原 著

Sensitometer の精度測定

国立循環器病センター放射線診療部

栗 井 一 夫・福 西 康 修・中 山 一 彦

坂 下 善 治・巢 組 一 男

(論文受理 昭和57年3月1日)

(Code No. 23131)

Key Words: Sensitometry, Sensitometer, Light source, Filter, Exposure modulator

PRECISION MEASUREMENTS OF SENSITOMETER

KAZUO AWAI, YASUNOBU FUKUNISHI, KAZUHIKO NAKAYAMA,
YOSHIHARU SAKASHITA, KAZUO SUGUMI

Department of Radiology, National Cardiovascular Center.

(Article received; Mar., 1, 1981)

Summary

In daily works, sensitometry of autoprocessor must be done before x-ray examination starts. For that purpose, the best way is to use the sensitometer which makes it easy for sensitometry. In that case, however, precision of the sensitometer comes into question.

The factors that cause errors are a source of light, filter, timer, optical wedge, and so on. So we made precision measurements on those items (The possible factors which cause an error in sensitometry.) of two sensitometers, WEJEX RF and FUJI 303 respectively.

As a result, it was proved that a sensitometer is precise enough to work for sensitometry of the autoprocessor.

1. はじめに

自動現像機の濃度管理は多くの手を煩すことなく簡単に行えなければならない。現在、最も簡単に行うことが可能で比較的处理液の状態を把握できる方法としてセンシトメータを利用する方法がある。この方法はセンシトメータにより標準露光されたフィルムストリップを現像処理し経日変化を観察するためセンシトメータの反復精

度が重要な問題となる。著者らはセンシトメータの精度を測定し実際の日常管理にどのような影響をおよぼすか実験を行った。

2. 使用装置

センシトメータ: Wejex RF (Fig. 1), Fuji 303 (Fig. 2)
フォトメータ: UDT 40A opto-meter (Fig. 3)
オシロスコープ: TEKTRONIX 465 oscilloscope

Sensitometer の精度測定 (粟井・福西・中山・坂下・巢組)

Fig. 1. View of sensitometer, Wejex RF.

Fig. 2. View of sensitometer, Fuji 303.

X 線 装 置: KXO-1250

X 線 管: DRX-190D

濃 度 計: PDA-65

感 光 材 料: RX, LT-II

自動 現 像 機: RU-II, RN, M6-AW

3. 方法・結果

3.1 センシトメータの型式比較

Wejex RF と Fuji 303 の比較を Table 1 に示す。

3.2 センシトメータの構造

センシトメータの精度を決定する因子として次のものがあげられる¹⁾。

- 光源
- フィルタ

Fig. 3. View of photometer. (UDT Inc.)

Table 1. Wejex RF/Fuji 303 comparison.

	WEJEX-RF	FUJI-303
光 源	タングステンランプ	エレクトロルミネッセンスランプ
シャッタ	ローテングシャッタ	フォトダイオードを使用したけい光量制御方式
露光スケール	露光差 $\log E = 0.3/11$ 段	露光差 $\log E = 0.15/21$ 段
発光波長の変換	Blue: コーニングガラスフィルタ No. 7-59 Green: コーニングガラスフィルタ No. 4-64	エレクトロルミネッセンスランプの発光波長変換

○シャッタ

○光学楔

3.2.1 光源

Wejex RF はタングステン電球 (Fig. 4) が使用されているのに対し Fuji 303 にはエレクトロルミネッセンスランプ (以下 EL) が使用されている。Fig. 5 に EL の一例を示す。タングステン電球は次の条件が具備されなければならない²⁾。

- 発光量が安定していること。
- フィラメントが支持部などで遮蔽されていないこと。
- 単一平面にフィラメントが存在すること。

Fig. 6 はこれらの条件に合致した形状のフィラメントである³⁾。

Fig. 4. Tungsten lamp for Wejex RF.

Fig. 5. One of EL Plate.

Fig. 6. Acceptable filament configurations for sensitometer.

EL は蛍光物質を誘電体に埋めた層を2枚の電極ではさんでコンデンサとしたもので電極に交流電圧を加えると誘電体損の一部は光のエネルギーとして放出される。蛍光体で発光した光は、これを外部に取り出すため電極の1枚は透明なものが使用される⁴⁾⁵⁾。EL の構造の一例を Fig. 7 に示す⁶⁾。タングステン電球が点もしくは線光

Fig. 7. One of electro luminescence lamp configuration.

Fig. 8. Difference of Relative ratio density and luminance (μ Ws) for variable input voltage by Wejex RF.

