原 著

X 線シネフィルムのセンシトメトリー

国立循環器病センター放射線診療部

栗 井 一 夫・若 松 孝 司

東 儀 英 明・巢 組 一 男

近畿大学ライフサイエンス研究所

山 本 義 憲

(論文受理 1984年11月2日)

(最終論文受理 1985年4月19日)

(Code No. 313, 333)

Key words : X-ray cine film, X-ray sensitometry, Light sensitometry, Image Intensifier (I.I.), Photo density step tablet, N.D. filter,

SENSITOMETRY OF X-RAY CINE FILM**KAZUO AWAI, TAKASHI WAKAMATSU, HIDEAKI TOGI
and KAZUO SUGUMI**

Department of Radiology, National Cardiovascular Center

YOSHINORI YAMAMOTO

Institute of Life Science Kinki University

(Article received ; Nov., 2. 1984.)

Summary

Examinations of sensitometry for an X-ray cine film were made in this study. An inverse square sensitometry method was considered as a standard method for generating an intensity-scale sensitometric curve. With this method two techniques, timescale sensitometry and light sensitometry were composed. In addition, taking into account the case where the facility have insufficient space to obtain the distance required for the inverse square sensitometry, alternative methods such as composed method, neutral density filter method (N.D. method) and photo density step tablet method were examined as well. As results, γ and average gradient of time-scale and light sensitometries showed lower than those of inverse square sensitometry. There were good correlations between composed method, N.D. filter method and inverse square method, and also between photo density step tablet method and inverse square method.

1. 緒 言

われわれが従事している放射線の分野では、数多くの銀塩フィルムが使用されている。その種類は、直接撮影用両面乳剤フィルム、CRT・間接撮影用片面乳剤フィルム、シネフィルムなど多種多様である。その中で最も多く使用されている増感紙フィルムシステムのX線センシトメトリーは、技術学会センシトメトリー班の報告により一応の成果をみた。

しかしながら、その他のシステムにおけるセンシトメトリーは報告も少なく、方法も確立されていない。今回われわれは、最近多く使用されているX線シネフィルム(以下シネフィルム)のセンシトメトリーについて実験を行った。これまで報告^{1),2)}されているシネフィルムセンシトメトリー法の大部分は光センシトメータによるものであるが、X線によるセンシトメトリーも2～3報告されている。われわれは、距離の逆二乗を応用した強度スケール法(以下距離法)により、シネフィルムのX線センシトメトリーを行い、それを基準として他の方法との比較を行った。

2. X線シネフィルムセンシトメトリーの方法と経過

シネフィルムセンシトメトリーの方法は、現在可能な方法として次のように分類できる。

- ・光露光法
 - 光センシトメータ法
- ・X線-I.I.を使用した露光法
 1. I.I.に入射する線量を調節する方法
 - a. 距離の逆二乗則を応用する方法
 - b. 時間スケール法
 2. I.I.出力側の光量を調節する方法
 - a. 絞りによる方法
 - b. ニュートラルデンシティフィルタ(以下N.D.フィルタ)による方法

光センシトメータ法は多くの施設で実施されている方法である。光センシトメータが多く用いられているのは、X線センシトメトリーが煩雑なのに対し、非常に簡単に反復精度のよい特性曲線が作成できるからである。しかし、われわれのまわりにある市販の光センシトメータは相対的に露光時間が長いこと、相反則不軌の影響を受けやすいこと、I.I.出力蛍光面の発光波長を完全にシミュレートしていないという欠点をもち合わせている。現在、市販光センシトメータは自動現像機の管理という領域を

脱するに至っていない。

I.I.-X線を使用した方法は近年になってようやく行われてきつつあるが、まだ特別な方法という感があり、方法もあいまいな点が多い。現在までに報告されている方法は絞り・N.D.フィルタを使用してI.I.出力光量を調節する方法である^{3),4)}。この方法は現在、臨床使用されているX線シネ撮影装置にてセンシトメトリーをするには行いやすい方法ではあるが、次のような問題点がある。まず、絞り・フィルタを取り換えるためにシネカメラを幾度もはずす必要があり、1つの特性曲線を作成するまでに手数と時間がかかる。また、絞り法ではI.I.の中心部と周辺部との光量差により、面積比だけではlong RE.を決定できないので実測が必要となり誤差を生じやすい。

