

Title	遠隔照射治療の小形電算機(4kW)による線量分布計算プログラムについて
Author(s)	安河内, 浩; 多田, 信平; 町田, 喜久雄 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(3), p. 155-161
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/17198
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

遠隔照射治療の小形電算機 (4 kW) による 線量分布計算プログラムについて

東京大学医学部付属病院分院放射線科 (科長安河内浩助教授)

安河内 浩 多田 信平* 町田喜久雄
工村 房二 大島 統男

(昭和48年10月27日受付)

(昭和48年12月15日最終原稿受付)

Calculation and Display of Dose Distribution in Teletherapy by the use of Small Computer (4 kW)

Hiroshi Yasukochi, Shimpei Tada, Kikuo Machida,

Fusaji Kumura and Motoo Ohshima

Department of Radiology, University Branch Hospital, Faculty of Medicine, University of Tokyo

Mejirodai 3-28-6, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

(Director Associate Professor H. Yasukochi)

Research Code No.: 601

Key Words: Dose distribution, Small computer, Teletherapy, Computer program

We have already reported a method of calculation and representation of dose distribution in teletherapy by computer on this journal (29, 1047-1058, 1969). The method was economical without losing any critical clinical accuracy by using a simple calculation formula assuming the cross section of the body as ellipse.

After that time, we could purchase a small computer HIDAS 2000 E (4 kW) in our hospital and the calculation for dose distribution was tried to be applied to this computer.

A main purpose was how easily the computer was used routinely in hospital, and for this purpose man-machine-system was programmed, that is, the computer asks essential questions from I/O typewriter and the doctor replies (inputs) the data to the I/O typewriter after each question. The questions and answers are listed in Figure 3, where the numerals surrounded by rectangles are input (data) and others which are, questions, representation of dose at tumor in each port and total, and map of dose distribution in a certain cross section. The word of (CR) or (TAB) parenthesized after each question orders the doctor to push (CR) or (TAB) key after the answer (input).

The representation of distribution map are first numerals of the decimal point of results of the dose

* present address Department of Radiology, Tokyo Jikeikai Medical College (Director: Professor Y. Mochizuki)

* 現東京慈恵会医科大学放射線医学教室 (主任 望月幸夫教授)

at the point divided by the dose at the center of tumor. By this, 0.1, 1.1, 2.1 etc are represented by a same character 1, but it is not so difficult to differentiate each others in teletherapy.

The calculation formula in computer was already reported, shortly to say, the dose of each point was calculated by a formula of $Dt(A) = Da(F) \times f_1 \times f_2 \times f_3 \times f_4$, where $Dt(A)$ means an absorbed dose at a certain point of 'A', $Da(F)$ air dose at the center of determined field, f_1 for correction of source-point-distance according to inverse square law of SA^2/SF^2 , f_2 for correction of absorption by tissue between the calculating point and source represented by a formula of two logarithmic factors of $a \times 10^{-b \cdot TAR} \times [1 + c \times (d + e \times L \times TAR)]$ (a, b, c, d, e are obtained experimentally), f_3 for correction of deviation of the point from the center of radiation axis by experimental formula using arctangent of $0.5 - \tan^{-1} [g(2 \angle ASF/L - 1)]$ (g is obtained experimentally) and f_4 for correction for wedge filter by an equation of first degree of $A_1 + A_2 (\overline{SF} \tan \angle ASF/L)$.

The calculation was possible for any source of teletherapy when the coefficients of experimental formula for f_2, f_3 and f_4 were received, and was also possible for any number of ports under nine. Rotation and pendel methods must be simulated by multiportal irradiation under nine ports.

The clinical results for daily treatment were valuable and a sample of result for maxillar cancer by two wedge ports was shown in figures. Some economical problems and further considerations were discussed.

