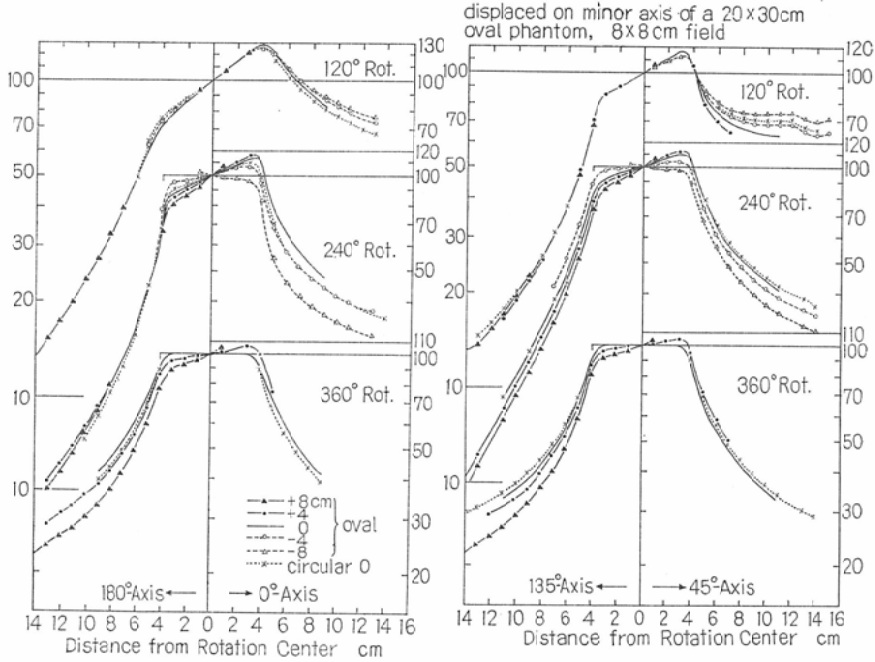
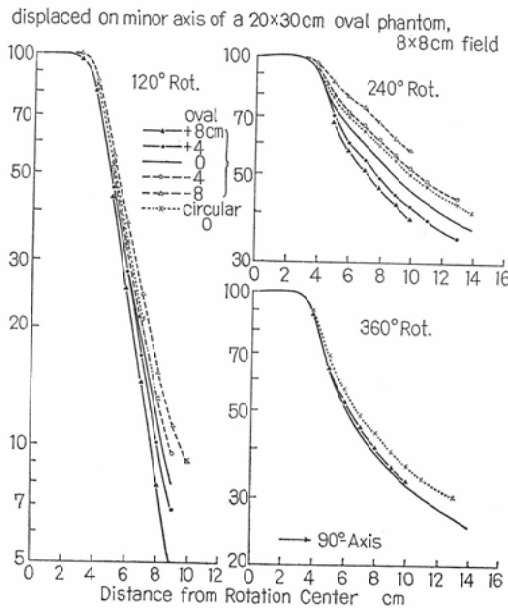


Fig. 6. Dose profiles for 120, 240, and 360 degrees of rotation on the 90° -axis of a 20×30 cm oval phantom, with a field size of 8×8 cm and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±8 cm from the center of phantom on the minor axis of the phantom, taking the minor axis as the arc bisector. Dose profiles for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.



180度振りまでは振り角が大きくなると、中心回転の線量との相違が大きくなり、それを越えると逆に小さくなって360度回転ではほとんど相違しなくなる。

120度以下の振り角では、90度軸上の線量は急激に減少するので、偏心による等線量曲線の移動は少ない。

## (2) oval phantom

### (i) 短軸上偏心

oval phantom の中心回転と偏心回転の線量の関係は120度振りの0度軸以外は円柱 phantom についての関係とほとんど同じである。Fig. 5 および6に照射野  $8 \times 8$  cm の場合の120, 240および360度回転の各軸上の分布を示した。比較のために円柱中心回転の分布も示してある。以下、円柱中心回転との相違について述べる。

120度以下の振り。十偏心では45度軸と、90度軸以外は円柱中心回転との相違は小さい。90度軸上は線量が急激に減少するから、等線量曲線の移

動は小さい。また45度軸上でも90度軸に平行な方向への等線量曲線の移動は小さい (Fig. 10参照)。

一偏心をすると0度軸以外は円柱中心回転の分布に近くなる。

180度～300度振り。十偏心では円柱中心回転との相違は大きくなるが、45度と180度軸上では相違の程度は小さい。

一偏心をすると45度と135度軸以外は円柱中心回転の分布に近くなるが、偏心が大きくなり過ぎると再び相違が大きくなってくる。180度軸上では偏心による相違は小さい。

360度回転。一偏心は十偏心と軸が逆転するだけで同じであるから十偏心だけを考える。180度軸上では十偏心をすると円柱中心回転の分布に近づくが、偏心が大きくなると相違も大きくなってくる。90度軸上では偏心による相違は小さい。他の3軸については240度振りと同傾向である。

### (ii) 長軸上偏心

Fig. 7. Dose profiles for 120, 240, and 360 degrees of rotation on the  $0^\circ$ -,  $180^\circ$ -,  $45^\circ$ -, and  $135^\circ$ -axes of a  $20 \times 30$  cm oval phantom, with a field size of  $8 \times 8$  cm and with the center of rotation displaced 0, 4, and 8 cm from the center of phantom on the major axis of the phantom, taking the major axis as the arc bisector. Dose profiles for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.

