



Title	コバルト治療照射野の監視
Author(s)	柄川, 順; 伊藤, 健一; 金子, 武夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1972, 32(2), p. 104-111
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18286
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

コバルト治療照射野の監視

柄川順* 伊藤健一**
金子武夫** 西村俊夫***

(昭和46年12月21日受付)

Fiele Monitoring of Co-60 Gamma Radiation with Television Camera

Research Code No.: 601

Key Words: Treatment technique, γ -Ray (gamma-Ray)
Luminescence, Television image. Radiation therapy, Field monitor

Various treatment plannings are performed in radiation therapy except daily monitoring of irradiation field.

The realization of daily field monitoring has been delayed for the following two reasons:

1. It is not particularly necessary now that the treatment technique has been well established.
2. Picture of the treatment monitor available as television image is inferior in quality to that of conventional diagnostic X-ray television.

However, monitoring of the irradiation field is advantageous in administering the irradiating conditions and permits to expect an increase in treatment accuracy.

Recently a silicon electron multiplication tube with silicon target has been successfully developed as the pickup tube for television camera, with consequent remarkable increase in sensitivity.

We have performed a fluoroscopic test with gamma-ray from cobalt-60 teletherapy unit on resolution power as exhibited by phantom and test piece.

$\text{Cd}_2\text{O}_2\text{S}/\text{Tb}$ was used as fluorescent material, which is 0.2 g/cm^2 in density, displayed the best fluoroscopic image whose resolution power was indicated by wire chart to be 4 lines/cm. An input luminescence of $1.5 \times 10^{-3} \text{ lx}$, was obtained for the television camera, for which an aperture of F: 0.78 was selected.

We report herewith an outline of the experiment performed, together with the fluoroscopic image recorded on video tape.

*J. Egawa 帝京大学医学部放射線医学教室

**K. Itō, T. Kaneko 東京芝浦電気株式会社玉川工場治療機器部

***T. Nishimura 東京芝浦電気株式会社堀川町工場化学材料製造部

I. はしがき

放射線治療中に照射線束と患者との関連において患者から得られる情報は、透過した放射線に求める以外にはない。中心線束については、透過線量測定で求められ、照射野については位置決めX線写真やリニアックグラフィー、コバルトグラフィーによつて検討することが出来る。しかし、これを照射中の連続したモニターとして使えば理想的となる。このような放射線治療の照射状況監視という技術は、僅か2、3の実験報告が認められるのみである¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。高エネルギー放射線による透視像を蛍光物質で光学像として見ることは、その光変換効率が低いので監視装置側に高感度のものが要求される。この治療監視の技術は、臨床要求に対して性能的な不満足さが大きな障害となつて実用化の遅れている分野である。

最近テレビカメラの撮像管として、シリコンターゲットを備えたシリコン電子増倍形の撮像管⁵⁾が開発され、撮像感度が飛躍的に向上した。このテレビカメラと、高エネルギー用に開発した蛍光板を用いてコバルト治療装置による透視試験を行なつた。この概要について文献(4)との比較を入れ報告する。

II. 治療照射野の監視

治療の開始にあたつては、照射条件にあわせた治療設定がなされるが、放射線照射中の照射野確認のための監視は一般に行なわれていない。よくても全治療期中に数回の照準写真撮影による確認が行なわれるにすぎない。照射野の再現性を向上するために患者位置の固定、治療期間中における患者の身体の変化等に対応させるために、この意味での監視は必要なことである。特に運動照射方式については治療計画の検討時から実施できれば望ましいであろう。

単純な照射方式を採用し、しかし治療の確実を期し、客観的記録を残すためには、このような直接の監視が必要なのではあるまい。線密な治療計画とあわせて照射状況を把握することができれば、治療精度向上にも結びつくものとして効果が期待できる。このためには、その精度に見合つた

画質の透視像が得られねばならない。

III. 監視装置の概要

本装置は、いわゆる蛍光板方式のテレビカメラ装置であつて、その構成は、カメラヘッド、カメラ制御器、暗箱からなる。この外観を図1に示す。暗箱の入口側に蛍光板をおいてあり、反射鏡