源であるのに対し EL は面光源である。

以上の事柄を考慮しながら光源の発光量のバラツキをフォトメータを使用して測定した。またフィルムを使用して濃度のバラツキを測定したところ、Wejex RF は 1.35 ± 0.06 , Fuji303 は 1.53 ± 0.07 であった。次に入力電圧をスライドトランクスを使用して変化させ発光量の変動をフォトメータを使用して測定した。同様にフィルムを使用して濃度の変動も測定した。一般屋内配線では、 100 ± 10 V 程度の電圧変動が見込まれる。電圧変動に対する安定性がなければ毎日の濃度管理を行うには不適當である。その点、Wejex RF は電圧変動に対する安定性は良い。(Fig. 8) Fuji303 は入力電圧に対する発光量の依存性が見られた。(Fig. 9) 90 V と 110 V の間の特性曲線直線部における濃度差は0.14であった。この装置を使用する場合、安定性を良くするためにスライドトランクスなどの電源電圧安定装置を使用すべきである。また Fig. 8, 9 の濃度測定点での濃度の標準偏差を Fig. 10 に示す。Wejex RF は各入力電圧に対して一定である。Fuji 303 はバラツキが認められた。Fig. 8, 9 の入力電圧

Sensitometer の精度測定 (粟井・福西・中山・坂下・巢組)

Fig. 9. Difference of Relative ratio density and luminance (μ Ws) for variable input voltage by Fuji 303.

Fig. 11. Difference of Relative ratio of contrast for variable input voltage by Wejex RF and Fuji 303.

Fig. 10. Standard deviation of density for variable input voltage by Wejex RF and Fuji 303.

における特性曲線の直線部上の2点の濃度差をコントラストとして比較してみたところ Fig. 11 になった。Wejex RF は 85 V 以上, Fuji 303 は 85~120 V では一定であり, 入力電圧が変化しても特性曲線の傾きは大きく変化しない。

3.2.2 タイマ

Wejex RF は円盤状のセクターシャッターが使用されている (Fig. 12)。タングステン電球が2.5秒間発光し, 発

Fig. 12. View of shutter in Wejex RF.

光が不安定な発光直後を除き, 発光が安定している発光停止前1秒間シャッターが開き露光するように調節している。Fuji 303 は EL の発光をフォトダイオードで受光し, 設定量に達すると EL への電流が遮断される機構である。

出力波形をフォトメータとオシロスコープを使用して観察し露光時間の精度を測定した。Wejex RF は 1 ± 0.01 sec で非常に正確である。Fuji 303 はブルー発光が 50 ± 2 msec, グリーン発光が 250 ± 10 msec であった (Fig. 13)。Wejex RF はシャッターの回転速度・タングステン電球の発光強度のどちらが変化しても露光量が変化するが Fuji 303 は露光時間と EL の発光強度のどちらか一方が変化すると他方がそれを補う方向に変化するので一定の露光量が得られる (Fig. 14)。すなわち, Fuji 303

Fig. 13. Oscillogram by Wejex RF and Fuji 303.

Fig. 14. Oscillogram of blue and green by Fuji 303.

Fig. 15. Spectral transmittance curves of Corning 7-59 (blue), and Corning 4-64 (green) of Wejex RF.

Fig. 16. Spectral intensity curves of blue and green of EL plate.

では露光時間の誤差は Wejex RF 程大きな問題ではない。

3.2.3 フィルタ

Fig. 15 に Wejex RF のブルーとグリーンの発光スペクトル分布を, Fig. 16 に EL のブルーとグリーンの発光スペクトル分布の一例を示す。

CaWO_4 の発光スペクトルは連続スペクトルであるからそれに近い発光は再現できるが, 希土類系は線スペクトルであるから, フィルタで再現することは難しい。故にオルソフィルムを可視光にて露光することは必ずしも良い方法とは言えないが自動現像機の濃度管理は毎日の相対的な比較であるから実用上さしつかえない。

3.2.4 光学楔

光学楔はフィルムに適正な階段露光または連続露光を与えるために用いる。光学楔は次の条件を具備しなければならない⁽⁷⁾。

- 経年変化が少ない。
- 波長依存性がない。
- 連続した楔, または階段楔は適度な露光量が得られるように調節してあること。
- 無反射
- 小型・安価

センシトメータを用い自動現像機の濃度管理を行う場合, 特性曲線の足部から肩部まで描出されなければならないため幅広い露光域を持たねばならない。どちらの装置も相対露光量幅 3.0 以上あり適正である。露光面積は大きい方が測定しやすいが装置は小型の方が使用しやすいので光学楔の大きさは限定される。小さくするためには段数を少なくすれば良いがあまり少ないと特性曲線を描く時誤差を生じやすいので 11~21 段が適当である。

3.3 X線強度スケール法との比較

可視光による露光に対し X 線による露光方法がある。その中で最も精度の良い方法が強度スケール法である。同一フィルムに X 線強度スケール法による露光と 2 台のセンシトメータによる露光を行い同じ要領で 3 枚作成し, 同時現像処理を行いそれぞれの特性曲線を比較した。2 台のセンシトメータによる露光は 3 回ともあまりバラツキがなかったのに対し, X 線強度スケール法ではバラツキが認められた (Fig. 17)。これは X 線強度スケール法では, わずかな距離の誤差, X 線発生効率のバラツキ等が大きく影響するからである。

3.4 濃度管理の実際

胸部専用自動現像機の濃度管理を 2 台のセンシトメータと X 線強度スケール法を用いて感度の変化を経日的に

Sensitometer の精度測定 (粟井・福西・中山・坂下・巢組)

Fig. 17. Difference of sensitometric curves by variable method of exposure.