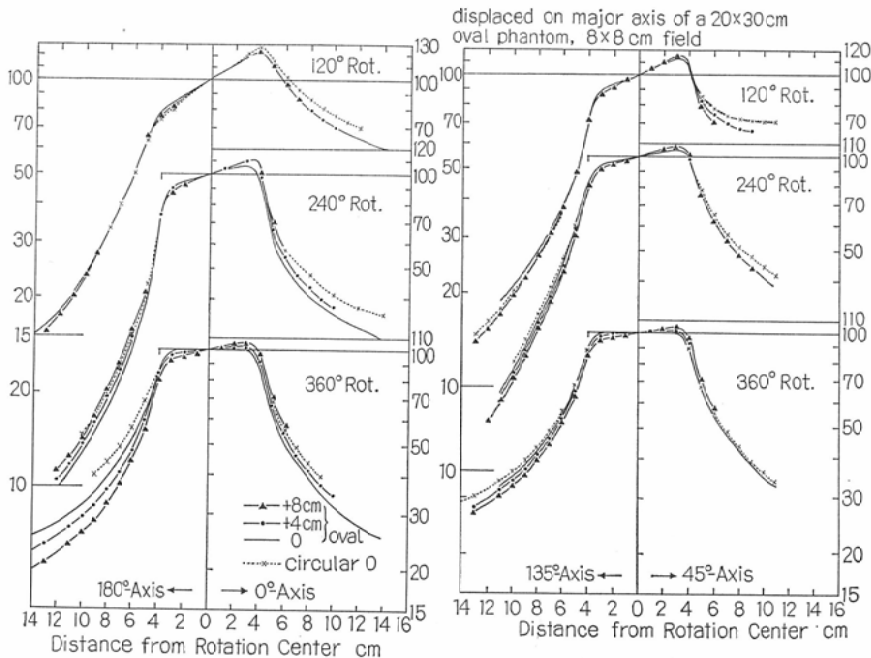
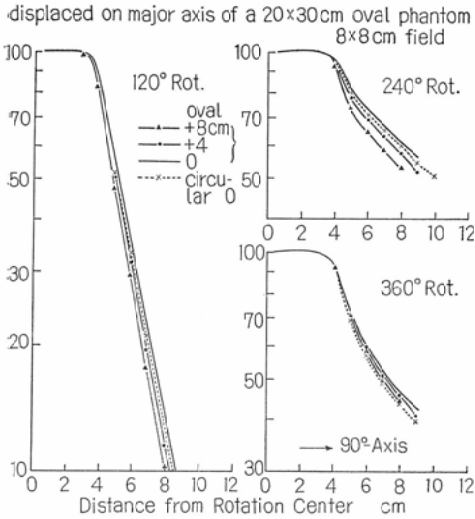


Fig. 8. Dose profiles for 120, 240, and 360 degrees of rotation on the 90°-axis of a 20×30 cm oval phantom, with a field size of 8×8 cm and with the center of rotation displaced 0, 4, and 8 cm from the center of phantom on the major axis of the phantom, taking the major axis as the arc bisector. Dose profiles for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.



短軸上偏心と同様、ovalの中心回転と偏心回転の線量の関係は円柱 phantom についての関係と同傾向である (Fig. 7 および 8)。

長軸上偏心では振り角が 360度 に近づくまでは、偏心した場合の方が回転中心までの深さと入射角の関係が円柱 phantom の場合に近い。したがって 360度回転の 180度軸以外では短軸上偏心より円柱中心回転の線量との相違が小さい。しかも大部分の点において円柱中心回転より小さい線量となる。360度回転の90度軸のみは円柱中心回転より線量が大きくなるが、その相違は10%以下である。

II. 等線量曲線の形の変化

(1) 円柱形 phantom

Fig. 9 に照射野 6×6 cm の場合の 60, 90, 120, 180, 240 および 300 度振りについて回転中心の 30%, 50% および 90% (60度振りについては 130% も表示) の等線量曲線を示した。実線が中心回転, 破線が ±4 cm 偏心, 一点鎖線が ±10 cm 偏心

で、左側が+, 右側が一偏心の分布である。Fig. 12 (A) に 360度回転の分布を示した。

十偏心. 十偏心では 120度以下の振り角では偏心によつて等線量曲線の移動はほとんどない。

180度以上 300度までの振り角では、45度軸と 180度軸上では偏心によつて等線量曲線はあまり移動しない。90度から 135度軸上にかけて等線量曲線は回転中心側 (内側とよぶ) に移動し、0度軸上で線源側 (外側とよぶ) に移動する。この形は振り角の 2 等分線を短軸方向とする oval の中心回転の分布に近い (Fig. 10 参照)。

360度回転では90度軸上では移動は少なく、135度軸から 180度軸にかけて内側へ、45度軸から 0度軸にかけて外側へ移動する。

一偏心. 一偏心では 120度以下の振り角では外側に移動するがその変化は僅かである。

180度以上 300度までの振り角では45度軸と 180度軸で移動が少なく、90度軸から 135度軸にかけて外側へ、0度軸で内側へ移動する。この形は振り角の 2 等分線を長軸方向とする oval の中心回転の分布に近い (Fig. 11 参照)

360度回転では十偏心と逆方向へ移動する。

(2) oval phantom

(i) 短軸上偏心

Fig. 10 に照射野 6×6 cm について各振り角の分布を示した。点線は oval の中心回転, 破線は ±4 cm 偏心, 一点鎖線は ±8 cm 偏心, 実線は円柱中心回転の分布であつて、左側に十偏心, 右側に一偏心の分布が示されている。

oval phantom で偏心した場合の等線量曲線の移動方向は、円柱 phantom で偏心した場合の移動方向と同じ傾向である。

円柱中心回転の分布と比較すると、十偏心では oval の中心回転の分布より相違がさらに大きく、一偏心では45度および 135度軸以外は oval の中心回転より円柱中心回転の分布に近くなる。360度回転では Fig. 12 (B) の左側に示すように、90度軸では oval 中心回転に近く、135度軸から 180度軸にかけて円柱中心回転より内側に等線量曲線が移動する。45度軸では円柱中心回転の分布に近い。



Fig. 9. 90%, 50%, and 30% isodose curves for a field size of 6 × 6 cm with 300, 240, 180, 120, 90, and 60 degrees of rotation and with the center of rotation displaced 0, ±4, and ±10 cm from the center of phantom on the arc bisecting line of a 30-cm diameter circular phantom.