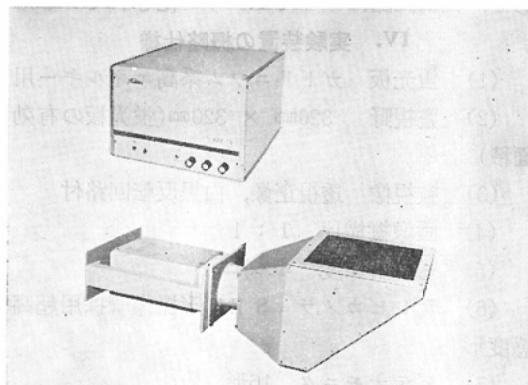


Fig. 1 Camera control unit and camera head assembly (camera head: left, screen hood: right)

(表面鏡)によつて光学軸を直角に曲げ、その出口側にカメラヘッドを結合している。暗箱とカメラヘッドの結合面から支持腕を出して組合せる装置に連結するようになつてゐる。暗箱の材料は、軽量化も考慮してすべてアルミ材で構成した。カメラ制御器は、映像上下を正逆に切換えるスイッチを1個と、3個の調整器をパネルに出している。電源は組合せ装置に連動して供給されるので、パイロットランプだけである。したがつて放

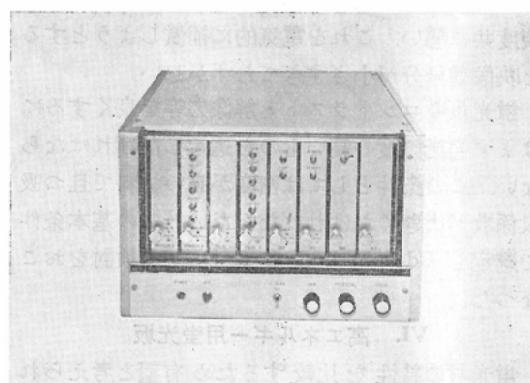


Fig. 2 Control panel

射線ビームが照準されるとテレビ映像が出るようになる。輝度調整器には AGC (Automatic gain control)回路が組合されているので、監視状態によつて蛍光板上の透視像の明るさが少々変動しても自動補償される。前面カバーを外すと図2の如く常用しない半固定調整器類とネガ・ポジ切換器がある。内部回路はすべてユニット化されている。

IV. 実験装置の概略仕様

- (1) 蛍光板 ガドリニウム系高エネルギー用
- (2) 監視野 320mm × 320mm(蛍光板の有効面積)
- (3) 監視像 透視正像、白黒反転回路付
- (4) 画像縦横比 1 : 1
- (5) 総合解像度 4本/cm
- (6) テレビカメラ SEM形撮像管採用超高感度形
- (7) ビデオモニタ 16形
- (8) 走査線数 525本/60 Hz
- (9) 同期方式 電源非同期(VTR直結可能)
- (10) 暗箱カメラ外形 幅 430mm × 高 360mm × 長さ 1,140mm
- (11) カメラ制御器外形 幅 350mm × 高 240mm × 奥ゆき 420mm

V. 蛍光板用母体材料の選定方針

放射線治療に利用されるエネルギーは MeV 領域で生体の各組織に対する吸収差が小さい。従つて蛍光板の発光輝度も低い。感度のよいテレビジョン装置を組合せれば一応の映像は得られるものの、低輝度の蛍光像は本質的にコントラスト・鮮銳度共に悪い。これを電気的に補償しようとする映像信号分が小さすぎてむずかしい。

蛍光板のコントラスト・解像力等を良くするにはまず発光輝度の高いものを選定しなければならない。この条件としては密度が高い材料で且つ吸収係数が大きくななければならない。この基本条件で選定し Gd_2O_3S , Lu_2O_3S 素材につき検討をおこなつた。

VI. 高エネルギー用蛍光坂

蛍光材の特性を比較するため有望と考えられる、 $ZnCdS/Ag$, $CaWO_4$, Gd_2O_3S/Tb の3種を選び

Table 1. Absorption factor and absorption quantity

Material	Density (g/cm ³)	Energy (MV)	Absor- ption factor	Absorption quantity	
				A (%)	B (%)
$ZnCdS/Ag$	4.5	6	1	0.1	0.8
		12	1	0.1	0.9
$CaWO_4$	6.1	6	1.22	0.2	1.1
		12	1.23	0.2	1.2
Gd_2O_3S/Tb	7.3	6	1.4	0.3	1.4
		12	1.8	0.3	1.5

