



Title	60Co治療用Compensating wedge filterの研究
Author(s)	恒元, 博; 楠本, 五郎; 藤田, 裕子 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1965, 24(11), p. 1204-1209
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20096
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

^{60}Co 治療用 Compensating wedge filter の研究

放射線医学総合研究所 臨床研究部

恒 元 博 楠本 五郎 藤田 裕子
古川 重夫 小池 幸子

(昭和39年11月16日受付)

An Experimental Study on a Compensating Wedge Filter for Telecobalt Therapy

By

H. Tsunemoto, G. Kusumoto, H. Fujita, S. Furukawa, S. Koike
Division of Clinical Investigation, National Institute of Radiological
Sciences, Chiba, Japan

There have been several reports, concerning the compensation of oblique incidence of radiation. It is an important fact that the damage of the skin may be spared to some extent, when high energy radiation beams are used, since this type of radiation builds up the maximum dose at a depth below the surface. From the experience we have had, the compensator should be set on the diaphragm of the therapy unit, by which the effects of the skin sparing can be preserved. In our laboratory, an attempt has been made to develop a better method of compensation for oblique incidence of ^{60}Co beam radiation. Applying the method of Van de Geijn (1963), we have adopted a following simplified formula of the construction of the compensating wedge filter;

$$t = \frac{1}{\lambda} \mu x \quad (1)$$

$$\tan \beta = \frac{f}{aw} \frac{1}{\lambda} \mu x \quad (2)$$

in which

- t: thickness of filter
- x: the thickness of tissue, corresponding with the thickness of t
- f: source skin distance
- a: source diaphragm distance
- w: field size
- β : angle of the wedge filter
- μ : the effective linear absorption coefficient for water
- λ : the linear absorption coefficient of the compensating material

A value " μ " of 0.047cm^{-1} is employed for ^{60}Co , SSD 75cm. The " μ " of this value is calculated from Depth Dose Data (Brit. J. Radiol., Suppl., No. 10, 1961), and it is also decided from clinical considerations.

Sufficient compensations were obtained from our experiment with the wedge filter, using this formula and the " μ " of this value.

In this way, a thickness (t) of the filter material corresponds to the thickness of tissue (x): for example, 0.5mm of copper corresponds to 5.3mm of tissue.

The unevenness of the patient's body surface can be expressed by the contour lines, projecting the rays passing through the parallel slits which come from the both sides of the patient. In such an arrange-

ment, it is easily achieved to get the contour of the copper compensating wedge filter, by adjusting the spaces between contour planes to the copper equivalent thickness of tissue (5.3mm).

The practical method employed in this experiment is as follows. At first, a photograph of the contour lines of the patient is taken, and then it is scaled down to allow the divergence of the beam. The compensating wedge filter, thereafter, can be easily made by sticking copper plates (0.5mm thick), one above the other, which are cut along the contour lines, as it corresponds to the photograph.

The compensating wedge filter made by this method has shown the sufficient effect for our purpose, so that it can be easily applied for routine clinical use.

緒言

放射線治療時の線量分布は、表面が放射線の軸に直角な Phantom で測定された Standard isodose chart が用いられている。

放射線が皮膚に斜入する場合には、この傾斜を補正するために、Bolus を使用して入射面を放射線に対して直角に直し、これに Standard isodose chart を応用する方法が用いられている。

しかし ^{60}Co γ 線などの高エネルギー放射線治療の場合、Bolus を皮膚に密着すると、その Skin sparing effect が失われて、皮膚障害がつよくなり、治療のさまたげとなるので、Compensating wedge filter を使用する方法が考えられた。

この基本的な考えは、Compensator を皮膚から離して装着し、高エネルギー放射線の Skin sparing effect を保存しようとするものである。

Compensator に関しては数多くの報告があるが、実用的には、製作が容易で、かつ、正確な結果が得られ、多忙な治療施設にあつても、常に使用できるものでなければならない。

今回、 ^{60}Co 治療用 Compensating wedge filter の基礎実験を行い、Filter の計算法、および製作法の簡易化を考案し、臨床的に広く使用できる方法を得たので報告する。

実験方法および結果

(1) Compensating wedge filter の計算：Van de Geijn¹⁾ は Simple wedge type の Compensating filter を提唱し、Filter の厚さ (t), および Filter の角度 β を次式で示した。

$$t = \frac{1}{\lambda} [\mu_d (d-0.5) - \mu_{d-x} (d-x-0.5)] \dots (1)$$

$$\tan \beta = \frac{f}{a \cdot w} \cdot \frac{1}{\lambda} [\mu_d (d-0.5) - \mu_{d-x} (d-x-0.5)] \dots (2)$$

μ_d : The effective lineal absorption coefficient for water at a depth d on the axis of the beam.

