



Title	表面積算量計の試作
Author(s)	前越, 久; 古賀, 佑彦
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1974, 34(4), p. 239-244
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18223
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

表面積算量計の試作

名古屋大学医学部付属診療放射線技師学校（校長：高橋信次教授）

前 越 久

藤田学園，名古屋保健衛生大学医学部放射線医学教室（主任：古賀佑彦教授）

古 賀 佑 彦

（昭和48年12月3日受付）

（昭和49年1月23日 最終原稿受付）

Design and evaluation of an area-exposure-product meter

by

Hisashi Mackoshi

Radiological Technician's School affiliated to Nagoya University School of Medicine

(Director: Prof. Shinji Takahashi)

Sukehiko Koga

Department of Radiology, Fujita-Gakuen University School of Medicine

(Director: Prof. Sukehiko Koga)

Research Code No.: 203

Key Words: Area-exposure-product meter, Surface-exposure-integral
Parallel plate ionization chamber

The design and the characteristics of an area-exposure-product meter (Surface-exposure-integral dosimeter) for use with X-ray fluoroscopy and radiography are discussed. The meter consists of a large parallel plate ionization chamber, D.C. amplifier, main unit, digital printer and analog recorder. The term "area-exposure-product" is chosen for the measured product of field size and exposure. It is considered that this is of particular value in training operators to restrict the field size and to minimize fluoroscopic time.

It is shown that its sensitivity does not vary in the range of X-rays generated from 60 kV to 140 kV (tube voltage) by more than 3.3 per cent. Also the sensitivity does not vary with variation of dose and dose rate by more than 5 per cent.

緒 言

透視を伴うX線検査は、一般に患者の被曝線量が多い。ICRP報告15 (1970)⁵⁾では、利用線錐中に透過型モニターを置いて照射野と照射線量の積、あるいはエネルギーフルエンスとの積を測ることを勧告している。これは透視の場合、操作

者をX線錐の大きさと透視時間の両方を最小に制限するよう訓練し、患者の被曝線量を軽減するのに役立つと考えられているからである。我々は、1967年⁶⁾⁷⁾に、このような目的で平行平板型線量計をつくり患者入射面における照射線量（線量率×透視時間）と照射野面積の積を表面積算量と名

付け、消化管X線検査例についての測定結果を報告したが、装置についてはまだ報告をしていない。この当時使用した装置は、透視と撮影という線量率、時間がそれぞれ著しく異なつた照射に対する応答性がやや不安定であつた。今回、これらの欠点を直し、その他いくつかの改良を加えた新しい表面積算量計を作製した。本報告では、装置の概要と性能について述べる。

装置の概要

試作機の系統図を Fig. 1 に示す。X線管球の絞り装置の先端に、絞りの開きを最大にしても、なお利用線錐を充分含むことが出来る平行平板型電離箱をとりつけた。この電離箱には、高圧印加用ケーブルと、出力取出用のケーブルが接続箱を経て接続されている。出力は、電離箱の近傍にある直流増幅器によつて増幅され、同軸ケーブルにて、X線操作室に設置してある計数装置に接続されている。このとき、直流増幅器の帰還抵抗は、透視時に $100\text{M}\Omega$ 、撮影時に $5\text{M}\Omega$ が用いてある。これは、透視時及び撮影時のX線出力の違いによる感度調整を行うためで、利得を透視時1に対し撮影時 $1/20$ にしてある。この2つの帰還抵抗は、透視、撮影の回路と連動して、自動的に切り換えられる。直流増幅器からの出力は電圧一周波数変換器により、パルス信号に変換される。一方、直流増幅器からの出力電圧はアナログレコーダーにも接続することが出来る。電圧一周波数変換器の出力は、直流増幅器の帰還抵抗で感度調整を行なつたため、透視の場合は $1/20$ 通減装置を通してカ

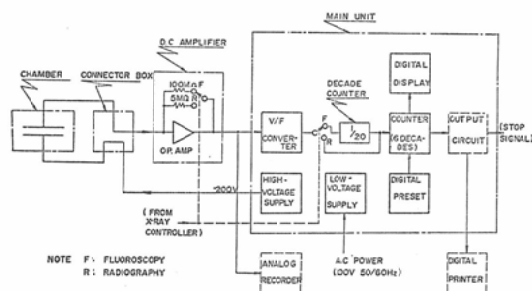


Fig. 1 Block diagram of the area-exposure-product meter.