A: Thickness 0.1mm

B: Thickness 0.5mm

6, 12MVの単一スペクトルエネルギーについて種々の条件を仮定の上吸収量を計算すると表1の如くなる。

蛍光層の塗布密度を適当に選べば Gd_2O_3S 蛍光板は $ZnCdS$ 蛍光板の3倍の吸収差を示し、3種の中では最良となる。この材料を実際の蛍光板としたときは、発光スペクトルを撮像管の分光スペクトルにあわせるため テルビウム (Tb) の活性剤を附加して、 Gd_2O_3S/Tb とした。これを用いてライナック 10MV X線およびコバルト 60線源で測定したデータを図4に示す。この測定は図3に示す配置で SEM形撮像管の位置に照度計受光部を

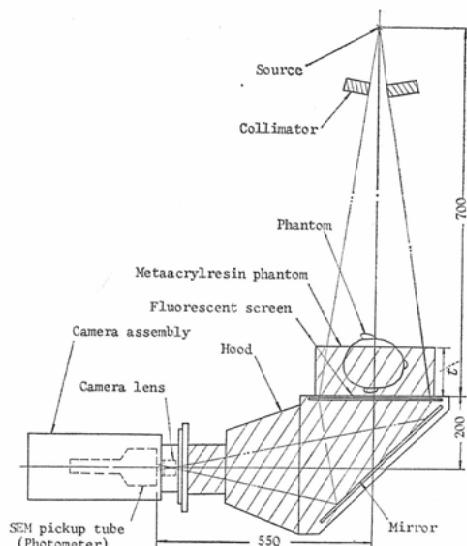


Fig. 3 Arrangement of television camera system

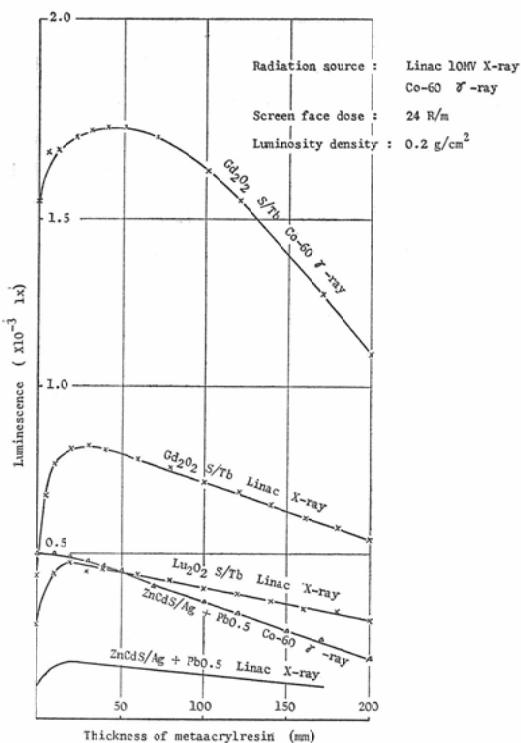


Fig. 4 Various luminescence of fluorescent screen

おいて行なつた。図4説明中蛍光面線量24R/mとあるは、コバルト γ 線とライナック10MV X線の照度を同一線量値で比較するために行なつた値で、ライナック10MV X線の線量と照度が比例していることを確認の上行なつた。図4よりコバルト γ 線、ライナック10MV X線とも Gd_2O_2S/Tb 蛍光板の照度は、ZnCdS/Ag。蛍光板の約3.5倍である。尚 ZnCdS/Ag 蛍光板のデータは鉛板0.5mmが付加されているが、この厚さではビルドアップ特性に関係するのみで、照度の絶対値には影響をおよぼしていない。次に蛍光層塗布密度と照度の関係を図5に示す。コバルト60線源では0.2g/cm²にはつきりしたピークがあるが、ライナック10MVでは飽和傾向しか認められない。解像度はいずれも0.2g/cm²が最高を示した。照度の増加によつてテレビ装置側の電気系増幅度は低くよいことになるので、ライナック10MeVとコバルト γ 線とを比較すると照度は約3倍コバルト γ