λ : The lineal absorption coefficient of the compensating material

α : The depth, measured along the ray through that point, in practice equal to the depth parallel to the central axis.

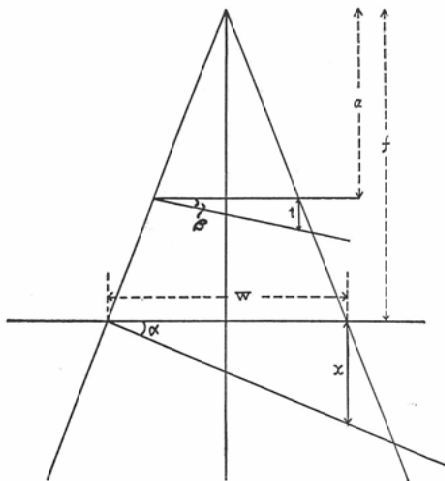


Fig. 1. Schematic diagram of a typical compensation problem.

f.....SSD; a.....source diaphragm distance;
t.....thickness of filter;
x.....thickness of tissue;
W...dimension of field

水の実効線吸収係数 μ_d は、深さ、照射野の大きさと共に変わるが、現実の問題として、 μ_d を適当な Constant として求めることができれば、Filter を設計する上にも好都合である。

この場合は、式 (1), (2) は (3), (4) の如く簡易化される。

$$t = \frac{1}{\lambda} \cdot \mu x \dots (3)$$

$$\tan \beta = \frac{f}{a.w} \cdot \frac{1}{\lambda} \cdot \mu x \dots\dots\dots (4)$$

今回の実験はこの式を用いて行つた。

SS D75cm における水の μ_d を種々の照射野、および深さについて Central axis depth dose data²⁾ より計算し、ついで、臨床的に使用頻度の高い $5 \times 5 \sim 10 \times 10$ cm の照射野、4~10 cm の深さの μ_d を式 (1) についてそれぞれ計算し、この範囲内の μ_d の変動を考慮して、以後の計算には 0.047 cm^{-1} を Constant な μ の値として用いた。

実験には、島津製 RT-2000 型 ^{60}Co 治療装置を使用し、上記の μ によつて計算した銅板製 Compensating wedge filter (30° , 45°) を用いて、水 Phantom 中の Isodose curve を測定した。

Isodose curve の作製は東芝製 Automatic isodoseplotter を使用して行つた。

この方法で作つた Wedge filter を使用すると予想通り等線量曲線は治療上必要な深さ (5~10 cm) で充分 compensate し、照射野の大きさを変えても、その影響は殆んどみとめられなかつた。

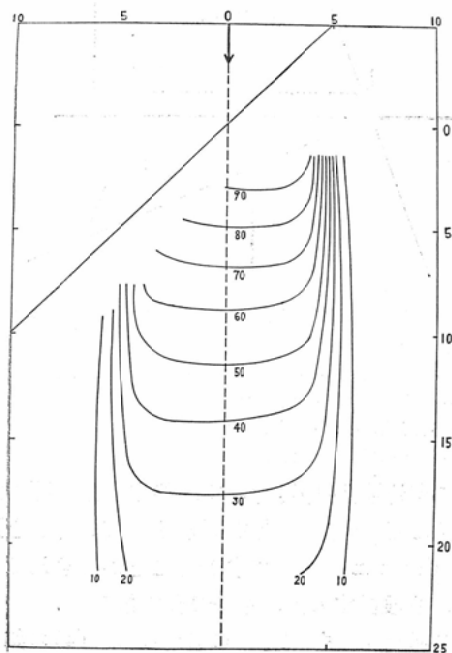


Fig. 2. Isodose curves for ^{60}Co , 8×8 cm field, SSD 75 cm, inclined at 45° to the surface of phantom (with wedge filter).