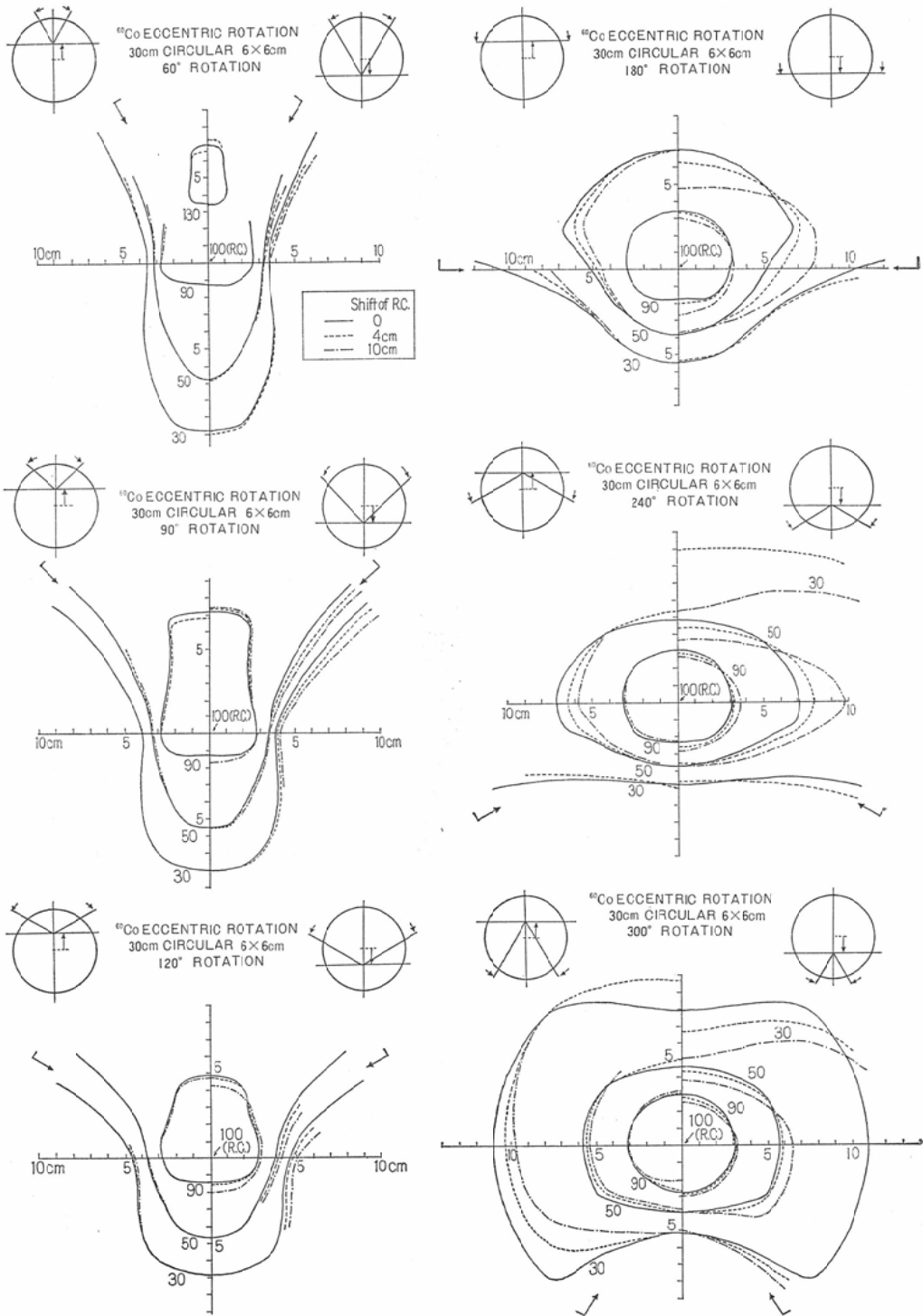


Fig. 10. 90%, 50%, and 30% isodose curves for a field size of  $6 \times 6$  cm with 300, 240, 180, 120, 90, and 60 degrees of rotation and with the center of rotation displaced 0,  $\pm 4$ , and  $\pm 8$  cm from the center of phantom on the minor axis of a  $20 \times 30$  cm oval phantom taking the minor axis as the arc bisector. Isodose curves for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.

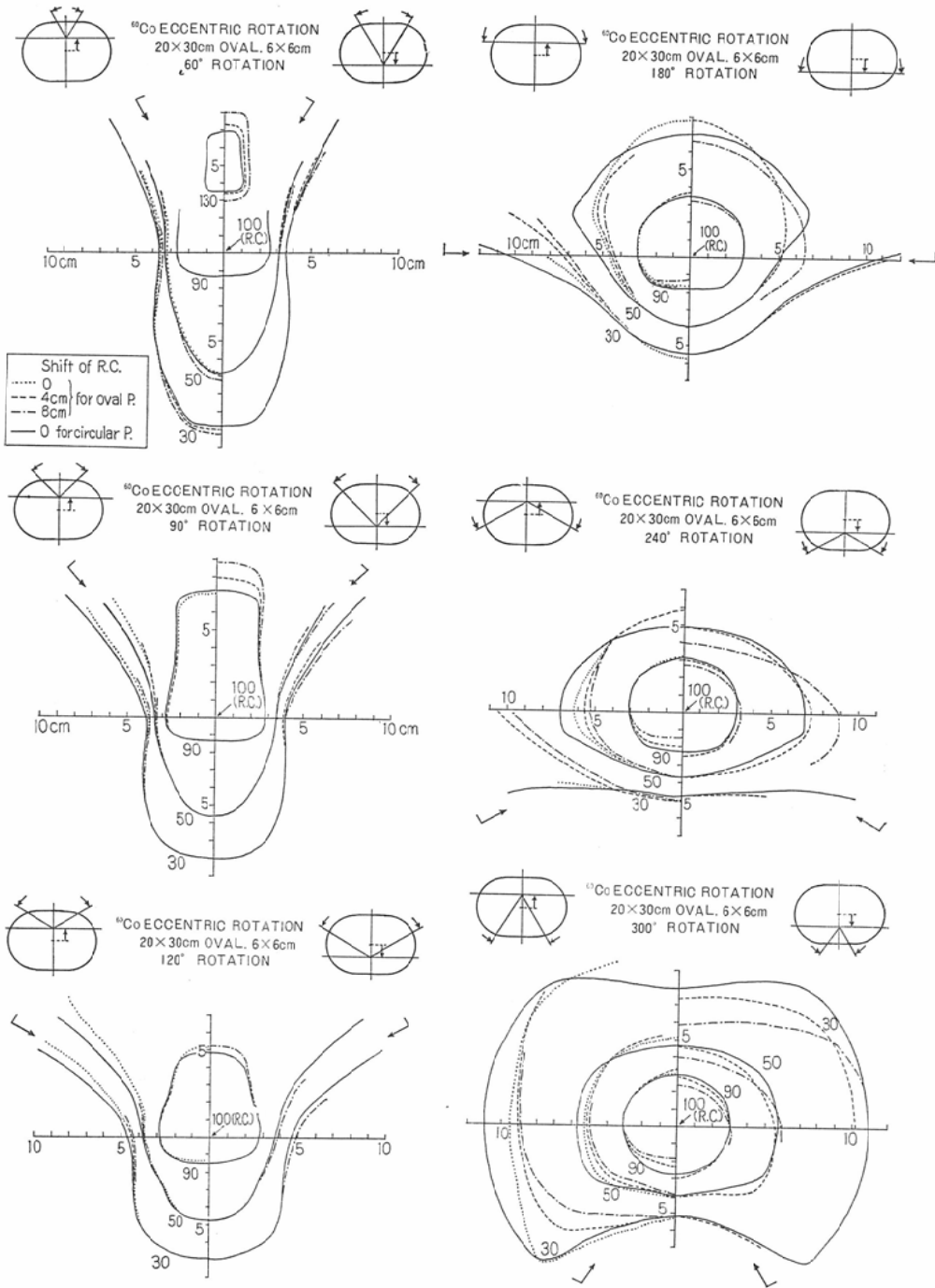
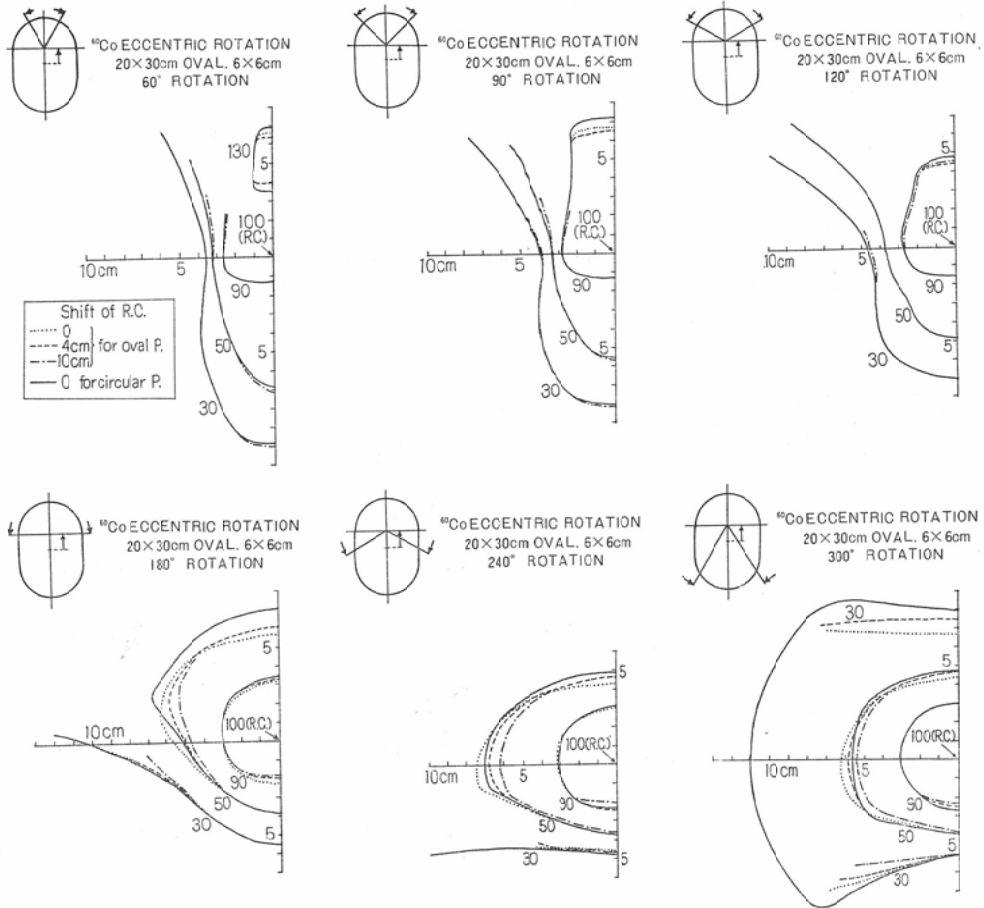