著者の一人安河内等は、先に簡易化したプログラムによつて遠隔照射時及び密封小線源の体内放射線々量分布をレンタルによる計算を行ない、その実用性を報告した³⁾⁴⁾。

我々の施設において小形電算機を設置することができたので、これを利用して遠隔照射時の計算を行なうことを試み、プログラムの改良を重ねながら約5年の経験をもつたので報告する。

電算機は日立製作所製 HIDAS 2000E ハイブリッドコンピュータであるが、我々はそのデジタル部分(4kW)のみを使用してプログラムを作成した²⁾。

コンピュータについて

本装置はアナログ部、デジタル部、リンケージ、入出力タイプライタ、高速紙テープ読取装置よりなつている。デジタル部は演算部4kWメモリーであるが、ソースプログラムとしてCLOAPAS-2Eが約2kW使用されているため、実際の演算部は2kWとなる。

先に我々が報告した、最も簡易化された線量分布計算式においても約1kWのプログラムエリアを必要とするため、ソースプログラムを紙テープ

で入力後、その一部不要の部分も利用してコンピューター内の記憶を線量分布プログラムに置換する操作を行ない、機械語としてつくるため、実際のプログラムワークは日立電子 K.K. に依頼して作成した¹⁾。

線量分布の計算式について

これは先に報告した計算式をそのまま利用した。即ち人体内の或る点Aの吸収線量 $Dt(A)$ は、定められた照射野中心下の空中線量 $Da(F)$ に、線源SとAの距離 \overline{SA} とSとFの距離 \overline{SF} の差による補正 f_1 、人体内における吸収を補正する式 f_2 、照射線錐中心よりのずれの補正 f_3 、楔フィルターなどによる補正 f_4 より、

$$Dt(A) = Da(F) \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$$

の式にして求めた。この際人体の横断面は縦径(2b)cm、横径(2a)cmの楕円として想定した。

これらの関係は図1に示してあるが、 f_1 は距離の逆次乗、 f_2 は線質による指数関数の二項式、 f_3 は中心軸よりのずれによる逆正接関数、 f_4 は一次式を利用した。

これによつてコバルト60γ線、高エネルギー電

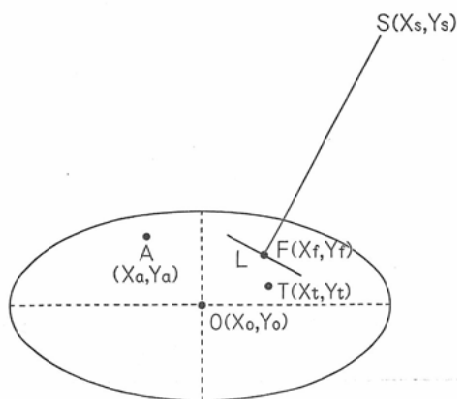


Fig. 1. Relation among positions of source, center of field, center of tumor and calculating point.

Position of source "S" (X_s, Y_s), position of center of field "F" (X_f, Y_f), position of center of tumor "T" (X_t, Y_t) and position of calculating point "A" (X_a, Y_a). L for transverse length of field.

子線, 高エネルギー X線についてすべて汎用できることは先に述べた通りである。

入力について

コンピュータをルチンワークとして利用するために, 複雑な約束を排除するため, マンマシンシステムを利用した。即ち入出力タイプライターより質問を出力し, それに従って答を入力すればよいことになり, コンピュータの内容や放射線治療の内容を知らない者でも約5分の教育でこのプログラムを処理できるようになる。

基本操作を図2に示すが, この電算機の操作手順は1) 電源を入れる。2) プーストラップを読込ませる。3) システムプログラムを読込ませる。4) 線量分布プログラムを読込ませる。5) 計算開始を指示する。6) 出力タイプの指示に従ってデータを入力する。の6段階であるが, 実際には2~4)のステップはコンピュータのプログラムがこわされていない限り不要である。

入力の質問と, I/O TW (入出力タイプライター input output typewriter) を利用した入力の例は図3に示してあるが, 図中□で囲んだ部分は質問に対する入力であり, 入力が終わったあと質問の最後に打ち出されている(CR)又は(TAB)の記