入射線量を調節する方法として、距離法と時間スケール法とが考えられる。現在のX線シネ撮影装置は機械的なシステムが完成されていることと、撮影条件制御機構が自動化されているため、これらの方法を実践しにくい。その中で、時間スケール法は機械的の制約を受けないので比較的に行いやすい方法であるが、相反則不軌の影響を受ける⁵⁾。距離法は基本的に最も正確なセンシトメトリーが行える方法であるが、臨床用の装置で行うにはあまりに制約が多いため顧みられなかった。

3. 実験装置・器具

使用装置と器具をTable 1に示す。X線発生装置は高電圧制御管(トリオード)形管電圧二次側制御方式を用いた。フィルムはCFEを用い、現像温度22.4°C、処理速度27 feet/minで処理した。

4. センシトメトリーに影響を及ぼす種々の特性

4.1 I.I.直線性

I.I.の光電子変換効率は線質によって変化するが、同じ照射条件でセンシトメトリーを行う限り問題ない。また入射線量と出力輝度との間にはFig. 1に示すように広い範囲で直線性が成立しているのでこれも問題ない。

4.2 I.I.の残光

I.I.-X線によるシネ撮影は数msの極短時間照射にて撮影が行われる。I.I.-X線によるセンシトメトリーもそれに準ずるべく短時間照射になる。増感紙では通常数msの残光があるといわれている。I.I.にもし増感紙と同程度の残光があるとデータに誤差を生じる原因になり、これから行う時間スケール法・相反則不軌の実験結果が無効になるので測定を行った。

Table 1 Materials

発生装置	PANDOROS-OPTIMATIC
整流方式	高電圧制御管（トリオード）形管 電圧二次側制御方式
X線管	Bi150 40 150 RG
焦点サイズ	0.6mm
多重絞り	マルチリーフコリメータG0865
固有ろ過	2.5mmAl
I.I.	RBV25 17HN
シネカメラ	アリテック35
センシトメータ	WEJEX-RF, FUJI303
濃度計	SAKURA PDA-65 (アパチャーサイズ2mmφ)
白現機	NX-2 (現像温度22.4℃, 現像速度27feet/min)
現像液	Cineflure
フィルム	CFE (Fig. 9, 18のみCFC, CFS, MICE, MICA, RPIC使用)
オシロスコープ	テクトロニクス 434 ストレージオシロスコープ
蛍光量計	ALCO F-11
セラチン フィルター	KODAK Watten Filter No.96, No.57

Fig. 1 Relationship between incident dose rate of Image Intensifier and output intensity of light.

I.I. の出力蛍光面に蛍光量計をおき、管電圧波形と比較したものを Fig. 2 に示す。非常に短い照射時間でも管電圧波形と蛍光波形はほぼ同一となり、I.I. 出力蛍光面ではほとんど残光がないことが判明した。

4.3 特性曲線の線質依存性

照射時間を一定にして管電圧を変え、付加フィルタを加えることにより、異なる線質の特性曲線を作成し比較した。条件は60 kV (2.5 mmAl + 1.5 mmCu), 90 kV (2.5

Fig. 2 Wave form of tube voltage (Upper) and fluorescence form of output fluorescent screen of Image Intensifier (Lower).

Fig. 3 Characteristic curves which were obtained by different beam qualities.

mmAl + 4.5 mmCu) で、2つの特性曲線の形状は有意差を生じていない (Fig. 3)。

5. 距離法

5.1 実験方法

I.I.-X線管を用いた距離法の条件を次のように定めた。

a. 距離の決定

距離は、距離の逆二乗則が成立するとされている範囲で、基準点はX線管焦点とI.I. 前面とした。X線管の焦点の位置は、X線管容器外側の焦点マークとし、I.I. 側はグリッドを取りはずした状態でのI.I. ガラス面を基準点とした。この2つの基準点の320 cm離れた点を log. R. E. = 0.0 とし、40.1 cm ~ 320 cm の間で log. R. E. 0.3 づつ、7点の位置を決定した。

b. 照射野の決定

シネフィルムは18 mm × 24 mm という非常に小さな

X線シネフィルムのセンシトメトリー (栗井・若松・東儀・巢組・山本)