Fig. 11. 90%, 50%, and 30%isodose curves for a field size of 6 × 6 cm with 300, 240, 180, 120, 90, and 60 degrees of rotation and with the center of rotation displaced 0, +4, and +10 cm from the center of phantom on the major axis of a 20 × 30 cm oval phantom taking the major axis as the arc bisector. Isodose curves for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation are also shown.



(ii) 長軸上偏心

Fig.11に 300度以下の振り角, Fig.12 (B) の右側に 360度回転の分布を示した. 一点鎖線は+10cm偏心, 他は短軸上偏心と同様である. +10偏心すると円柱中心回転の分布にむしろ近くなるが, この方向からの振り照射では oval の中心回転と円柱中心回転とで分布にあまり相違がない. 360度回転では円柱中心回転より oval の中心回転の分布に近い.

以上3種の偏心回転を総括すると, 300度以下の振り角ではFig. 13の左側に示す円柱およびoval

の短軸ならびに長軸上偏心回転はそれぞれ右側に示す oval または円柱の中心回転の分布に近くなる. これは, 偏心によつて入射方向とその方向における回転中心までの深さの 関係が対応した phantom の中心回転における関係に近くなることによる. 振り角が大きくなると 135度軸近辺より大きい角度の軸上ではその関係が成立しなくなるので近似が悪くなり, 360度回転ではFig.13の関係は成立しなくなる.

III. 中心回転の分布が適用できる偏心距離  
中心回転の分布を30cm円柱 phantom と20 × 30

Fig. 12. 90%, 50% and 30% isodose curves for 360-degree eccentric rotation with a field size of 6 × 6 cm (A) Displaced 0, ±4, and ±10 cm on the diameter of a 30-cm diameter circular phantom. (B) Left: Displaced 0, +4, and +8 cm on the minor axis of a 20 × 30 cm oval phantom. Right: Displaced 0, +4, and +10 cm on the major axis of a 20 × 30 cm oval phantom. Solid lines are isodose curves for a 30 cm diameter circular phantom with centric rotation.

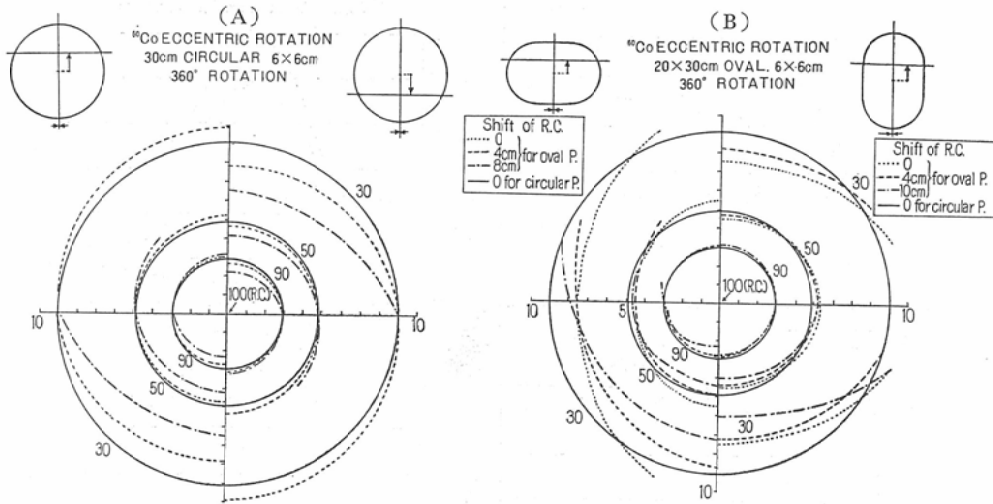
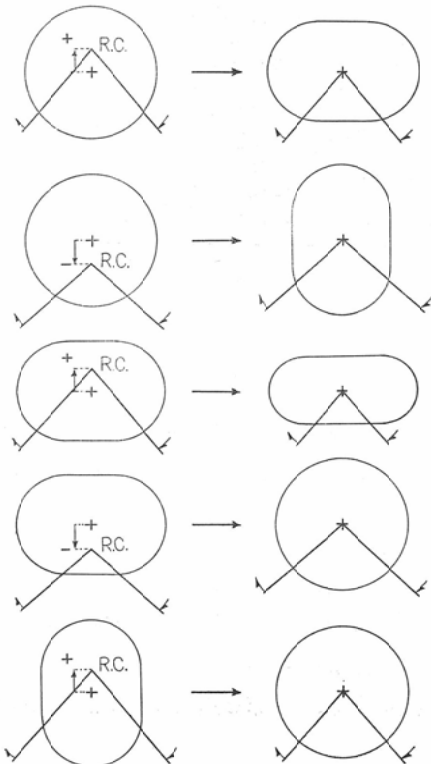


