原 著

シネ撮影装置における自動露出機構の管理計器の開発

工藤正喜¹⁾・牛鼻健二¹⁾・中村 貴¹⁾
稲津 博¹⁾・杠 博文²⁾

1)宮崎医科大学医学部附属病院中央放射線部

2)東芝メディカル九州サービス宮崎営業所

論文受理

1995年8月8日

最終論文受理

1996年1月19日

Code No.730

1. 緒言

X線装置の出力を調整したり継続的に管理するには、多くの時間と手間がかかり長期間の追跡調査が必要である¹⁾。とくに、シネ撮影装置については長時間にわたり苛酷な条件で使用するためI.I.の輝度低下など装置の劣化が著しい^{2~8)}。このような装置の劣化を放置しておけば、管理の不備が被曝や画質などにおよぼす影響も無視できなくなる⁹⁾。たとえば、撮影条件の上昇は患者および術者の被曝を増大させる。また、撮影管電圧の上昇は写真コントラストを低下させる。日常の装置の管理はこれらの問題点を未然に防ぐために必要不可欠である^{10~14)}。

シネ撮影系において、写真濃度を一定に保つための自動露出機構の管理および調整は、従来シネフィルムを用いてファントームを撮影することによって行ってきた。現在、このフィルム法はシネABC(Auto Brightness Control)を調整する唯一の方法である。しかし、この方法は一回の管理および調整に複数回の撮影と現像操作が必要であり煩雑である。そこで、管理および調整を簡単に行なう目的で、シネカメラへの相対入力光強度を測定し、自動的にシネオートアイリスを調整できる管理計器を開発した^{15~20)}。この計器を用いることによって、撮影および現像操作を行なうことなくシネ自動露出機構の管理および調整ができる。

Development of Management Instrument of Automatic Exposure Control in Cineradiographic System

MASAKI KUDO¹⁾・KENJI USHIBANA¹⁾・TAKASHI NAKAMURA¹⁾・HIROSHI INATSU¹⁾・HIROFUMI YUZURIHA²⁾

1)Department of Radiology, Miyazaki Medical College Hospital

2)Miyazaki Office, Toshiba Medical Kyusyu Service

Summary

An instrument for management and adjustment of automatic exposure control unit in cineradiography was developed. In this instrument, test radiography with film is not needed since the quantity of relative input light intensity to cine camera is measured with photodiode directly. The instrument is provided with the following properties: 1)The relationship between the iris diameter and the quantity of relative input light intensity measured by the instrument is linear from three to ten and becomes saturated at thirteen. 2)The quantity of relative input light intensity and the photographic density change when density setting value point changes. 3)The quantity of relative input light intensity was approximately fixed, and had no relationship to x-ray tube voltage, tube current and exposure pulse time, provided x-ray intensity which is incident on the image intensifier was fixed. 4)The quantity of relative input light intensity doesn't change even if the image intensifier size is changed. 5)The quantity of relative input light intensity increases when frame number is increased. The possible cause is in the integrating circuit of the instrument. However, this does not limit the use if the frame number is fixed during measurements. Accordingly, management and adjustment of automatic exposure control unit are completed more simply by using this instrument.

Key words: Cineradiographic system, Cine camera, Cine auto iris, Automatic exposure control

2. 管理計器の機能

2-1 動作回路

管理計器の検出器にはホトダイオード²¹⁾を使用した。検出器の内部構造および表示部の外観をFig. 1 およびFig. 2 に示し、管理計器全体の回路図をFig. 3 に示す。また、主な仕様をTable 1 に示す。

回路は切り替えスイッチを操作することによって3種類の信号を表示できる。第1の回路はシネカメラへの入力光を検出器で電気信号に変換し、増幅回路および積分回路を通過した1フレームあたりの入力光強度

に相当する電圧をデジタル表示する(検出回路)。第2の回路は管理計器に内蔵したアイリス電圧設定可変抵抗器で設定したアイリス制御電圧を表示する(アイリス設定回路)。

第3の回路はアイリス制御機構を使用するときで自動と手動がある。自動では、X線装置側のシネオートアイリス機構内の絞り羽根の位置を示すポテンションメーターの電圧(アイリス電圧)を表示する(アイリス駆動回路)。手動に切り替えると、計器内蔵のアイリス電圧設定可変抵抗器で設定した電圧に応じて、X線

Fig. 1 Photograph of the internal structure of the detector

Fig. 2 Photograph of appearance of the main body in the management instrument

Fig. 3 Principle diagram measuring circuit of the management instrument : The instrument is provided with detection circuit, iris setting circuit and iris drive circuit.