ウンタに送る。ここで両者の出力の比率を合せ、デジタル表示される。この数値は、アンダーチューブ方式の透視装置では、透視台上の照射線量に、その位置の照射野の大きさを乗じた、すなわち ($R \times \text{cm}^2$) を単位としたものである。

患者のX線検査終了時に、次の事項がプリントアウトされる。(1) 全表面積算量 (透視あるいは撮影によるものは別々に記録される。)(2) 正味透視時間 (3) 患者番号 (4) 検査年月日

X線操作室に設置されたこの装置の状況を Fig. 2 に示す。

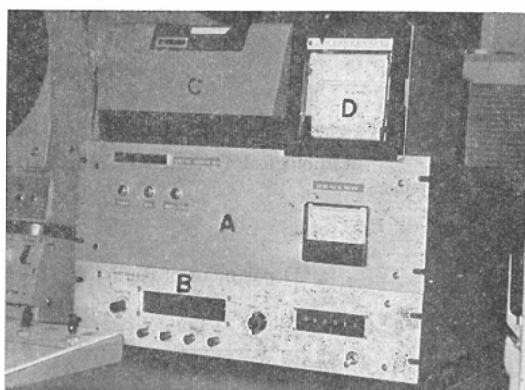


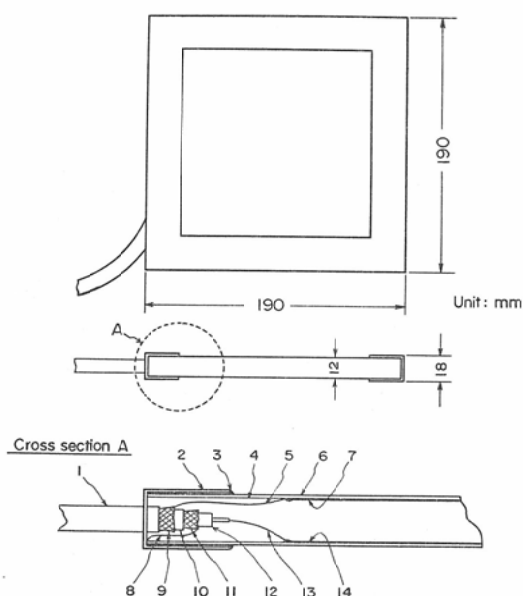
Fig. 2 Photograph of the main unit (A), digital counter (B), digital printer (C), and analog recorder (D) in use.

電離箱

使用した平行平板型電離箱は、 $190 \times 190 \times 12$ mmの大きさを有し、一方の電極に -200V の直流電圧が加えられている。電離イオンの再結合損失は実験的に求めると、電離箱の位置の線量率が 15.8R/sec (80kV , 200mA) のとき 4.5% であつた。電極は 250μ の厚さのマイラフィルムにカーボン系の導電性ペイントを塗布したものである。又このペイントは静電遮へいを行うために、電離箱の外壁にも充分塗布し接地してある。この電離箱は全体で 0.25mm の Al 当量をもつ。構造を Fig. 3 に示す。なおこの電離箱はX線写真に何らの影響も与えない。

直流増幅器及び電圧一周波数変換器

電離箱から得られた出力電流は、直流増幅器



- 1: coaxial cable 2: chamber case (Al: 1mm in thickness). 3: conductive paint of carbon. 4: high insulating polyester (250μ in thickness). 5: wire connector for high tension electrode. 6: carbon conductive paint for electric shield. 7: high tension electrode. 8: wire connector for electric shield. 9: high tension wire net. 10 and 12: insulator. 11: electric shield wire net. 13: wire connector for collector electrode. 14: collector electrode

Fig. 3 Schematic diagram of the parallel plate ionization chamber

(Teledyne Philbrick 社製, Model 1021) で増幅し, 電圧変換される。これは電流帰還型の演算増幅器で, 透視時及び撮影時のX線出力は, 帰還抵抗により感度調整され, 次の電圧一周波数変換器の入力として送られる。電圧一周波数変換器 (Teledyne Philbrick社製, Model 4701) は 0~10V の正入力電圧を 0~10kHz の出力周波数パルスに変換する。仕様値で直線性は ± 0.008%, 温度特性は ± 24PPM/°C である。

装置の性能

(1) 線質依存性

電離箱の線質依存性を求めるために 60~140 kV (総濾過, 2.0mmAl) のX線について, 照射野 8×8 cm で照射し, 全電離電流と Ionex 線量