Fig. 13. The general pattern of isodose curves for eccentric rotation as shown on the left-hand side of the graph becomes approximately the same as that for phantoms with centric rotation as shown on the right, respectively, provided that the angle of rotation is less than 300 degrees.



cm oval phantom について計算し、前報<sup>3)</sup>に発表した<sup>4)</sup>が、これらの分布が偏心回転に適用できれば治療計画が容易になる。前節において、各軸上の線量分布と等線量曲線の形について検討したが、その結果中心回転の分布に近くなる場合が多いことが判つた。ここでは中心回転の分布が適用できる偏心の方向とその距離および振り角について定量的に検討を加える。

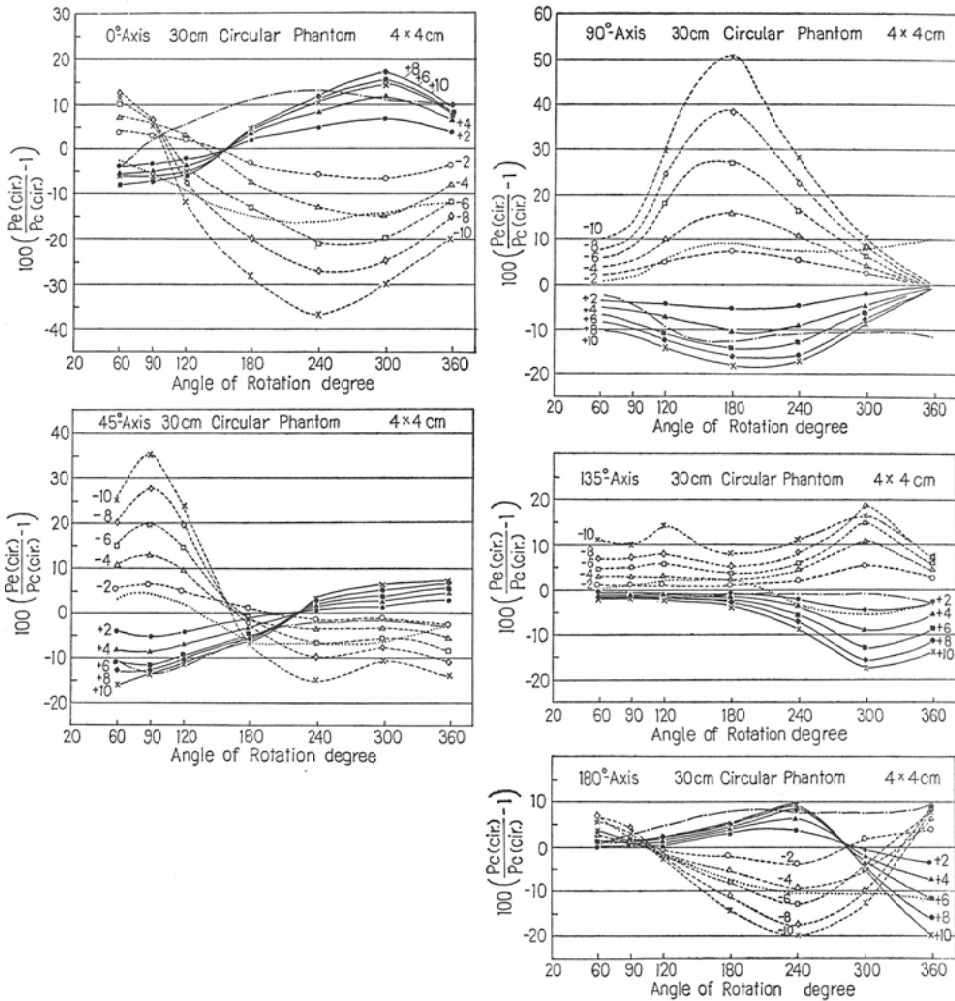
中心回転の分布と比較して偏心回転の分布が、  
(1) 回転中心の30%以上の線量域において±10%以下の相違の場合(ただし1軸のみが±15%以下の相違の場合を含む)。

(2) 等線量曲線の移動距離が5mm以下の場合。

(3) 50%以下の低線量域において中心回転の線量より低い線量となり、その相違が20%以下の場合の3種の中、一つを満足する偏心距離を中心回転の分布が適用できる許容偏心距離とする。

Fig.14, 15および16にそれぞれ円柱形, oval 短軸上および oval 長軸上偏心の場合について、0度, 45度, 90度, 135度および180度軸上の円柱中心回転とそれぞれの偏心回転の線量の相違を示した。照射野は4 × 4 cmであるが、他のそれより

Fig. 14. Differences between doses obtained with center of rotation at center (Pc(cir.)) and not at center Pe(cir.) of a 30 cm diameter circular phantom. The dose at center of rotation is always taken as 100.



大きい照射野では相違がむしろ小さくなる場合が多い。

縦軸の  $P_{c(cir.)}$  は円柱中心回転の線量 (回転中心の線量を 100 とする。以下同じ),  $P_{e(cir.)}$  は円柱偏心回転の線量,  $P_{e(oval)}$  は oval 偏心回転の線量である。+ は円柱中心回転より線量が大きくなることを, - は小さくなることを表わしている。横軸は振り角, パラメーターは偏心距離で, + は