フィルム面に露光されるが、フィルム面での濃度はI.I. レンズ特性により、周辺部と中心部とでは有意な濃度差が生じている。そのためセンシトメトリーには中心部しか利用できない。また、フィルムの濃度を正確に測定するには、濃度計で数点測定し、その平均をとらねばならない。通常われわれが使用している濃度計は0.5 mm ~ 3.0 mm のアパチャーサイズを有しており、このアパチャーサイズで数点測定するためにフィルム面ではある程度の面積が必要である。このようなことを考慮して、I.I. サイズおよび照射野を決定せねばならない。以上の点より、I.I. サイズは使用するI.I. で選択できる1番小さい径にすべきである。そうすればI.I. によって生ずる濃度差を減少でき、フィルム面での照射面積を大きくとれる。本実験に使用したI.I. は10インチ/7インチの2段切り換えができるので、7インチにて実験を行った。

フィルム面での面積は濃度差が許容でき、かつ濃度計で数点測定できる大きさとして6 mm × 6 mm とした。それに伴いI.I. 前面でのマスクは5 cm × 5 cm となった。I.I. は微量のX線でも高輝度に増幅するので、I.I. 前面におけるしゃへいは充分に注意をはらう必要がある。われわれは6 mm 厚の鉛板により、I.I. にできる限り密着させてしゃへいした。X線管側のマスクは40.1 cm の最短距離にてI.I. 側のマスクよりも広くなるようにしなくてはならない。われわれは4.5 cm × 4.5 cm にて実験した。

I.I. とX線管の距離が大きくなると、直接X線がシネカメラに照射されるようになる。シネカメラマガジン内のフィルムは散乱線によってもカブリを生じるという報告⁹⁾があるので、シネカメラマガジンをしゃへいしなければならない。われわれは2 mm 厚の鉛板にて防御した。また壁面および床からの散乱線の影響を防ぐため、I.I. X線管・シネカメラは壁面・床から1 m 以上離れた。このようにして作成した実験システムおよび概観をFig. 4に示す。

c. 露光方法

増感紙フィルム系のセンシトメトリー同様1つの露光位置では1回のX線照射とした。フィルムは1駒づつ手動で巻き取った。なおバラツキを防ぐため、1つの露光位置では3回照射し、その平均をとるようにした。ただし、通常の撮影状態ではこのようなことはできない。われわれは分配器のハーフミラーを常にシネカメラ側に向けることで、この問題を解決した。

d. 照射条件

照射条件を60 kV・2.5 mAs (照射時間5 ms) とした。使用装置はmAs制御であるため、管電流と照射時間が

Fig. 4 Schematic diagram of an inverse square X-ray sensitometry (Upper) and system components (Lower).

任意に定められないため、実際のシネ撮影に準ずるべく照射時間が5 msとなるようにmAsを選択した。5 msより短時間も選択できるが、あまり短時間にするとフィルム濃度にバラツキが生じたため、安定した濃度が得られた2.5 mAs (5 ms) にした。また銅板の付加フィルタを用いて線量を調節した。

e. 現像処理

自動現像機 (以下自現機) はNX-2を使用した。NX-2はリードフィルム搬送型である。フィルム処理前後にリードフィルムと接続するが、その時シネフィルムは停止状態にあるので、その時にセンシトメトリー露光をした部分はすでに水洗部にあるようにカラ送りをしておく必要がある。またシネフィルムは現像処理方向の影響を受けやすいという報告^{7),8)}がされているので、自現機への挿入は低露光側から処理すると定めた。処理温度・速度は当施設で通常行われている22.4°C・27 feet/minとした。

5.2 結果・考察

距離の逆二乗則についてはセンシトメトリー班の実験を始め多くの報告⁹⁾がされているので、ここでは本実験システムでも距離の逆二乗則が成立したことを述べるにとどめる。

距離法によって作成した6種類シネフィルムの特性曲

Fig. 5 Characteristic curves for 6 kinds of cine film using inverse square method.