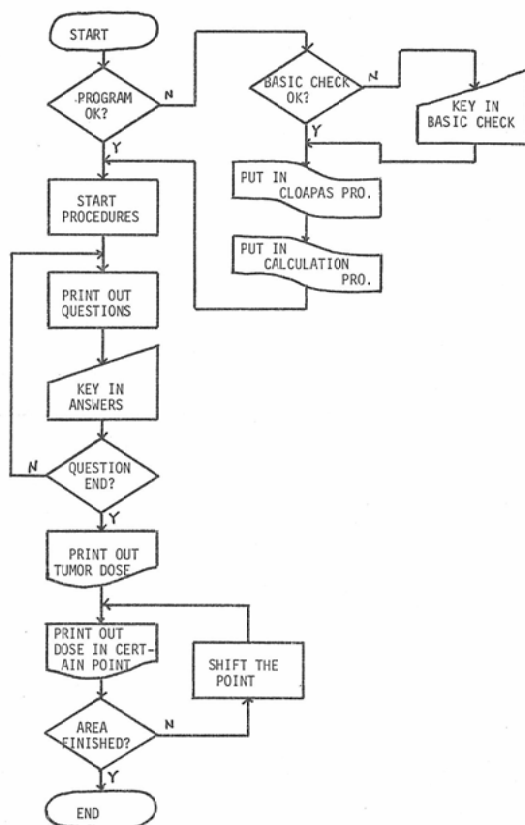


Fig. 2. Flow chart of the procedure.

Questions are as followings, identification, enlargement factor, area of calculation determined by 4 points, center of patient, center of tumor, transverse and sagittal radii of the patient, number of ports, position of source, center of field, length of field, air dose at the center of field and filter coefficients. Details are noted in next figure.

号に従って carriage return 又は tabulet のキーをおせば次の質問が I/O TWより打ち出される。

このようにして「患者の姓名」(入力は25字以内の任意の数字又は文字), 「拡大率」(1, 2, 4, 0.25, 0.5のいずれかの数字), 「計算範囲」(X₁, X₂, Y₁, Y₂ のcm単位の任意の実数), 「人体中心の座標」(X, Yのcm単位の任意の実数), 「腫瘍中心の座標」(X, Yのcm単位の任意の実数), 「人体を楕円にした場合の縦半径, 横半径」(それぞれcm単位の任意の実数), 「線源の

*** DOSE DISTRIBUTION CALCULATION FOR EXTERNAL TELETHERAPY ***

NAME OF PATIENT	DATE OF CALCULATION, NAME OF PATIENT, INITIALS OF DOCTOR etc. 1)						
ENLARGEMENT FACTOR	R(CR) = 1. 2)						
AREA OF CALCULATION	X1(TAB) = -10.	Y1(TAB) = -10.	X2(CR) = 10.	Y2(CR) = 10.	3)		
CENTER OF PATIENT	X(TAB) = 0.		Y(CR) = 0. 3)				
CENTER OF TUMOR	X(TAB) = 4.		Y(CR) = 4. 3)				
RADIUS OF PATIENT	TRANSVERSE(TAB) = 8.45		SAGITAL(CR) = 10.45 3)				
NUMBER OF PORTS	N(CR) = 2 4)						
	*POSITION OF SOURCE*3)	****CENTER OF FIELD***3)		*LENGTH OF FIELD*3)	*AIR DOSE AT CENTER OF PORT*5)	*FILTER COEFFICIENT*6)	
	X (TAB)	Y (TAB)	X (TAB)	Y (TAB)	L (TAB)	DA (TAB)	A1 (TAB) A2 (TAB)
NO1	4.	64.	4.	4.	8.	3000.	0.1 -0.1
NO2	64.	4.	4.	4.	8.	3000.	0.1 0.1

DOSE AT CENTER OF TUMOR

DT1 = .24873448E 03 7)
 DT2 = .26668151E 03

TOTAL DT = .51541599E 03

*			0	1	0			*				
*			0	0	0	2	9	8	7	*		
*			1	1	2	2	4	0	0	9	8	*

Fig. 3. Input and a part of output of the calculation. (letters are originally written by Japanese character "katakana" and numerals).