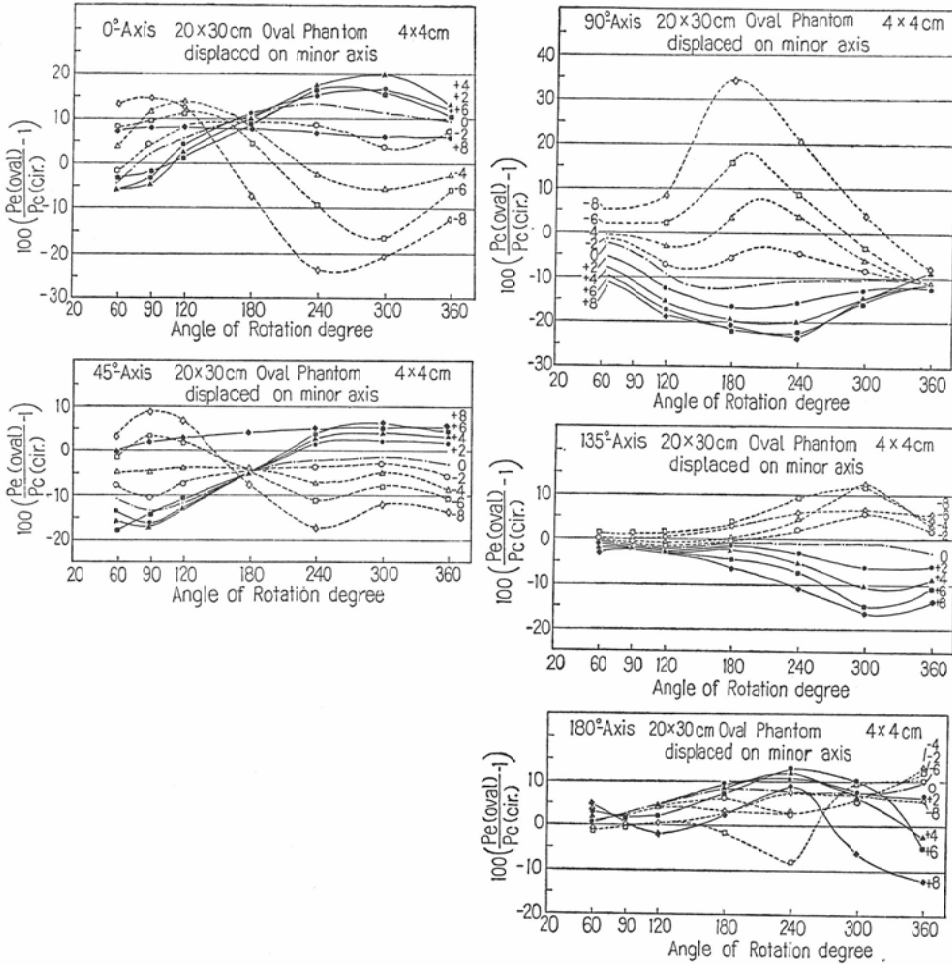
前と同様 0 度軸上への偏心, - は 180 度軸上への偏心で, 0 はそれぞれの phantom の中心回転である。

Fig. 14 には oval の中心回転と円柱中心回転の線量比も示されている。一点鎖線が Fig. 1 の (b), 点線が (c) の回転の場合である。

(1) 円柱形 phantom

円柱中心回転の分布を適用できる偏心距離を求

Fig. 15. Differences between doses obtained for centric rotation with a 30 cm diameter circular phantom (Pc(cir.)) and those for eccentric rotation with a 20×30 cm oval phantom (Pe(oval)). The center of rotation is displaced on the minor axis (arc bisecting line) of the phantom



める。

60度振り. 45度軸以外は±6 cm偏心しても10%以下の相違である. 等線量曲線の移動距離は±10 cm偏心しても大部分の点において5 mm以下である.

90度振り. 45度軸以外は±8 cm偏心しても10%以下の相違である. 等線量曲線の移動距離は±偏心で10 cmまで5 mm以下, 一偏心では4 cmまで5 mm以下である.

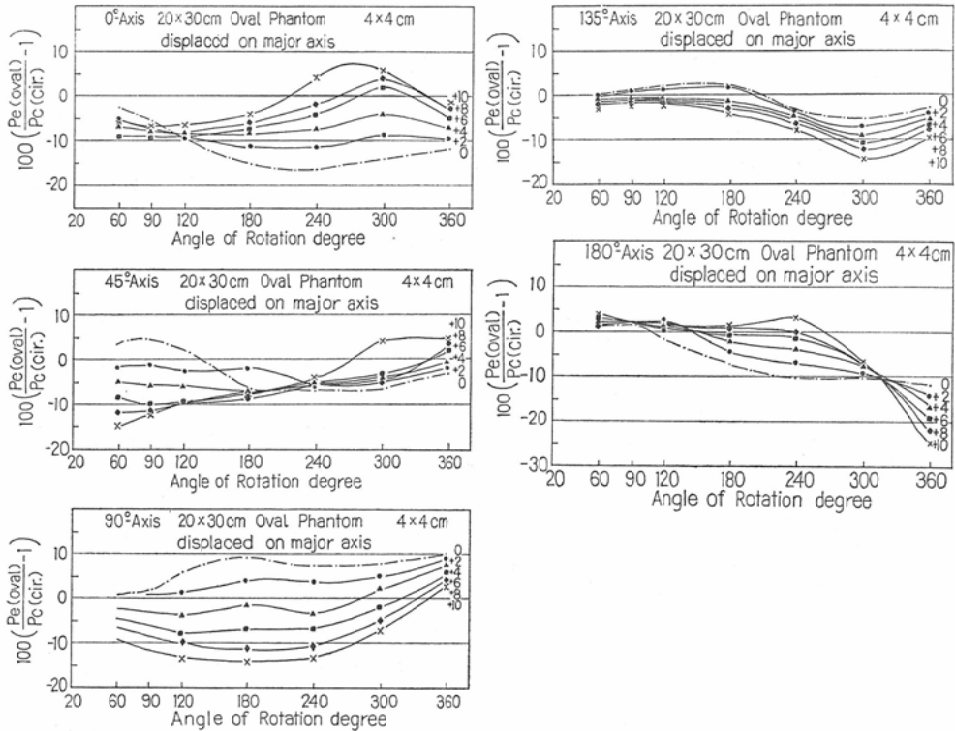
120度振り. 45度および90度軸以外は±8 cm偏

心しても10%以下の相違である. 等線量曲線の移動距離は90度軸では±10 cm偏心しても5 mm以下であるが, 45度軸では±偏心で10 cm, 一偏心では4 cmまでが5 mm以下である.

180度振り. 一偏心では90度軸で4 cm, 他の軸では10 cmまで10%以下の相違である. 90度軸では中心回転より線量が低く, 10 cm偏心でも20%以下の相違である.

一偏心では0度軸で5 cm, 90度軸で3 cm, 180度軸で7 cm, 他の軸では10 cmまで10%以下の相違

Fig. 16. Differences between doses obtained for centric rotation with a 30 cm diameter circular phantom ( $P_c(\text{cir.})$ ) and those for eccentric rotation with a  $20 \times 30$  cm oval phantom ( $P_e(\text{oval})$ ). The center of rotation is displaced on the major axis (arc bisecting line) of the phantom.