線を Fig. 5 に示す。現在シネフィルムは低感度なものから高感度なもの、低コントラストから高コントラストなものまで多種多様なものがある。それらを距離法で同一尺度の比較をするには、40.1 cm～320 cm の距離では不足である。われわれは不足分を補うため後述するつなぎ合わせ法により感度・コントラストの異なる 6 種シネフィルムの比較をした。従来われわれはシネフィルムを別のものに更新する場合、市販の光センシトメータによって作成した特性曲線の一部参考にしてシネカメラの調整をしていたが、実際に臨床使用した時と光センシトメータによるデータとは必ずしも一致しなかった。距離法によって作成した特性曲線は臨床使用した時と一致していた。

6. 時間スケール法

6.1 実験方法

時間スケール法も距離法同様、I.I. 入力側に入射する線量を調節する方法である。距離法の X 線センシトメトリは装置の制約を受けることがあり、困難なことが多い。時間スケール法は距離を一定にし、照射時間を変化させて比露光を与えるので、比較的装置の制約を受けることが少なく、正確な特性曲線を作成することができるのであれば、時間スケール法はシネフィルムセンシトメトリの有効な手段になると考えられる。

時間スケール法の比露光の与え方は、装置の表示時間・オシロスコープ・デジタルタイムカウンタなどにより正確な照射時間を測定する、などの方法があるが、われわれはオシロスコープにより照射時間を測定し、比露光を与えた。照射条件は I.I.-X 線管距離を 200 cm、管電圧 60 kV、照射時間 5 ms～320 ms とし、1.8 mmCu の付

加フィルタを加えた。その他の条件は距離法に準じた。同時に距離法の実験を行い比較した。

6.2 結果・考察

時間スケール法によって作成した特性曲線と、距離法によって作成した特性曲線の比較を Fig. 6 に示す。時間スケール法による特性曲線は距離法による特性曲線よりもガンマ・平均階調は低くなる。

比露光を装置のタイマ表示値で設定すると誤差の原因となるが、本実験では照射時間をオシロスコープで測定して設定したので誤差は少ない。時間スケール法の特性曲線が距離法の特性曲線よりもガンマ・平均階調とも低いのは、相反則不軌の影響によると考えられる。相反則不軌は X 線のみでの露光では発生せず、光露光によって生じる現象である。I.I. X 線管による X 線シネ撮影は、増感紙フィルム系と異なり光露光のみで、X 線はフィルムに直接露光を与えないので、増感紙フィルム系よりも大きい相反則不軌が生じると考えられる。

藤田らと同様の方法^{10),11)}によって求めたシネフィル

Fig. 6 Comparison of characteristic curves between inverse square X-ray sensitometry and time-scale sensitometry.

Fig. 7 Failure of reciprocity law for the cine film.

Fig. 8 Characteristic curves which were obtained by inverse square method changing the exposure time.

ムの相反則不軌特性を **Fig. 7** に示す。低照度不軌が明らかに認められる。

この相反則不軌特性が特性曲線にどのような影響を及ぼすか実験によって確認した。**Fig. 8** は照射時間の異なる距離法による特性曲線を比較したものである。照射時間 5 ms と 500 ms の特性曲線は明らかに形状が異なり、500 ms の特性曲線は 5 ms の特性曲線よりも低いガンマ・平均階調を示す。

照射条件を決定する場合、照射時間の設定には特に注意を払う必要がある。X 線シネ撮影用発生装置は短時間照射の安定性がよいので、照射時間は相反則不軌の影響を受けない 0.1 sec 以下にすべきである。

7. 距離法を適用できない装置で強度スケール法を行う方法

われわれは距離 40.1 cm～320 cm の範囲で距離法の実験を行ったが、臨床用装置では広範囲な距離をとることは実際上困難である。そのような装置で強度スケール法によるセンシトメトリーを行うことについて述べてみる。