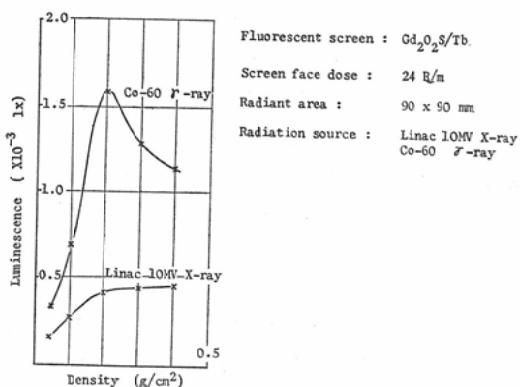


Fig. 5 Luminosity density and luminescence

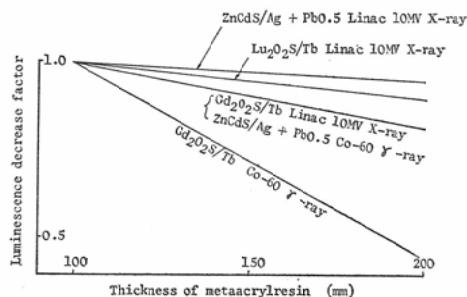


Fig. 6 Decrease characteristic of luminescence

線が高いため、映像信号中に発生する雑音が減少して鮮銳度が良く更に蛍光板自体のコントラスト向上とあわせてモニタ上の映像画質は一段と良くなつた。図4の特性からコントラストの目安になる減衰の傾斜をわかり易く書き直したもののが図6である。

解像度の試験は、ドリルロッドを用いてワイヤーチャートを作り、これを蛍光板上において行な

Table 2. Resolution power of fluorescent screen

Fluoroscent screen	Resolution power *
Gd_2O_2S/Tb	4
$Gd_2O_2S/Tb+Pb$ 1.5mm	3
Lu_2O_2S/Tb	4
$Lu_2O_2S/Tb+Pb$ 0.3mm	2.5

* Lines per cm

Luminosity density: 0.2g/cm²

つた。その結果を表2に示す。

またライナック10MV X線の最高解像度は3本/cmでコバルトタウ線の方が良く、映像的にも良い結果となつた。テレビカメラ装置自体の解像度は、実際の撮像照度にした場合(SEM形撮像管の入力照度を $10^{-3} \text{ lux} \sim 5 \times 10^{-3} \text{ lux}$)でも一般的のX線テレビカメラ装置と同じ解像力があるので、表2は蛍光板の解像力そのものとなる。この値は診断用X線テレビに比べると極めて低いが、解像度が5本/cm以上のワイヤーチャートは、線径が小さく透過像そのものが見えにくくなる。この事はエネルギーの値も含めて考えなければならない。一般的に高エネルギー用蛍光板を考えるときには何んらかの増感板を用いることが文献等でも常識的である。我々がこの確認を行なつた実験の一例照度測定の結果は図7の如くなつた。増感

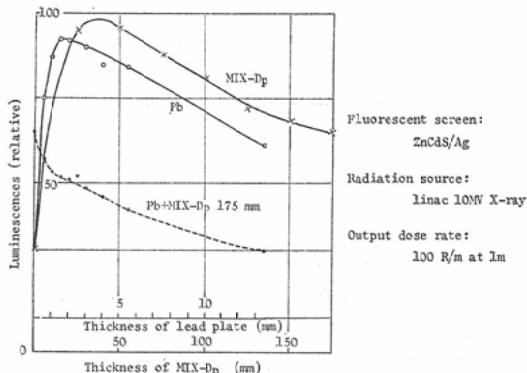


Fig. 7 Various luminescence with absorption material

板による照度のビルドアップ特性は、その材質によつて変化するだけで、蛍光板を発光させる量は患者に相当する吸収体も含めて考えなければならない。単に増感効果だけを考えるならば、被検体が入ると鉛板はないほうが良い。

この結果は図7Pdの曲線からもわかる通り、解像力5~2本/cm(チャート使用金属線径は1~2.5mmφとなる)の識別は鉛板のないほうが照度差が大きくなり従つて解像力はあがる。

鉄材素線を使ったチャートによる解像力は鉛板を追加するに従つて低下し、1.5mm程度まではそ

の有無による映像画質の変化はなかつた。以上に述べたことから、蛍光板としてはGd₂O₂S/Tbが最良のものとなつた。Lu₂O₃S/Tbは特性的にはほぼGd₂O₂S/Tbと同程度の性能結果がでたが、今後更に究明の課題となろう。

VII. SEM テレビカメラ

蛍光板の輝度が低いことから、監視テレビ装置の感度は少しでも高いことが要求される。蛍光板の発光輝度から撮像管への入力照度を測定すると、図4の如く約 $1.5 \times 10^{-3} \text{ lux}$ 程度である。このことから、イメージオルシコンの感度では不足となり、すでに述べたSEM形撮像管を組合せた。この管球の構造は、図8の如く光学像を光電