である。等線量曲線の移動は線量が10%以上異なると5mmを越す。従つてこの振り角の一偏心では3cm以上の偏心距離に対しては中心回転の分布を適用できない。

240度振り。十偏心では0度軸で5cm、90度軸で4cm、他の軸では10cmまで10%以下の相違である。90度軸では中心回転より線量が低く、その相違は10cm偏心でも20%以下である。0度軸では5cm以上の偏心をすると10%以上の相違となるが、その超過は僅かで10cm偏心しても中心回転との相違は12%である。従つて十偏心では10cm偏心まで適用できる。

一偏心では0度軸で3cm、45度軸で8cm、90度軸と180度軸で4cm、135度軸で9cmまで10%以下の相違である。等線量曲線の移動距離を5mmまで許容し、中心回転より線量が低くなることを許容しても4cm以上の偏心距離では中心回転の分布

を適用できない。

300度振り。十偏心では0度軸で3cm、135度軸で4cm、他の軸では10cmまで10%以下の相違である。135度軸では中心回転より線量が低く、10cm偏心しても20%以下である。0度軸上では中心回転より線量が大きく、15%まで許容しても4cm偏心までである。

一偏心の場合も、0度軸と135度軸の相違が大きく、0度軸で3cm、135度軸で4cm、他の軸では8cmまで10%以下の相違である。0度軸では中心回転より線量が小さいが、135度軸では大きい。従つて一偏心でも4cm以上の偏心には適用できない。

360度回転。十偏心の場合には、180度で5cm、135度軸で7cm、他の軸では10cmまで10%以下の相違である。135度軸も180度軸も中心回転

より線量が小さく、10cm偏心しても20%以上の相違はない。一偏心は十偏心の軸が変るだけであるから、360度回転では10cm偏心まで円柱中心回転の分布が適用できる。

次に oval の中心回転と比較する。十偏心の場合には Fig. 1 の (b), 一偏心の場合には Fig. 1 の (c) の照射法の中心回転の分布が適用できる偏心距離を求める。

十偏心. 0度軸, 45度軸および90度軸上ではすべての振り角について10cm偏心まで oval の中心回転の分布を適用できる。

135度軸上では 240度以下の振り角では10cmまで, 300度振り角で 5 cm, 360度回転で 8 cmまで10%以下の相違である。この軸上では oval の中心回転より線量が低くなり, その相違は10cm偏心でも20%以下である。

180度軸でも, 240度以下の振り角では10cm偏

Table 1. Permissible displacement of the center of rotation from the center of phantom in eccentric rotation for a circular phantom (Fig. 1. (a)), to which isodose curves obtained with centric rotation for a circular or oval phantoms are applicable

(circular phantom)

Rotation angle (degrees)	Displacement (cm) required to apply isodose curves with			
	center of rotation at center of circular phantom		center of rotation at center of oval phantom	
	Fig. 1(a)		Fig. 1(b) Fig. 1(c)	
	+	-	+	-
60	10(5)	10(4)	10 (10)	5 ( 5)
90	10(5)	4(3)	10 (10)	5 ( 5)
120	10(6)	4(4)	10 (10)	5 ( 5)
180	10(4)	3(3)	10 (10)	5 ( 5)
240	10(4)	4(3)	10 (10)	6 ( 6)
300	4(4)	4(3)	10 ( 5)	2 ( 2)
360	10(5)	10(5)	5 ( 0)	0 ( 0)
any angle	4(4)	3(3)	5 ( 0)	0 ( 0)

+ The center of rotation is situated on the arc bisecting line between the center of phantom and the entrance side of the beam.

- The center of rotation is situated on the opposite side of the beam entrance.

( ) Displacement (cm) producing a difference of less than 10 per cent.

心しても10%以下の相違である。300度振り角では oval の中心回転より線量が低く, 10cm偏心しても15%以下の相違である。360度回転では線量は oval の中心回転より小さくなるが, その相違は大きく 5 cm偏心で20%程度である。

以上のことから十偏心の場合には 300度以下の振り角では 2 cmから10cm偏心まで oval の中心回転の分布を適用できる。360度回転では 5 cmまでの偏心に適用できる。

一偏心. 180度以下の振り角では 5 cmまで, 240度振り角で 6 cm偏心までovalの中心回転 (Fig. 1 (c) の分布が適用できる。300度振り角では 135度軸上での相違が大きく 2 cm偏心までである。360度回転では 180度軸上での相違が大きく, 偏心すると oval の中心回転の分布は適用できない。

以上, 円柱形 phantom についての結果を総括すると Table 1 のごとくなる。括弧内の数字は±10%以下の相違となる偏心距離で, Table 2 および 3 も同様である。

Table 2. Permissible displacement of the center of rotation from the center of phantom in eccentric rotation for an oval phantom (Fig. 1. (b), displaced on the minor axis of the oval phantom), to which isodose curves obtained with centric rotation for a circular or oval phantom are applicable.

(displaced on the minor axis of oval phantom)

Rotation angle (degrees)	Displacement (cm) required to apply isodose curves with			
	center of rotation at center of circular phantom		center of rotation at center of oval phantom	
	Fig. 1(a)		Fig. 1(b)	
	+	-	+	-
60	8 ( 0)	8 ( 7)	8 ( 8)	5 ( 5)
90	8 ( 0)	8 ( 6)	8 ( 8)	5 ( 5)
120	8 ( 0)	8 ( 2)	8 ( 8)	5 ( 5)
180	8 ( 0)	5 ( 5)	8 ( 8)	3 ( 3)
240	0	6 ( 5)	8 ( 4)	3 ( 3)
300	0	8 ( 3)	8 ( 4)	5 ( 3)
360	8 ( 5)	8 ( 5)	8 ( 3)	8 ( 3)
any angle	0 ( 0)	5 ( 2)	8 ( 3)	3 ( 3)



Table 3. Permissible displacement of the center of rotation from the center of phantom in eccentric rotation for a oval phantom(Fig. 1. (c), displaced on the major axis of the oval phantom), to which isodose curves obtained with centric rotation for a circular or oval phantom are applicable (displaced on the major axis of oval phantom)

Rotation angle (degrees)	Displacement (cm) required to apply isodose curves with	
	C. of R. at center of circular phantom	C. of R. at center of oval phantom
	Fig. 1 (a)	Fig. 1 (c)
	+	+
less than 120	10 ( 7 )	10 ( 5 )
180	10 ( 7 )	8 ( 4 )
240	10 ( 7 )	4 ( 4 )
300	10 ( 5 )	4 ( 4 )
360	6 ( 0 )	10 ( 8 )
any angle	6 ( 0 )	4 ( 4 )