Fig. 18. Comparison of Relative ratio speed and density by X-ray, Wejex RF and Fuji 303.

測定し、実際にその自現機で処理した胸部写真の中から毎日50枚選び出し、第5肋骨と第5肋間腔の濃度を測定し、センシトメーターによる感度変化と比較した。その結果、2台のセンシトメーターの感度変化と胸部写真の濃度変化はほぼ一致したが、感度変化は胸部写真の濃度変化に比較して全体に少なかった。これは現像能力の変動よりも胸部写真の撮影系におけるフォトタイマのバラツキ等の因子が加わるためである。X線強度スケール法は胸部写真の濃度変化と一致しない日が幾日かあった (Fig. 18)。これはフィルムストリップを作成する段階でX線発生効率、距離の合わせ方などの多くの誤差要因が含まれるからである。

4. 考 察

可視光によりフィルムストリップを作成する場合、一番大きい誤差要因は発光量の変動による露光量の変化である。Wejex RFの発光強度は一定であり露光時間もほぼ一定である。Fuji 303は発光強度の変動を露光時間で調整し一定の露光量を与えるしくみになっている。露光時間の変化は相反則不軌の問題が生じるが、このようなわずかな変化では大きい影響を与えるとは考えられない。どちらのセンシトメーターも入力電圧の変動により、わずかであるが発光量が増加する傾向にあるので安定した発光量を得るためにスライドトランスなどの電源電圧安定装置を使用すべきである。この場合、あまり精度の良い高価な安定装置を使用することは自動現像機の濃度管理上加わる多数の誤差要因を考慮するとあまり意味はない。それよりも使用するフィルムの保存法、乳剤のLot No.のチェック、フィルムストリップを高露光側から処理するか、低露光側から処理するかの問題⁸⁾、などの要因に対し十分な考慮を加えなければならない。またフィルタを透過した発光スペクトルが必ずしも使用フィルムの分光感度と一致しない欠点もあるがいつも一定の露光が得られることの方がより重要であるから、自動現像機濃度管理を行う場合にはX線強度スケール法よりも安定性の良いセンシトメーターを利用する方法を選択すべきである。

5. 結 論

以上2台のセンシトメーターは自動現像機の濃度管理を行うには十分な精度を持っている。自動現像機の濃度管理はその日の処理液の状態を把握すると共に、不純物の混入、機械の故障などによる致命的なトラブルを未然に防ぐためには作業開始前に実施しなければならない。また露光後、時間の経っていないフィルムストリップを使用しなくてはならない⁹⁾。そのためには装置の取扱いが簡単で短時間で行うことができ、比較的処理液の状態を把握しやすいセンシトメーターを利用する方法を実施すべきである。

稿を終えるに当たり、御助言を頂いた大阪大学医療技術短期大学部山下一也助教授、大阪大学微生物研究所附属病院寺田央技師長に深謝致します。実験機器、フィルムをお貸し頂いた富士Xレイ、東洋レントゲン、小西メディカル、桂川電機植原四郎氏に感謝致します。

文 献

1)~3), 7) Woodlief Thomas: SPSE hand book of

photographic science and engineering.

- 4) 電験ハンドブック：電気書院.
- 5) 電気学会：電気工学ハンドブック.
- 6) 産業調査会：電気設備事典.
- 8) 稲津 博：フィルム等方性の自現機による乱れ，日放技学誌，28(2)，202-206，(1972).
- 9) A. K. Poznanski, M. D., et al.: Practical Problems in processing control, Radiology, 90, 135-138, January (1968).

その他参考文献

- 1) E. D. Trout, et al.: A System for periodic testing

of film processing, Radiologic Technology, 43(1), 15-19, July (1971).

- 2) American National Standard methods for the sensitometry of medical and dental X-ray films, PH 2-9 1974. Published by American National Standards Institute. inc.
- 3) A. G. Haus et al.: X-ray sensitometer for screen-film combinations used in medical radiology, Radiology, 94, 673-678, March (1970).
- 4) 菊地真一，他：「科学写真便覧 中巻」，丸善.
- 5) 友田宣忠：「写真科学」，日本放射線技術学会編 診療放射線技術学大系 専門技術学系，6.