- 1) Any characters and numerals are usable for identification when under 25 letters.
- 2) Enlargement ratio for presentation of map can be selected from one of 1., 2., 4., 0.25 and 0.5.
- 3) Any real numbers by the unit of cm. can be used.
- 4) Any positive integer under 9 can be selected.
- 5) Any real numbers by the unit of R can be used.
- 6) Any real numbers can be used for A1 and A2, A1 for rate of permeability at the center of field and A2 for angle of isodose curve. A1 = 1. and A2 = 0. when no filter was placed.
- 7) These doses are calculated and printed out automatically where last two numerals indicate an index number of 10., for instance in DT1=24873448E 03 means $0.24873448 \times 10^3 = 248.73448$ rads. Any letters which are not surrounded by rectangle are typed automatically from I/O typewriter.

数」(9までの任意の整数)。「線源の位置の座標」(X, Yのcm単位の任意の実数)、「照射野中心の座標」(同前)、「照射野の横断面での長さ」(同前)。「照射野中心の線量」(R単位の任意の実数)。「楔フィルターの係数」(照射線束中心軸における透過率A₁, フィルターによる照射野のかたむき A₂を夫々任意の実数で, フィルターなしの場合は A₁=1, A₂=0), を夫々マン-マシン-システムによつて I/O TWより入力すればよい。「線源の位置の座標」以下はテーブル式に打ち

出され, 左端の No. は「線源の数」で指定された数まで自動的に打ち出される。

出力について

すべての入力が入ると, 「腫瘍中心の座標」で指定された位置における吸収線量が, 各照射野毎にその桁数(2桁の整数)と, 小数点以下8位までの実数として順次打ち出され, 次いでそれらの合計が同様の形で打ち出される。