Fig. 2 は 45° Compensating wedge filter を使用した一例である。

以上の結果より SS D75cm で、 μ を 0.047 cm^{-1} とした計算法は、臨床的に充分使用できると考えられる。

(2) 立体 Compensating wedge filter の製作:

体表面の彎曲が極端に大きい場合、Simple wedge type の Compensator では線量分布を補正することは困難である。この立体的な彎曲を補う Filter についての実験を行つた。

Wedge filter を作る時、補正すべき組織の厚さ x と、Filter の厚さ t の関係は、

$$t = \frac{1}{\lambda} \cdot \mu x$$

で表わされる。

今、0.5mm 厚さの銅板を重ね合わせて、階段状 Filter を作る場合、1 枚の銅板 (厚さ 0.5mm) は約 5.3mm の組織に相当し、又、鉛板 1 枚 (厚さ 1 mm) は約 13.7mm の組織に相当する。

Filter 製作上の問題から、実験は 0.5mm 厚さの銅板を使用して行つた。

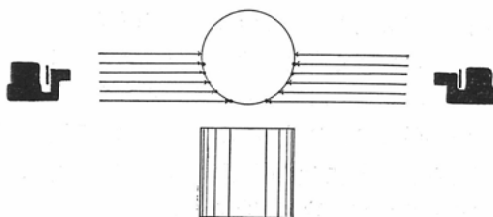


Fig. 3. Diagram to illustrate the method, with which the contour lines on the body are obtained.

Fig. 3 の如く、人体の両側より 2 台の幻灯機で、等間隔の平行なスリットを通して光を投影すると、正面からは人体の等高線が観察される (Fig. 4)。この光の間隔を使用する銅板の厚さに対応する組織の厚さ (5.3mm) とすれば、正面からみた等高線通りに銅板を切りぬいて、これを重ね合わせることによつて、Compensating wedge filter を作製することができる。

実際には、Filter を皮膚からはなして、照射

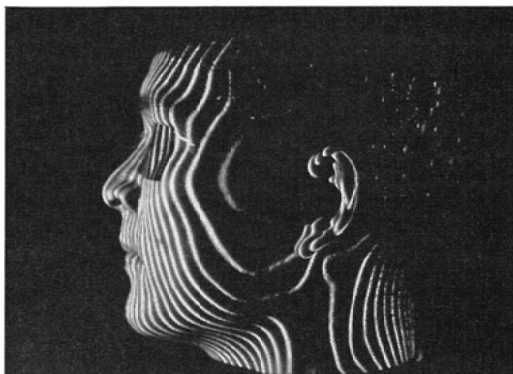


Fig. 4. Photograph showing the contour lines of the patient's face.

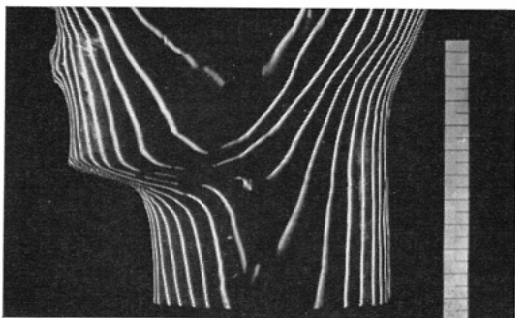


Fig. 5. Picture of the Mix-D phantom with the contour lines. Placing the scale with the subject, this picture can be scaled down to allow divergence of the beam.

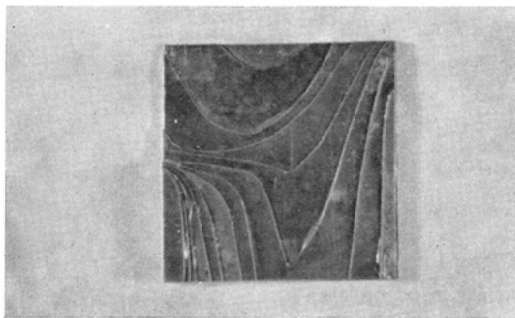


Fig. 6. A copper compensating wedge filter, constructed by applying the picture in Fig. 5.