7.1 つなぎ合わせ法

一般的に臨床用装置では I.I.-X 線管距離を 2 m 以上とることができないものが多い。このような装置で強度スケールによるセンシトメトリーを行うために、次のような方法を考えた。

まず、足部から直線部までの特性曲線を可能な範囲で作成する。**(Fig. 9-a)** 次に同じ距離で照射線量をかえて直線部から肩部までの特性曲線を肩部を中心に作成する。**(Fig. 9-b)** 最後に 2 つの特性曲線を直線部でつなぎ合わせる。**(Fig. 9-c)** これで 1 つの特性曲線が作成できる。

Fig. 9 Procedure to compose the characteristic curves which were obtained by X-ray cine sensitometry.

Fig. 10 Comparison of characteristic curves between inverse square method and composed method.

ここで注意することは、照射線量をかえるのに照射時間を変化させて行ってしまうといけない、それは前述した相反則不軌の影響を受けることがあるからである。照射線量をかえるには他の因子（管電圧、管電流、付加フィルタ）によってかえればよいが、その中で付加フィルタによってかえるのが最も簡単で安定性がよい。この方法は、線質が特性曲線の形状に影響を与えないことにより可能となっている。つなぎ合わせ法の特性曲線と通常の方法による特性曲線の比較を **Fig. 10** に示す。2 つの特性曲線はよい相関を示し、この方法で特性曲線を作成してもよいことを表わしている。

7.2 フィルタ法

これからのシネ撮影装置は、アーム型撮影装置の組み合わせが主流となる。アーム型装置では距離法のつなぎ合わせ法も適用できない。これからシネフィルムセンシ

Fig. 11 Comparison of characteristic curves between inverse square X-ray sensitometry and N.D. filter method.

トメトリーを確立していく上で、これは重大な問題である。そこでわれわれは、従来行われていた姑息的な方法を試みた。その方法は、I.I. 出力側の光量をニュートラルデンシティフィルタを用いて調節するものである。(以下 N.D. フィルタ法) 使用した N.D. フィルタは Wratten No. 96 で、濃度 0.3~2.1 の範囲で 0.3 毎 7 段階用意した。このフィルタをシネカメラ前面に取り付け、X 線を照射した。N.D. フィルタ法はフィルタを交換する毎に、シネカメラを取りはずさねばならないので煩雑である。実験は、N.D. フィルタ法と距離法とを同時に行い比較した。2 つの方法はよい相関を示した (Fig. 11)。

8. 光センシメータ法

8.1 実験方法

I.I.-X 線によるシネフィルムセンシメトリーは光露光のみであるから、光によって露光する光センシメータ法はシネフィルムセンシメトリーに利用できると考えられる。実験には Wejex-RF・Fuji-303 を使用した。どちらも片面露光型である。この 2 台の光センシメータを使用しシネフィルムに露光を与え、同時に距離法の実験を行い比較した。

8.2 I.I. 出力蛍光面の発光波長と光センシメータとの関係

光センシメータによるセンシメトリーは実際の撮影系を使用せずにフィルムに露光を与えるので、いかにその撮影系の増感紙・I.I. 出力蛍光面と同じ波長でフィルムに露光するかが重要な要素となる。Fig. 12 に実験に使用した I.I. 出力蛍光面 ZnCdS(Ag) の発光波長、Wejex-RF, Fuji-303 のグリーン発光の分光波長分布を

Fig. 12 Comparison of emission spectra between light sensitometers and phosphor material of I.I..

Fig. 13 Comparison of transmission factor of the filters.