## (2) oval phantom

### (i) 短軸上偏心

最初に円柱中心回転の分布が適用できる偏心距離を求める。

60度振り. 十偏心の45度軸以外は±6 cm偏心しても10%以下の相違であり, 等線量曲線の移動距離を5 mmまで許容すると±8 cmの偏心まで円柱中心回転の分布が適用できる。

90度振り. 十偏心では45度と90度軸以外は8 cm偏心しても10%以下の相違である. この2軸も等線量曲線の移動距離は8 cm偏心で5 mm以下である. 一偏心では8 cm偏心すると0度軸上で15%近くの相違となるが, 他の軸では10%以下である. 従つてこの振り角では±8 cmの偏心まで円柱中心回転の分布が適用できる。

120度振り. 十偏心すると45度軸と90度軸で10%以上の相違となるが, 等線量曲線の移動距離は8 cm偏心でも5 mm以下である. 一偏心では0度軸以外は8 cm偏心しても10%以下の相違である. 0度軸も15%程度の相違であるから, この振り角でも±8 cmの偏心まで円柱中心回転の分布が適用できる。

180度振り. 十偏心すると90度軸上では10%以

上の相違となり, 等線量曲線の移動距離も5 mm以上である. しかしこの軸では円柱中心回転より線量が低くなり, 8 cm偏心しても22%の相違である. 0度軸では8 cm偏心して12%, 他の軸では10%以下の相違である. 従つて十偏心では8 cm偏心しても円柱中心回転の分布が適用できる。

一偏心では90度軸以外は8 cm偏心しても10%以下の相違であるが, 90度軸では5 cm偏心までが10%以下の相違である。

240度振り. 十偏心では, 偏心すると0度軸と90度軸で10%以上の相違となる. 一偏心では, 6 cm偏心まで10%以下の相違である。

300度振り. 十偏心をすると0度軸と90度軸で10%以上の相違となる。

一偏心では, 135度軸において4 cmの偏心で13%程度の相違を示すが, それ以上の偏心ではphantom内の相違は小さくなる. 0度軸と45度軸では円柱中心回転より低い線量となり, 8 cm偏心でも20%以下の相違である. 従つてこの振り角では-8 cm偏心までよい。

360度回転. 十偏心では0度軸で14%程度の相違を示すが, 偏心が大きいとphantom内の相違は10%以下となる. 45度と90度軸は8 cm偏心しても10%以下である. 135度軸では10%以上の相違を示すが, 中心回転より低い線量となり, 8 cm偏心でも20%以下である. 180度軸も同様である. 従つて360度回転では8 cm偏心しても円柱中心回転の分布が適用できる。

次に oval の中心回転の分布を適用できる偏心距離を求める。

前に述べたように, 十偏心では oval の長軸がさらに長くなつた形の phantom についての中心回転に, 一偏心では円柱中心回転に近くなるから, 十偏心では oval の, 一偏心では円柱中心回転の分布を適用した方がよい筈である。

十偏心. すべての振り角および軸について8 cm偏心しても+10%以下又は-20%以下の相違である. 従つて十偏心では8 cm偏心まで oval の中心回転の分布が適用できる。

一偏心. 0度軸と90度軸上で oval の中心回転との相違が大きくなり, 各振り角について Table

2に示す偏心距離までが+10%以下又は-20%以下の相違となる限界である。

#### (ii) 長軸上偏心

この軸については+偏心だけを考えているが、Fig. 16に示すように円柱中心回転と比較すると、すべての振子角および軸について+10%以上の相違はない。又360度回転の180度軸以外は-20%以上の相違を示さない。従つて300度以下の振子角では10cm偏心まで円柱中心回転の分布が適用できる。360度回転でも6cm偏心までは-20%以下の相違である。

ovalの中心回転と比較すると、360度回転はovalの中心回転の分布に近く、10cm偏心しても+10%以上又は-15%以上の相違はない。他の振子角については4cmまでの偏心ではovalの中心回転と10%以上の相違はない。-20%を許容するとTable 3のようになる。

#### 総括

$^{60}\text{Co}$   $\gamma$ 線による円柱形およびoval phantomの中心回転および偏心回転の線量分布を電子計算機を用いて計算し、その結果を解析して中心回転の分布を適用できる偏心距離を種々の振子角について求めた。

1. 円柱形 phantom において、線束の入射方向へ偏心した場合には、振子角が300度以下では短軸方向を振子角の2等分線とするovalの中心回転の分布に近くなり、射出方向に偏心した場合には長軸方向を振子角の2等分線とするovalの中心回転の分布に近くなる。

2. 円柱形 phantom の偏心回転において、中心回転の分布を適用できる偏心距離はTable 1に示す通りであつて、4cm程度の偏心距離であればすべての振子角について円柱中心回転の分布を適用しても最大10%程度の相違である。

3. oval phantom の短軸上偏心では、偏心方向が線束の入射側の場合にはovalがさらに扁平

になつたときの中心回転の分布に近くなり、線束の射出側に偏心した場合には円柱中心回転の分布に近くなる。

4. oval phantom の短軸上偏心回転において、中心回転の分布を適用できる偏心距離はTable 2に示す通りであつて、3cm程度の偏心であればすべての振子角についてovalの中心回転の分布を適用しても10%以下の相違である。

5. oval phantom の長軸上偏心では、偏心方向が線束の入射側の場合のみを考察したが、300度以下の振子角では円柱中心回転の分布に近くなり、360度回転ではovalの中心回転の分布に近い。

6. oval phantom の長軸上偏心回転において、中心回転の分布を適用できる偏心距離はTable 3に示す通りであつて、6cm程度の偏心であればすべての振子角について円柱中心回転の分布を適用しても臨床的に問題はないであろう。

この研究は厚生省がん研究助成金によつて行われたものである。こゝに感謝の意を表す。

#### 文 献

- 1) Haynes, R. H. and Froese, G.: Idealized body contours in rotation dosimetry. Acta Radiol. 48 (1957), 209—226.
- 2) Onai, Y., Irifune, T., Tomaru, T., and Konishi, K.: Calculation of dose distributions in radiation therapy by a digital computer. I. The computation of dose distributions in a homogeneous body for cobalt 60  $\gamma$ -rays and 4.3 MV X-rays, Nipp. Act. Radiol. 27 (1967), 653—666.
- 3) 尾内, 都丸, 入船: 最小の実測値を用いて等線量曲線を作成する方法に関する考察. 第4報 phantom の中心を回転中心とする $^{60}\text{Co}$ 回転照射の線量分布, 日本医放会誌, 28 (1968), 178—202.
- 4) Tsien, K.C., Cunningham, J.R., and Wright, D.J.: Effects of different parameters on dose distributions in cobalt 60 planar rotation. Acta Radiol. Ther. Phys. Biol. 4 (1966), 129—154.