計 (0.6cc 電離箱) で測定した照射線量 (R 値) との比を求めた。すなわち次式, E は各管電圧に対する比感度を示す。

$$E = \frac{1}{x} \int_0^t i \, dt$$

ディメンションは, それぞれ E: [A·s/R], X: [R], i: [A], t: [s] である。結果を Fig. 4 に示す。80~120kV 間では殆んど線質依存性は認められなかった。これを 100% とすると 60kV では, これより 1.6% 高い, 140kV では 3.3% 低い線質依存性を示した。

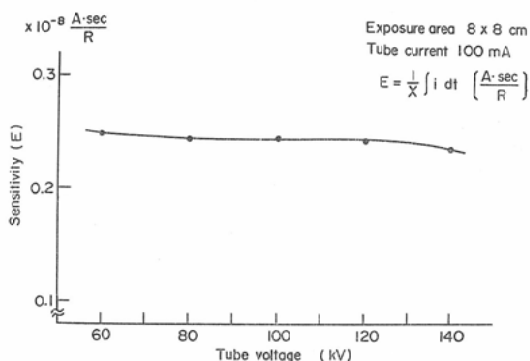


Fig. 4 Variation of sensitivity of dosimeter with tube voltage

(2) 線量率依存性

平行平板型電離箱のとりつけてある位置での線量率は管電圧と管電流によつて変化する。線質依存性による影響をさけるため, ここでいう線量率依存性とは, 管電圧を特定の値に固定し, 管電流のみを変化させたとき, その管電圧のときの線量率依存性ということにする。同一位置で Ionex 線量計 (0.6cc 電離箱) を用いて測定し, 基準とした。このリファレンス線量計は実験を行つた線量率範囲では線量率依存性はないものとした。

平行平板型電離箱のX線入射側照射野, 95cm² (このとき患者入射面の照射野の大きさ 190cm²) のとき, 透視条件として, 管電圧を 80kV と一定にし, 管電流を 0.5~3.0mA の範囲 (線量率では 4.5R/min~24R/min) で変化させたときの線量率依存性は 2.9% 以内で直線性が認められ

た。又撮影条件として、管電圧を80kVと一定にし、管電流を100～200mAの範囲（線量率では、8.1～15.8R/sec）で変化させたときの線量率依存性は、5%以内で直線性が認められた。この線量率依存性は、管電圧の高いとき程大きく120kV、200mA（28.3R/sec）のとき10%であった。この原因は電離イオンの再結合損失も含まれた値であるが、電極物質の影響も考えられ、検討の余地を残している。

(3) 周波数特性

直流増幅器の利得を、低周波時に1.0にして、入力周波数を5kHzまで変化させたとき、入出力間の利得の変化をFig. 5に示す。3db利得が下る周波数帯域は225Hzである。又電離箱を直流増幅器の入力側に接続した場合のステップ入力応答は、今5Vのステップ入力に対し、出力側では約0.3msecの立ち上がり時間であった。このような測定器の測定系としての応答時間を決めるのは直流増幅器自体の応答時間と、電離箱自体の浮遊容量である。しかし、入力側に電離箱を接続し、100M Ω の帰還抵抗を用いた場合でも良い周波数特性を示すから、撮影時の5M Ω を用いる場合は、直流増幅器の時間遅れは問題とならない。従って撮影時のような短時間で、高い線量率の測定も可能である。今0.03secの撮影時間に対しても

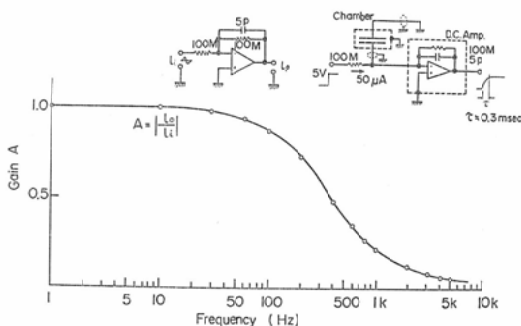


Fig. 5 Frequency characteristics of the D.C. amplifier. The circuit diagram of upper insert on the left shows the arrangement to measure this characteristics, and that on the right shows the arrangement to measure the rise-time when the parallel plate ionization chamber is connected to the D.C. amplifier