示す。ZnCdS(Ag) は 530 nm にピークをもつ波長分布を示しており、2 台のセンシメータの波長分布もそれを模倣している。

Wejex-RF は光源が弱く、フィルタの透過率が低いため露光不足となり、数回露光しないと足部から肩部までの完全な特性曲線を作成できない。われわれは透過率のよいフィルタと交換して実験を行った。交換前 (Corning No. 4-64) と交換後 (Wratten filter No. 57) のフィルタの透過率を Fig. 13 に示す。

8.3 光センシメータ法の結果

2 種類の光センシメータによる特性曲線と、距離法による特性曲線の比較を Fig. 14 に示す。光センシメータによる特性曲線は、距離法と比較してどちらもガンマ・平均階調が低くなる。Fuji303 よりも Wejex-RF にその傾向が大である。Fig. 15 は 2 種類の光センシメータによって作成した 6 種類シネフィルムの特性曲線である。距離法 (Fig. 5) と比較して比感度が異なるのは、光センシメータの分光波長が I.I. 出力蛍光面の発光波長と完全に一致していないからであろう。

8.4 考察

Wejex-RF, Fuji303 の露光時間は、それぞれ 1.0 sec, 0.2 sec である。どちらも長いので相反則不軌の影響を受

Fig. 14 Characteristic curves using three sensitometry methods.

け、距離法よりもガンマ・平均階調が低くなっていると考えられる。そのためダブルガンマタイプのフィルムは光センシトメータで特性曲線を作成した場合、その特徴がより強調される。また Wejex-RF はグレイスケールの中心部（光源の直上）と周辺部では光の強度が異なり、中心部が強く、周辺部になる程弱くなるので、ガンマ・平均階調が低くなる原因となっている。

以上、一般に市販されている光センシトメータでシネフィルムのセンシトメトリーを正確に行うには無理がある。しかし、前述したようにシネフィルムは X 線によって直接露光されず、光によって露光されるので、光センシトメータによるシネフィルムセンシトメトリーは合理的方法と言えるので考察の余地がある。市販の光センシトメータでは限界があるので、実用に合ったものを作成しなくてはならない。

理想的なシネフィルム用光センシトメータの具備すべき条件として次のことがあげられる。

1. 発光波長が I.I. の出力蛍光面の発光波長とよくシミュレーションされていること。
2. 露光時間が短い。
3. 相対露光域が広い。
4. 発光輝度が大きい。

これらの点と、従来からいわれてきた光センシトメータの特性¹²⁾ が加味されれば、光センシトメータでも充分

Fig. 15 Characteristic curves of 6 kinds of cine film using two types of sensitometer, a: Wejex-RF b: Fuji 303

センシトメトリーが可能になると考える。

9. 濃度ステップタブレットを利用した X 線センシトメトリー法

9.1 実験方法

これは光センシトメータの欠点と距離法の難しさを補う一つの方法として考案した。この方法は第40回日本放射線技術学会総会にて、津山らと発表した¹³⁾ものと基本的に同一なもので、われわれはそれをシネフィルムに応用した。Fig. 16 に装置の構造および概観を示した。

この装置の利点は次に列記する通りである。

1. 照射時間が任意に設定できる。

照射時間は X 線装置のタイマによって決まり、相反則不軌の影響のない照射時間でセンシトメトリーができる。

2. X 線の影響を受けずにセンシトメトリーができる。

この装置は X 線を鉛ガラスでしゃへいして光のみを透過させるので、I.I. による X 線センシトメトリーと同

Fig. 16 Diagram of component for the X-ray sensitometry using photo density step tablet and the cassette for this study.

Fig. 17 Characteristic curves using three sensitometry methods.

じように X 線の影響を受けないセンシトメトリーが可能である。しかし、この装置は X 線を鉛ガラスでしゃへいするから、片面露光しかできないので両面乳剤フィルムを使用する増感紙フィルム系に使用する場合それが欠点となっていたが、シネフィルムは片面乳剤・片面露光であるから問題にはならない。

3. I.I. 出力蛍光面と同一物質でセンシトメトリーができる。

I.I. の出力蛍光面の発光波長はメーカーによって若干異なるので、光センシトメータでセンシトメトリーする場合 I.I. の発光波長をシミュレーションするのに苦労するが、この装置では蛍光体を取り換えることができるの

で簡単である。

以上、この方式は X 線センシトメトリー法と光センシトメトリー法双方の利点をもち合わせた方法である。実験は 90 kV : 15 ms・距離 2 m で行い、同時に距離法と光センシトメータによる実験を行い比較した。