Table 1 Main specifications of the management instrument

Measurement item	
1. Cine camera input light	Measurement of relative input light intensity
2. Cine auto iris control	Auto, Manual
Measurement part	
1. Extent of cine camera speed	30F/sec~90F/sec
2. Extent of measurement	Relative input light intensity 3.00~10.00 (V)
3. Indicator (Digital)	4 Figures (Down to two decimal places)
Detection part	
1. Detection element	Photodiode
2. Install mount	Arritechno R35
3. Change of film sensitivity	When CFJ is 100 50~200

装置側のシネオートアイリスの絞り羽根が作動し、このときのアイリス電圧を表示する。

2-2 使用方法

管理計器を使用してシネオートアイリス機構を調整および管理するときは、シネカメラのマガジンを着着する部分に管理計器の検出器を取り付けて、つぎのような手順で行う (Fig. 4)。

(1)シネフィルムを使用して厚さ20cmの亚克力板を撮影する。このとき、写真濃度が0.8~0.9になるようにホトマル電圧とシネオートアイリスを調整する(シネABC調整)。このようにフィルムを使用した調整は装置設置時に1回行えばよく、日常の管理ではこの操作は必要としない。

(2)管理計器を装着して(1)と同じ条件でX線を照射し、検出回路を用いて入力光の強度に相当する電圧を測定する。

(3)アイリス設定回路を用いて(2)で測定した電圧(-値)と同じ電圧(+値)をアイリス電圧設定可変抵抗器を用いて設定する。したがって、この値は比較回路の基準電圧で、日常の調整および管理にはこの値を使用する。

(4)定期点検およびI.I.などの輝度低下により撮影条件が上昇したときにアイリス駆動回路を用いてシネオートアイリスの調整を行う。このとき、X線装置側のアイリス制御回路は使用せず、管理計器に内蔵したアイリス制御回路でX線装置側のシネオートアイリス機構を制御する。検出回路で測定された値は厚さ20cmの亚克力板を撮影したとき、写真濃度が0.8~0.9になるような入力光強度であり、この値とアイリス設定回路で設定した基準電圧は比較回路で比較される。ここで電位差を生じたとき、管理計器のアイリス制御回路およびX線装置のシネオートアイリス回路で絞り羽根を動かし、比較回路の電位差が0Vになるまで調整する。

(5)このとき、管理計器に表示されたアイリス電圧をX線装置側のアイリス制御回路に入力することによって、管理計器を利用したシネオートアイリスの調整が簡単にできる。

もし、I.I.の輝度などの経年変化で撮影条件が変化

していたときには、撮影条件を(1)で決定した基準条件に戻して(2)以下の操作を繰り返せばよい。ただし、比較回路の基準電圧は変化させない。また、アイリス制御は手動で行うこともできる。このときは比較回路は動作しない。

3. 性能試験および結果

3-1 アイリス電圧とシネアイリス径の関係

使用したX線装置は循環器専用血管撮影装置(東芝 KXO-2050, ANGIOREX C/Ωシステム)である。I.I.はスーパーメタルタイプの可変視野管で最大寸法は9インチである。

管理計器は前述のようにアイリス電圧を表示している。したがって、アイリス電圧だけではアイリス径が不明である。そこで、アイリス羽根の駆動範囲を実験

Fig. 4 Photograph of the detector attached to output side of the cine camera.

的に調べた。実験はX線装置側のシネアイリス制御回路を用いてシネアイリスの直径の変化に対してアイリス電圧の変化を測定した。結果をFig. 5 に示す。両者は比例関係にある。

3-2 シネアイリス径と相対入力光強度の関係

管理計器の動作性を確認するため、厚さ15cmの亚克力板を用いてシネアイリスの直径とシネカメラの相対入力光強度の関係を検出回路とシネオートアイリスを手動で制御したアイリス駆動回路で測定した。測定結果をFig. 6 に示す。

相対入力光強度はアイリス径が17~29mm(相対入力光強度3~10)の範囲ではほぼ直線的に増加するが、相対入力光強度が13(アイリス径35mm)程度で飽和する。しかし、アイリス径の最大開放は36mmであるの