装置に装着するので、その位置に応じて縮小する必要がある。

したがって、等高線を撮影した Film を実大の a/f (f : SSD, a : Source diaphragm distance)

の比率で焼付ければ (Fig. 5), この写真は Wedge filter の実大を示す。

この等高線通りに銅板を切りぬき、重ね合せれば、Wedge filter は完成することができる (Fig. 6)。

Fig. 5 は Mix-D 製の首-Phantom の等高線を示し、Fig. 6 はそれから作った銅製の Wedge filter である。

次に、この Filter を使用して、予想通りの Compensation が得られるか否かを検討した。

Fig. 7 の如く、この Mix-D 製首-Phantom

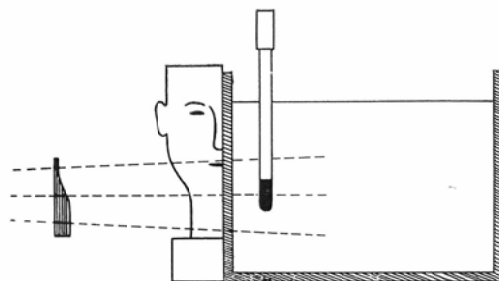


Fig. 7. Experimental set-up for this experiment. The Mix-D phantom and the compensating wedge filter shown in Fig. 5 and 6 are used.

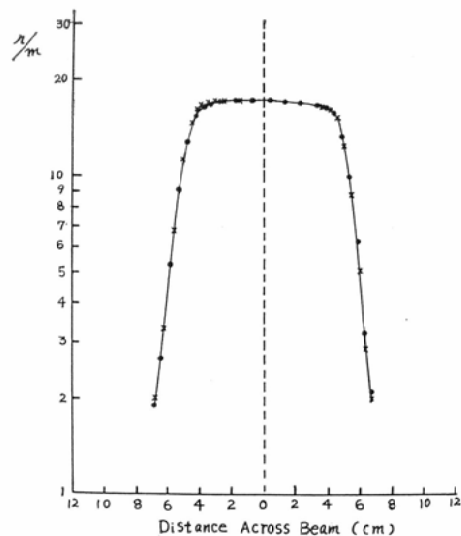


Fig. 8. Dose distribution curves obtained from the experiment in Fig. 7. Sufficient compensations are shown.

●.....Center of the beam
×.....Different height of the beam

(Fig. 5) を水-Phantom に密着させ、これに Wedge filter (Fig. 6) を併用して、異つた高さの線量分布を測定比較した。

その結果は Fig. 8 に示す如く、完全な Compensation が得られた。

この方法で作つた Compensating wedge filter は製作も容易で、かつ正確な結果が得られるので、臨床的にも充分利用できるものと思われる。

考 按

固定照射の際に屢々そうぐうする問題に、放射線の斜入がある。そして、この際の Isodose curve の変形の解決策として、次の方法が考えられている。

- (1) Standard isodose chart を修正して使用する方法。
- (2) Simple wedge type の Compensator を使用する方法。
- (3) 組織等價の Compensator を使用する方法³⁾。
- (4) 金属製の Compensator を使用する方法⁴⁾⁵⁾。

Standard isodose chart を修正する方法としては、

- (a) “ μ ” Method⁷⁾
- (b) Inverse square law method⁸⁾
- (c) Half-thickness method⁸⁾

の三種類の方法が考えられている。これらのうちで、Inverse square law method が最も実測したものに近い結果を示すが、計算が簡単で実際の使用に便利なのは Half-thickness method とされている。

しかし、照射野が一門でなく多門照射の場合、計算に相当の時間を要するので、この方法を Routine work として採用するには多少の無理があらう。

それよりも、Standard isodose chart がそのまま利用できる方法があれば、より实际的であり、臨床的にも利用価値が大きい。

Simple wedge type の Compensator を使用する方法、Cohen 等³⁾の Wax-compensator を

使用する方法、Ellis 等⁴⁾の金属製 Compensator を使用する方法は、いずれも、Compensator を使用することにより Standard isodose chart の適用を可能にし、また、それを皮膚より離して装置に装着することによつて ^{60}Co γ 線の Skin sparing effect を保存しようとしている。