9.2 結 果

濃度ステップタブレット法と距離法および光センシトメータ法による特性曲線の比較を Fig. 17 に示す。濃度ステップタブレット法は光センシトメータ法よりも距離法とよい相関を示しているの、X 線センシトメトリー法・光センシトメータ法とはまた別の観点でこの方法を押し進める必要がある。

10. 結論および展望

強度法による X 線センシトメトリーは、シネ撮影系の画像評価を行う場合不可決である。しかし、臨床用シネ撮影装置を用いて距離法によるシネセンシトメトリーを行うには困難なことが多く、思うようにいかないのが現状である。したがって、われわれがシネフィルムのセンシトメトリーを行う場合、前述の N.D. フィルタ法などもあながち無視できない。自現機管理には光センシトメータで充分であるが、もっと応用範囲の広い光センシトメータの開発も望まれる。また濃度ステップタブレット法も距離法・光センシトメータ法とは別に発展させなくてはならない。

シネフィルムのセンシトメトリーについては、ANSI¹⁴⁾ などによって感度などの表示法は規格化されているのに対し、特性曲線を作成するための照射方法・露光時間などの因子についてはまったく規格化されておらず、現在のところ市販の光センシトメータによって便宜的に行われているのが現状である。I.I.-X 線によるシネセンシトメトリーも、増感紙フィルム系のように早急に方法論を確立する必要にせまられている。われわれの研究が、その基礎となり発展すれば幸いである。

文 献

- 1) 熊代正行, 他: シネアングロにおける画像特性 (光露光による方法). 第37回日本放射線技術学会総会予稿集, 556-557 (1981).
- 2) 兼谷忠彦, 他: 各種シネフィルムの特性とその検討. 第38回日本放射線技術学会総会予稿集, 474-475 (1982).
- 3) 森田立美, 他: 最適シネ画像へのアプローチ (第 4

X線シネフィルムのセンシトメトリー (粟井・若松・東儀・巢組・山本)

- 報) I.I. を用いた特性曲線補正の試み.
第39回日本放射線技術学会総会予稿集, 240-241 (1983).
- 4) 小野芳文, 他: シネフィルムにおける特性曲線の検討.
第40回日本放射線技術学会総会予稿集, 282-283 (1984).
- 5) 日本放射線技術学会総会委員会 X 線センシトメトリー班報告: 増感紙フィルムシステムの X 線センシトメトリーについて.
日放技学誌, **40**(1), 59-78 (1984).
- 6) 中西 篤, 他: アリテクノシネカメラ内の散乱線カブリについて.
第40回日本放射線技術学会総会予稿集, 766-767 (1984).
- 7) 天内 広, 他: 最適シネ画像へのアプローチ (第1報) 管理用コントロールストリップの方向依存性について.
第38回日本放射線技術学会総会予稿集, 352(1982).
- 8) 三和秋雄, 他: Cine Film Control Strip 現像時の方向性について.
第38回日本放射線技術学会総会予稿集, 353(1982).
- 9) 佐藤孝司, 他: 距離による X 線・ γ 線の減弱解析—距離逆 2 乗則の適用範囲.
日放技学誌, **30**(5), 407-411 (1976).
- 10) 藤田広志, 他: 反転 X 線フィルムの相反則不軌特性.
放射線像研究, **9**(1), 42-48 (1979).
- 11) 藤田広志, 他: 希土類増感紙—オルソフィルムシステムの相反則不軌特性.
放射線像研究, **10**(1), 30-37 (1980).
- 12) 粟井一夫, 他: Sensitometer の精度.
日放技学誌, **38**(4), 424-430 (1982).
- 13) 津山泰子, 他: 濃度ステップタブレットを利用した X 線センシトメトリーの試み.
第40回日本放射線技術学会総会予稿集, **113**(1984).
- 14) American National Standard methods for the sensitometry of medical and dental X-ray films. PH2-9 (1974).
- その他の文献**
- 1) 津田元久: イメージンテンシファイアとその関連技術.
日放技学誌, **37**(4), 455-468.
- 2) 青柳泰司, 他: 放射線機器学.
通商産業研究社.