それらの一例を図3, 4に示すが, 図3でDT 1はNo. 1の照射によつて腫瘍中心の吸収線量が

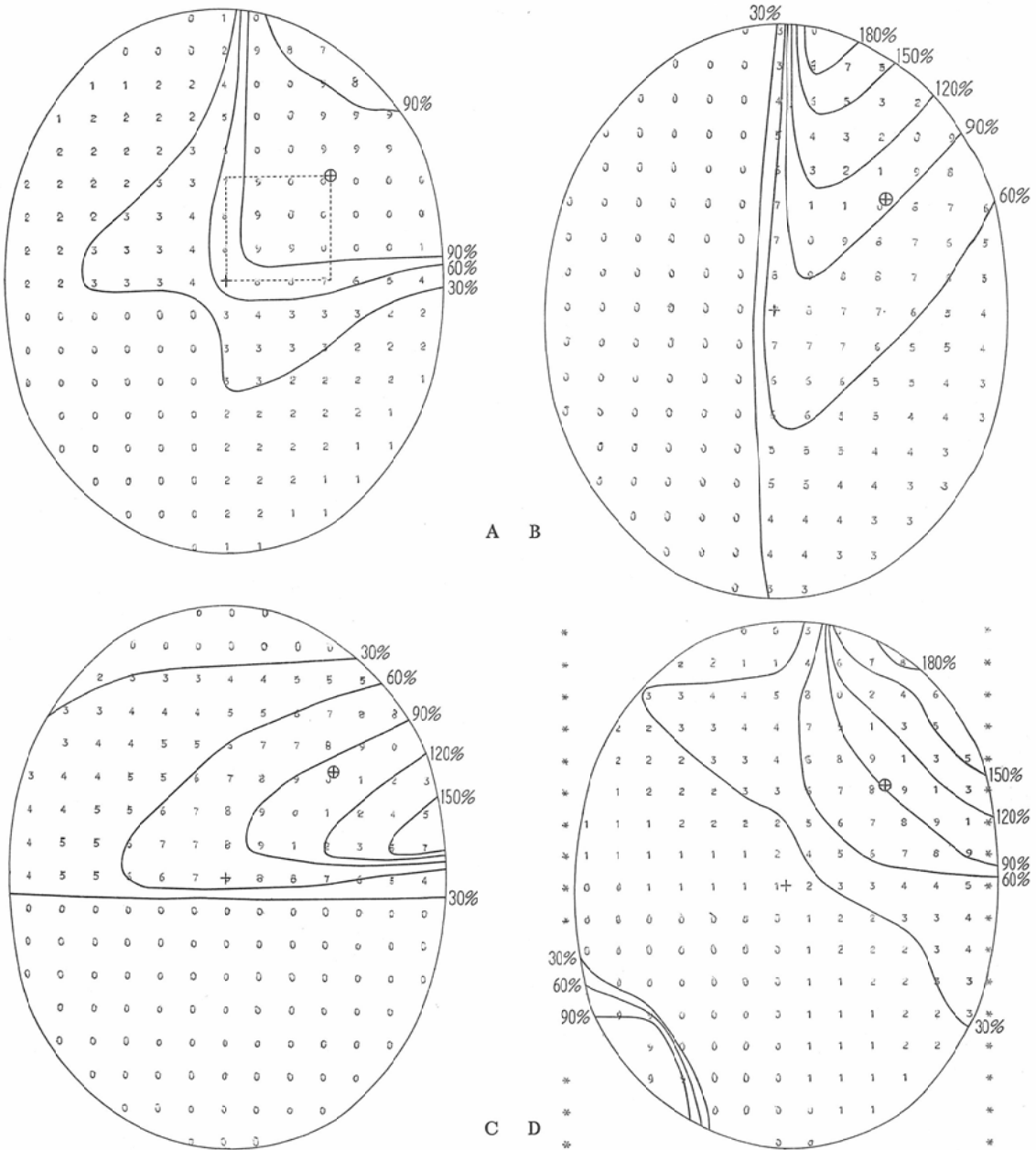


Fig. 4. An example of representation of dose distribution.

- A: The result indicated in figure 3, two rectangularly crossing fields using 45 degree wedge filters. Curves demonstrating outline of patient and level of percentages compared to the dose of center of tumor are written manually after the calculation and typing the map were finished.
- B: The result of anterior one port with wedge filter in A.
- C: The result of lateral one port with wedge filter in A.
- D: The result of two field as A with inversed positions (uncorrect positions) of wedge filters

考 察

我々は先に計算依頼による放射線治療時の人体内線量分布について報告したが、今回はそのうち遠隔照射について小形コンピュータを利用して行なうことを報告した。

この方法の特徴はマンマシンシステムを利用したことであり、操作の教育が非常に容易であることである。最近市販されている専用の線量分布計算機と比較した経験よりみても第1回目の操作については約10分の1、経験をつんだ後でも約2分の1の時間で入力できる点が大きな利点である。

記憶容量が小さいために、先に報告した如く、変化点のみの印字は不能であったが、放射線治療患者が100人位いる大施設で、照射期間の平均2カ月、照射中の照射野変更を平均2回とすると、一日の線量分布計算は平均3.3回となる。一般的な施設として放射線治療患者1日平均30人とすれば一日の平均1回となる。そのための入力に要する時間は平均3分以内であり、出力は照射野の数にもよるが、1門について10分程度である。1日平均1回とすれば、入力後は他の仕事をすれば、1日3分コンピュータと対話すればよく、又上記の大施設でもそれを3回繰り返せばよいことになり、日常の仕事としてはほとんど問題にならない。

又記憶容量が小さいために、先に述べた如く線量率の変化点のみを印字することは不能であったが、それも実用上は問題にならなかった。

次に問題になるのはメッシュが1.25cmである点であるが、これについては別に述べるが、あまり問題はない。人体を楕円と推定する点についても先の論文で述べた如くほとんど問題にならない。