Simple wedge type の Compensator を使用する方法は、患者毎に Compensator を作らず、補正する角度の異つた Compensating wedge filter を準備して、これを実際の治療に応用する方法である。

Van de Geijn¹⁾ は、照射野の大きさを 8×8 cm とし、Isodose curve が compensate される深さを 10cm として計算した 30° , 45° Compensating wedge filter を使用すると、臨床的には $22^\circ \sim 52^\circ$ の範囲の皮膚の傾斜が補えると報告している。この計算には、深さ、照射野の大きさによつて変る水の吸収係数 μ_d が用いられているので、計算は多少複雑である。

今回の報告の実験 (1) においては、臨床的に使用頻度の多い治療条件を参考として、Constant な値の μ を求め、Filter の計算を簡易化した。SSD75cm における μ の値を 0.047cm^{-1} とし、式 (4) より計算した Compensating wedge Filter を用いて行つた実験では、丁度 7cm 前後の深さで compensate された Isodose curve が得られ、5~10cm の範囲の Curve の変型も著明でない。 μ の値を 0.047cm^{-1} としたこの計算法は臨床的に充分利用することができるものと思われる。

しかし、Simple wedge type の Compensator を極端な皮膚の彎曲に応用することは實際上困難であらう。

Wax compensator を使用する方法は、患者側の面を実際の皮膚彎曲に一致させ、線源に近い面を放射線の軸に直角になるようにした Wax compensator を、皮膚より離して装置に装着する方法である。しかし、この方法では、Compensator を装着する位置に応じた比率で縮小することは困難であらう。

Ellis 等は、断面が $3/8$ インチのアルミニウム製

ブロックを準備し、これを利用して Compensator を作る方法を考案した。彼等は、SSD60cmで、Compensator を皮膚から20cmの位置に装着しているの、このブロックの巾 $\frac{3}{8}$ インチは、皮膚面で約 1.4cmの長さに相当することになる。實際上、この方法で作った Compensator を、鋭い彎曲に応用すると、誤差が大きくなり、また、この誤差を避けるためにブロックの巾を狭くすると、Compensator の組立てが厄介となる。

今回報告した立体 Compensator の特徴は、皮膚の彎曲を等高線で表わし、この等高線を Filter の作製に応用したことである。

Filter 作製に使用した 0.5mm厚さの銅板は約 5.3mm厚さの組織に相当するので、実験(2)に示した方法で、間隔を 5.3mmとした人体の等高線を作った。この等高線通りに銅板(厚さ 0.5mm)を切りぬき、重ね合わせることによつて、立体 Compensating wedge filter は容易に作ることができた。

また、この方法によると、Filter を装置する位置に応じた比率で縮小することも容易で、患者毎に皮膚の彎曲を取る必要もない。

更に、ボラロイドカメラを使用することによつて、作製時間を短縮することも可能であろう。

皮膚の彎曲を補正して、実際の治療を有利にするために多くの努力がはらわれている。われわれの考案した Compensating wedge Filter の計

算法、および立体 Compensating wedge Filter の作製法は、現在までに報告された方法よりはるかに実用的で、臨床上広く利用できるものと思われる。

1. 結 論

^{60}Co 治療用 Compensating wedge Filter の基礎実験を行つた。

皮膚の彎曲を等高線であらわし、この等高線を利用して Wedge filter を作製する方法を考案した。

この方法によると、Wedge filter は容易に製作でき、臨床的にも充分利用できるものと思われる。

References

- 1) Van de Geijn, J.: Brit. J. Radiol., 36, 56, 1963.
- 2) Brit. J. Radiol., Suppl., No. 10, 1961.
- 3) Cohen, M., Burns, J.E. and Sear, R.: Acta Radiol., 53, 486, 1960.
- 4) Ellis, F., Hall, E.J. and Oliver, R.: Brit. J. Radiol., 32, 421, 1959.
- 5) Hall, E.J. and Oliver, R.: Brit. J. Radiol., 34, 43, 1961.
- 6) Stewart, J.G.: Brit. J. Radiol., 35, 743, 1962.
- 7) Murison, C.A. and Hughes, H.A.: Radiology, 68, 367, 1957.
- 8) Garrett, J.H. and Johnes, D.E.A.: Brit. J. Radiol., 35, 739, 1962.