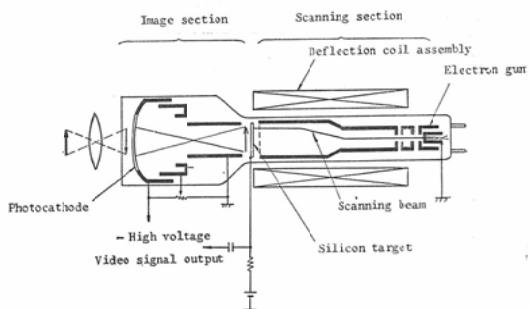
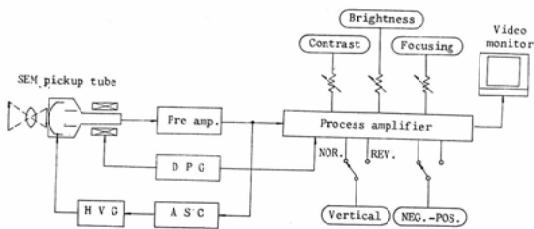


Fig. 8 Schematic drawing of SEM pickup tube

子流に変換するイメージ部とビジコン式走査部とからなり、その境目にシリコンターゲットがおかれている。このターゲットは集積回路技術によつてPN接合ダイオードを $1.5 \sim 20 \mu$ の間隔で規則正しく縦・横に配置したもので、個々のダイオードがテレビ画像の絵素として働く。イメージ部の加速電極で加速した光電子流をシリコンターゲットに衝突させると、ターゲット内部で多数の電子・正孔対が発生する。これによつて強力な增幅作用がおきて、このときの電荷像が電子銃側ターゲット面に蓄積される。この蓄積電荷を電子ビームで走査して映像信号をとり出す。この撮像管の感度は、イメージオルシコンの数十倍の超高感度である。しかし原理的にはビジコンにイメージ部が付加されただけであるので、取り扱いは極めて簡単である。回路構成はビジコンカメラに自動調



DPG: Driving pulse generator

ASC: Automatic sensitivity control

HVG: High voltage generator

Fig. 9 Block diagram of television system

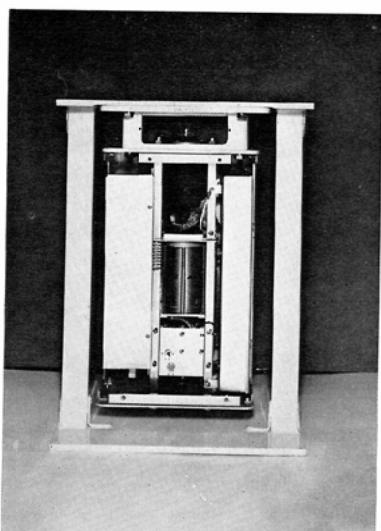


Fig. 10 Camera head interior

節回路(Automatic Sensitivity Control)を有するイメージ部用高圧回路を付加したもので、系統は図9の如くである。調整器類は、焦点、コントラスト、輝度の3個と映像上下反転切換器、ネガ・ポジ切換器(内部パネル)を備えている。図10にカメラヘッド内部を示す。中央最上部にカメラレンズ、その上にSEM形管球のイメージ部、偏向コイル部、左右のケース内には高圧回路および増幅回路が収容されている。

VIII. 実験映像

東芝製コバルト治療(RCR-120-A₁)装置を用い、図3に示される位置に人体ファントムを設定し透視試験を行なつた。TVモニター画像を図



Fig. 11 Fluoroscopy of head phantom, lateral
Source to screen distance: 95 cm Screen face dose: 13.5 R/m

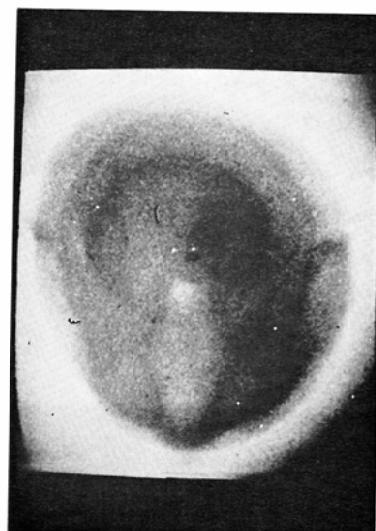


Fig. 12 Fluoroscopy of head phantom, upstanding

11, 12, 13に示す。

図11は人体ファントム頭部を側面より、コバルトγ線で透視したTV画像の写真である。

図12は人体ファントム頭部を上下よりコバルトγ線で透視したTV画像の写真である。

図13はスパナーとテスト片をコバルトγ線で透視したTV画像の写真である。



Fig. 13 Fluoroscopy of tools and test pieces, same condition with Fig. 4, left upper: spanner, upper: air cavity model (metaacrylresin 20 mm thickness with 4—10 mm diameter holes and same diameter rods), middle: driver with wooden grip, lower: resolution chart, marked "3" is 3 lines/cm and rightward increase to 4, 5, 6 (lines/cm)