で、実用範囲では両者はほぼ直線関係を保つ。

3-3 黒化度設定値と相対入力光強度および写真濃度の関係

管理計器の精度を確認するため、シネABCの黒化度設定器の濃度目盛りの-4から+4までの9段階の変化に対するシネカメラの相対入力光強度および写真濃度の関係を調べた。相対入力光強度はアイリス制御機構を使用しない検出回路で測定した。結果をFig. 7 とFig. 8 に示す。図に示すように黒化度設定値に対して両者とも濃度目盛りの範囲で正常に動作する。

3-4 シネ撮影のフレーム数と相対入力光強度の関係

シネ撮影およびシネアイリスを自動(X線装置側のアイリス表示S, M, L)にしたときの、フレーム数と相対入力光強度の関係を検出回路で測定した。被写

Fig. 5 Effect on iris voltage due to change of iris diameter.

Fig. 6 Effect on relative input light intensity due to change of iris diameter.

Fig. 7 Effect on relative input light intensity due to change of density setting value.

Fig. 8 Effect on photographic density due to change of density setting value.

Table 2 Relative input light intensity and photographic density due to difference in frame number when cineradiography and cine iris are auto.

F/sec	Relative input light intensity	Photographic density	Iris indication	kV	mA	msec
30	-3.83	0.89	M	72	485	4.0
60	-4.28	0.84	L	70	533	2.0
90	-4.84	0.81	L	72	435	2.0

Table 4 Relationship of relative input light intensity to change of x-ray tube voltage and tube current when cine iris is locked and cineradiography is auto.

Subject (20mmAl) +	kV	mA	msec	Iris indication	Relative input light intensity
0.5mmCu	58	580	4.0	S	-7.32
1.0mmCu	64	510	4.0	S	-7.41
1.5mmCu	72	440	4.0	S	-7.35
2.0mmCu	83	390	4.0	S	-7.31
2.5mmCu	88	370	4.0	S	-7.34
3.0mmCu	92	360	4.0	S	-7.29
3.5mmCu	98	320	4.0	S	-7.31

体として厚さ20cmの亚克力板を使用した。結果をTable 2に示す。1秒間あたりのフレーム数が変わっても写真濃度は変わらない。しかし、管理計器で測定した相対入力光強度はフレーム数の増加とともにわずかに増加する。

3-5 I.I.入力蛍光面寸法と相対入力光強度の関係

被写体に厚さ20cmの亚克力板を使用し、フレーム数を30F/secに固定したときのI.I.入力蛍光面寸法(9", 7", 4.5")の違いによる相対入力光強度の変化を検出回路で測定した。結果をTable 3に示す。I.I.入力蛍光面寸法の大小による写真濃度の変化および相対入力光強度の変動は認められない。

3-6 管電圧および管電流の変化と相対入力光強度の関係

シネ撮影を自動にして、フレーム数60F/secでシネアイリス径をSに固定したときの管電圧および管電流の変化に対する相対入力光強度を検出回路で測定した。被写体にアルミ板と銅板の組み合わせを用いて、厚さに応じて撮影条件が変化するようにした。結果をTable 4に示す。I.I.への入射X線強度が一定であれば管電圧および管電流が変化しても相対入力光強度は変わらない。したがって、相対入力光強度は管電圧管電流に依存しない。

3-7 撮影時間の違いと相対入力光強度の関係

シネ撮影およびシネアイリスを自動にして、フレーム数60F/secで撮影時間が2.0msecと4.0msecのときの

Table 3 Relative input light intensity and photographic density due to difference in image intensifier when cineradiography and cine iris are auto.

I.I.	Relative input light intensity	Photographic density	Iris indication	kV	mA	msec
9"	-3.83	0.89	M	72	485	4.0
7"	-3.79	0.90	L	69	540	4.0
4.5"	-3.79	0.88	L	81	477	4.0

Table 5 Relationship between relative input light intensity and different exposure pulse time when cineradiography and cine iris are auto.