現在のプログラムで、将来変更を考慮しているのは次の二点である。

1) 照射装置による変更の点

現在はコバルト、高エネルギーX線、同電子線などの場合、プログラムテープが異なるため、図2に示すステップの1~3をその都度行なう必要がある。

これに対して最初に線源の選択をする質問をつ

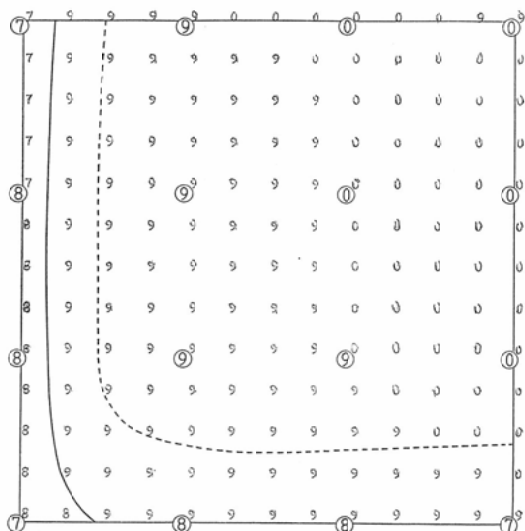


Fig. 5. Detailed calculation.

The area surrounded by rectangular dotted line in Fig. 4A was calculated with intervals of 0.3125 cm (in Fig. 3 and 4, calculating points were with intervals of 1.25 cm) and represented 4 folds of original measure (in Fig. 3 and 4 the representations were in actual size).

248.73448 radsであることを示し、DT2は同じくNo.2の照射野による吸収線量が266.68151 radsであることを示し、DTはDT1+DT2の値が515.41599 radsであることを示している。

次いで「計算範囲」で指定された部分の線量を1.25cm間隔に、腫瘍線量で除した値の小数第一位の数字で図4の如く打ち出される。この場合のメッシュ1.25cmはタイプライター印字の占める範囲が、縦4.2mm、横2.52mmであるために、正方形をつくる最小公倍数の近似値として選ばれたためであり、Y方向については+0.8%、X方向については+1.2%の誤差があるが、临床上は問題にならない。

又二つの点の間隔は1.25cmに固定されているが、「拡大率」の指定によつて実際の人体においては拡大率1の場合は1.25cm、2の場合は2.5cm、4の場合は5cm、0.25の場合は0.3125cm、0.5の場合は0.625cmの間隔が打ち出されるために、微細部分の検討も可能である。一例を図5に示してある。

くる。現在どちらが便利か検討していつれかに決定する。

2) 照射方法の入力の変更の点

現在は線源の座標、照射野中心の座標で計算をしているが、これを照射野中心の座標、線源—照射野中心の距離、照射線束の中心軸の角度から計算するようにする。

経済性の点からみると、現在この程度のコンピュータは約300万円、プログラムに要する費用は約30万円、また年間の補修費を10%とし、又10年を限度として返済と年利を20%としても年間に要する費用は132万円であり、年間1000件の計算をすとして1件1320円となる。これは現在専用機として市販されているものが一台約2000万円であるからはるかに経済的であり、又プログラムを種々つくればはるかに1件当りの単価は安くなる。

もう一つの方法としては、現在我々の施設にTOSBAC-40-TSSの端末器があり、電話回線を利

用して本院のコンピュータを使用しているが、TSSによつて単価が安くなる可能性もある。

最後に本研究は当科前科長飯野祐博士(現静岡県立富士見病院医長)の時代に着手したものであり、研究費の一部を文部省科学研究費「アナログ計算機による人体における臓器循環動態の研究(班長小林太刀夫現名誉教授)」によつたものであることを付記して謝意とする。

文 献

- 1) 日立電子：CLOAPAS 200 OEによる放射線線量分布計算プログラム取扱説明書, 47—4—28.
- 2) 日立製作所：CLOAP 2000日立ハイブリッド処理装置カタログ, 同取扱説明書.
- 3) 安河内浩, 飯野 祐：密封小線源の線量計算(電子計算機による一般化の試み). 日本医放会誌, 28 (1969), 1296—1306.
- 4) 安河内浩, 飯野 祐, 田ヶ谷二三夫：遠隔照射治療の線量計算(電子計算機による一般化の試み). 日本医放会誌, 29 (1969), 1047—1058.