Fig. 14 Fluoroscopy of head phantom, lateral
Radiation Source: Linac 6 MV X-ray Focus
to screen distance: 150 cm Screen face dose:
67 R/m

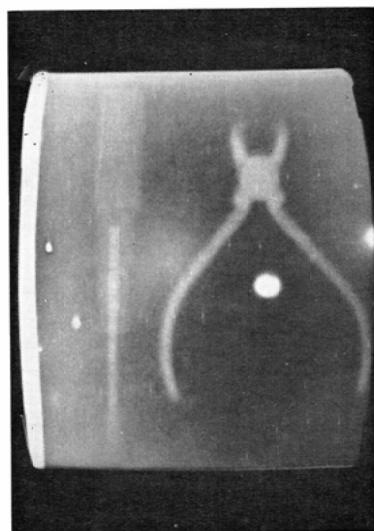


Fig. 15 Fluoroscopy of tools Radiation source:
Linac 6 MV X-ray Focus to screen distance:
150 cm Screen facedose: 67 R/m

図14はライナック 6 MV X線の映像で人体ファントムの頭側面の画像で図11と比較できる。この図14と図11は条件は少々異なるが、図11の方が良い画像を示していることが理解できる。

図15に工具ドライバーとニッパーをライナック 6 MV X線で見たTV画像で、図13のスパナと比較すると同一試験片ではないが、図13のスパナの方が細部にわたり画質が良い事がわかる。

これは放射線エネルギーの異なる点が画像に表現されていると思われる。また前述の事柄からも判断できる一つである。これらの映像は、照準用コバルトグラフィー、ライナックグラフィーに比べれば鮮銳度の点からかなり劣るものであるが、照射野監視の目的からいえば日常業務として照射野部位診断を十分な精度のもとに行なうことができるものである。また図より理解できる様にライナック装置に比べかなり向上している。

IX. 総括および考按

ファントムによる試験ではあるが Gd_2O_2S/Tb 蛍光板による映像は、空気層部分は比較的良好く識別できる。ただ骨部のほとんどが識別が悪い。解像力、鮮銳度共にライナック X線 6 MV 領域に比較

すればかなり良い結果は得られた。本実験がライナックの結果より良いことは主にエネルギーの違いであろう。

実用上の特徴を出すためにはこの改善が必要である。

X. 結 語

蛍光板方式(4)の応用としてコバルト治療装置による照射野監視テレビ透視実験を報告した。近代の放射線治療効率向上の一つとして高エネルギー、放射線治療全般にこの要求はあるものと思うが、現在の技術レベルでは性能的な要求事項のすべてを早急に解決することは難しい。テレビカメラ装置については、撮像感度も十分あるが、入力情報源である蛍光板上の透視像は高エネルギー特有のコントラストが低いものであり、また骨部のようにあまりコントラストの得られない部分もあつてこれを満足させることは今後の研究課題となろう。

以上のことよりコバルト治療装置への応用実験として成功したので今後臨床⁴⁾の第二歩を進める

ことができよう。尚基本的な試作追求課題として蛍光板の改良があり、一步一步前進につとめて行きたいと考える。

文 献

- 1) Benner, S., Rosengren, B., Wallman, H. and Netteland, O.: Television monitoring of a 30 MV X-ray beam Phys. in Med. Biol., 7, 29-34 (1962).
- 2) Malven, R., Rosengren, B. and Wallman, H.: Field control of tele-cobalt therapy by gamma-ray television. Acta radiol. Ther. Phys. Biol., 3, 425-430 (1965).
- 3) Malven, R., Rosengren, B. and Wallman, H.: Field control in roentgen therapy with a 5 MV linear accelerator by means of television. Acta radiol. Ther. Phys. Biol., 7, 462-466 (1968).
- 4) 植田俊男, 北川俊夫, 他: 照射野監視装置の試作, 日本医学会誌31(1971) 443~449.
- 5) 白水俊一, 他: ターゲットを用いた超高感度撮像管, 東芝レビュー, 1, 89~95(昭46, 1)
- 6) 伊藤健一, 他: シリコン電子増倍形撮像管を用いたライナックテレビ装置, 東芝レビュー, 26, 1, 89~95(昭46, 1)