高々1%程度の影響しか現われてこない。

(4) 照射野による影響

電離箱はX線管焦点より29cmの位置に設置してありアンダーチューブ方式の透視装置(Toshiba: DT-AC-1)では、ベッドの上面は焦点より41cmの距離にある。このベッドの上面での照射野の大きさを、先ず正方形で最小7.6cm² (2.7×2.8cm)、最大251cm² (15.7×16cm)と面積変化させたとき、試作機のカウンタ数と表面積算量との比を求めた。又長方形の照射野では、一辺の長さを9.8cmに固定し、他辺を1.7cmから1cmずつ増加させ、面積で16.7cm² (1.7×9.8cm)から最大87cm² (8.9×9.8cm)と変化させたときのカウンタ数と表面積算量との比を求めた。これらの比を面積の大きさに対しプロットするとFig. 6に示す如くなる。X線の照射条件は、80kV、2mAである。表面積算量は、Radocon 10 L A電離箱で、ベッドの上面の照射線量を測定し、その線量値に、その位置の照射野の大きさを乗じたものとした。この装置では、ベッド面上の照射野の大きさが9.5×9.5cmのとき、イメージインテンシファイアの蛍光面をベッド面から20cm離れたところに置くと、T.V. モニタの有効蛍光面全体が視野として見られる。又ベッド面上の照射野の一辺の長さが16cmのとき、通常撮影が行なわれているフィルムの位置では四つ切の短辺の長さにX線錐は広がっていることになる。

試作機の出力は、電離箱が照射される照射野の

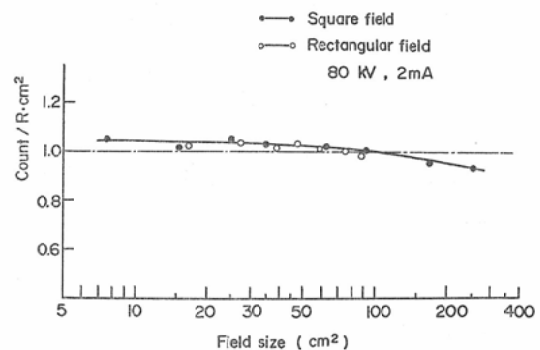


Fig. 6 Variation of ratio of count of dosimeter versus $R \cdot \text{cm}^2$ with field size of different shape.

形、すなわち正方形あるいは長方形には影響されず、面積の大小に依存している。そのばらつきは照射野 100cm^2 を基準として、前記照射野の範囲で $\pm 5.5\%$ であった。

考 按

表面積算量は $R \cdot \text{cm}^2$ で表わされ、Surface-exposure-integral (S.E.I.¹³⁾、Flächeneinfalldosis³⁾¹⁵⁾、Incident area dose³⁾、Roentgen-area-product (R.A.P.⁴⁾、Area-exposure-product⁴⁾ などの呼び方で最近よく用いられるようになってきた。入射面における患者被曝線量を表わすのには、照射線量 $[R]$ だけでは充分ではない。ことに検査中に照射野面積が変化する透視の場合にそうである。照射線量 $[R]$ に、面積 $[\text{cm}^2]$ を乗する必要がある。これは患者に入射する全エネルギーを代表する（利用線維外の散乱線を除いて）値として、容積線量の目安になり得るからである。勿論、透視の場合、照射される部位は移動するので、容積線量とは必ずしも正比例するわけではなく、表面積算量で患者被曝に関する情報を全て表現するものではないけれども、臨床上、患者防護の観点から、1つの有用な単位であると考えている。

前述のように我々は、一度同型式の装置を試作したがこのような目的の装置としては、Airth (1959)¹⁾²⁾、Zieler (1960)¹⁸⁾、Arnall (1961)⁹⁾、Morgan (1961)¹¹⁾、Reinsma (1962)¹⁴⁾、Millerら (1962)¹⁰⁾、Sprawls (1966)¹⁶⁾ などがそれぞれ報告している。本邦では岡島ら (1965)¹³⁾、山本、前越、古賀 (1967)⁶⁾¹⁷⁾、(1973)⁸⁾、中垣ら (1973)¹²⁾ の報告があるが論文にはなっていない。

表面積算量計の性能として要求される条件は、透視、撮影の管電圧範囲内でのエネルギー依存性のないこと、線量および線量率に対して直線性が良好であること、照射野の形が変つても面積に比例した測定値が得られること、そして臨床に使用する上で、診断の妨げにならないことである。透過型線量計としては、蛍光光電管式⁸⁾¹⁴⁾¹²⁾と電離箱方式¹⁾³⁾¹¹⁾¹⁴⁾¹⁸⁾があるが、我々はエネルギー依存性の少ない電離箱をえらび、本文で述べたような機構をもたせた。試験された性能はいずれも満足

出来るものであり、臨床に充分に応用出来ると考えている。電離箱式では、Morgan¹¹⁾、Reinsma¹⁴⁾ は2槽式のものを採用しているが、我々は1槽でプリアンプ及び主回路内にレンジ切換え器を入れることによつて応答性のよい装置をつくり得た。

測定値はリファレンス線量計と較正を行なっているが、これは照射部位や患者の状態による散乱線の影響は無視している。しかし、実用上やむを得ぬものであろう。測定結果の表現に我々は、デジタルディスプレイとタイプアウトの他にペンレコーダーによる透視中の $R \cdot \text{cm}^2/\text{min}$ の変化の記録を採用している。これは若手医師、医学生への教育には殊更に役立つものである。ペンレコーダーの応用は Airth (1964)²⁾ が僅かに触れているが、他の報告にはみられない。

表面積算量を更に一步すすめて、容積線量を測定することも考えられる。我々は、先に射出面にも大きい電離箱をおき、入射面の電離箱との出力差をとつて、直接に容積線量を測定することも試みた⁷⁾⁹⁾。将来発展させる問題であらう。

結 語

透視装置で表面積算量 ($R \cdot \text{cm}^2$) を測定するための装置を試作した。線量計は放射口前面にとりつけた平行平板型電離箱と増幅器、主回路、プリンター、ペンレコーダーから成り、透視及び撮影に際して照射線量と照射野面積の積を測定、記録するものである。装置の概要と性能（管電圧、線量、線量率、面積特性など）を述べた。性能は臨床上の使用を満足させるものである。

最後に、本研究に種々技術的ご援助を賜つた、東芝斉藤雄督、有田昌隆、安原弘各氏に深く感謝する。

本論文の要旨は1973年5月、第32回日本医学放射線学会総会に於て発表した。

文 献

- 1) Airth, G.R.: Routine incident radiation dosage measurement in barium meal examinations. Brit. J. Radiol., 32, (1959) 61—64.
- 2) Airth, G.R., Developments in diagnostic dosimetry. Clinical Radiology, 15, (1964) 90—97.

- 3) Arnal, M.L. u. Pychlau, H.: Die Strahlenbelastung des Patienten bei röntgendiagnostischen Untersuchungen. Fortschr. Röntgenstr., 95, (1961) 325—335.
- 4) BCRU: A proposed unit for patient radiation exposure from diagnostic X-rays. Health Physics., 24, (1973) 445—446.
- 5) ICRP Publication 15, Protection against ionizing radiation from external sources. I.C.R.P. Pergamon Press (1970).
- 6) 古賀佑彦: X線透視に際しての患者被曝軽減第2報, 消化管透視の際の表面積算量, 日本医放会誌, 27 (1967), 1238—1242.
- 7) 古賀佑彦: 胃X線検査における患者被曝, フィルムパッチニュース, 28 (1969), 2—6.
- 8) 古賀佑彦, 前越久, 斉藤雄督, 有田昌隆, 安原弘: 表面積算量計による患者被曝量の測定, 日本医放会誌, 33, 臨時, (1973), 66.
- 9) 前越久, 山本千秋, 古賀佑彦: X線透視における容積線量測定, 日本医放会誌, 29, 9 (1969) 125.
- 10) Miller, E.R., Kafanian, J. and Maddison, F.E.: Patient exposure during fluoroscopy. Radiology. 80, (1963) 477—485.
- 11) Morgan, R.H.: The measurement of radiant energy levels in diagnostic roentgenology. Radiology. 76, (1961) 867—876.
- 12) 中垣五月, 土井信一格, 遠藤俊夫: 撮影, 透視時の被曝線量測定装置について, 第29回日本放射線技術学会総会抄録集 (1973), 180.
- 13) 岡島俊三, 阿部建男, 高尾義人: Integral-dose-meter の試作, 研究報告集録 (放射線影響編), (1965), 103.
- 14) Reinsma, K.: Dosemeter for X-ray diagnosis. Philips Technical Library, (1962).
- 15) Schulte-Brinkmann, W. u. Lindner, H.: Strahlenexposition des Patienten bei der Magen-Darm Passage. Strahlentherapie. 140, (1970) 307—317.
- 16) Sprawls P. Jr., Miller, W.B. Jr., Weens, H.S. and Cosper, J.H.: Patient X-ray exposure during fluoroscopic examinations with an analysis of contributing parameters. Radiology. 87, (1966) 99—101.
- 17) 山本千秋, 古賀佑彦, 前越久: 放射口取りつけ用線量計の試作, 日本医放会誌, 28, 1 (1969), 120.
- 18) Zieler, E.: Messung der Strahlenbelastung von Patienten in der Röntgendiagnostik. Fortschr. Röntgenstr. 92, (1960) 211—216.