Subject	kV	mA	msec	Iris indication	Relative input light intensity
20mmAl	73	480	2.0	M	-7.49
+ 1.5mmCu	68	440	4.0	M	-7.43

相対入力光強度を検出回路で測定した。結果をTable 5に示す。撮影時間が違っても相対入力光強度は変わらない。したがって、相対入力光強度は撮影時間に依存しない。

4. 考察

シネX線撮影装置用管理計器の動作特性を把握するため、いくつかの基礎実験を行った。X線装置側のアイリス電圧とアイリス径の関係はほぼ直線的である(Fig. 5)。したがって、管理計器の使用に関する制限は存在しない。

通常使用するアイリス径の範囲で相対入力光強度は飽和しない(Fig. 6)。したがって、使用上の制限は存在しない。また、シネABCの黒化度設定値を上げると、相対入力光強度および写真濃度が上昇するので、管理計器は黒化度設定器に正しく追従する。

フレーム数を変化させても写真濃度の変動は誤差範囲である。しかし、管理計器で測定した相対入力光強度はフレーム数を増やすと増加する。シネ撮影を自動にしたとき30, 60, 90F/sec毎に基準濃度が0.8~0.9になるようにシネABCを調整するので、写真濃度および相対入力光強度の増減はないはずである。相対入力光強度が増加する原因は、管理計器の積分回路にあると考えられる。しかし、実際の管理および調整はフレーム数を固定して行なうので使用上の制限は存在しない。

検出回路を使用して、黒化度設定値と相対入力光強度および写真濃度の関係、撮影フレーム数、管電圧および管電流の変化、撮影時間の違いおよびI.I.入力蛍光面寸法と相対入力光強度の関係を測定できる。したがって、開発した管理計器はI.I.および自動露出機構を含めたシネX線撮影装置全般の性能の維持および管理に有効である。

また、検出回路およびアイリス設定回路とアイリス駆動回路を利用したフレーム数の違いによる相対入力光強度と写真濃度の変化(Table 2), およびI.I.入力蛍光面寸法の違いによる相対入力光強度と写真濃度の変化(Table 3)から、管理計器で測定される相対入力光強度は4前後である。Fig. 6からこの値はシネアイリス径と相対入力光強度の関係の直線領域に存在する。また、Fig. 7の黒化度設定器と相対入力光強度の関係から、相対入力光強度の4は黒化度設定器のDENSITY目盛りが ± 0 付近であるから、使用できる範囲に十分入っている。性能試験から開発した管理計器がシネフィルムに代わるシネ撮影系の調整および管理手段として十分使用できることを実証できた。

5. 結語

シネX線撮影装置の自動露出機構の調整および管理を目的に開発した計器の基礎的な動作特性を調べた。試験結果から、この管理計器はシネ自動露出機構の調

整を行うとき、シネフィルム法に代えて使用できることが確認できた。撮影フレーム数の増大にともなう相対入力光強度の増加は、フレーム数毎の比較を行う計器ではないので実用上の問題はない。しかし、今後この管理計器を改良するときは積分回路の再検討が必要である。また、検出器に使用したホトダイオードの特性から検出効率の経年変化はわずかであると考えられる。したがって、長期間にわたる機器の管理に使用できる。

このように、われわれが開発した管理計器はI.I.の交換および定期的に行うシネABCの調整などに利用できる。また、シネABC回路を作動させた状態でシネカメラへの相対入力光強度を定期的に測定することによって、シネX線撮影装置全体の性能を効率的に管理することができる。

謝辞

本研究にあたり貴重なご意見とご協力をいただいた宮崎医科大学附属病院中央放射線部の技師諸兄、および本装置の開発に尽力下さった東芝メディカル九州サービス宮崎営業所の方々に心から感謝の意を表す。また、欧文を校正頂いた宮崎医科大学放射線医学講座OSBERT N. ADJEI氏に深く感謝する。なお、本論文の要旨は第51回日本放射線技術学会総会学術大会および第9回全国シネ撮影技術研究会において発表した。

参考文献

- 1) 森山有相：九大マニュアルを中心として—管理についての考え方。INNERVISION. 1(1), 54-55. (1986).
- 2) 久保 宏, 西野親慧, 村木 威, 他：I.I.相対Gxの簡易測定法。日放技学誌. 45(8), 1226. (1989).
- 3) 三和秋雄：I.I.の輝度測定について。全国シネ撮影技術研究会誌. No.1, 16-27. (1989).
- 4) 水谷 宏, 早瀬恒夫, 名田知恵一, 他：シネ用I.I.の簡易的輝度測定法とその問題点。日放技学誌. 46(8), 1370. (1990).
- 5) 栗井一夫, 大竹野浩史, 東儀英明, 他：光電子増倍管によるI.I.の相対輝度測定法。日放技学誌. 47(8), 1352. (1991).
- 6) 小田敍弘, 川下幸隆, 村上誠一, 他：蛍光量計を用いたI.I.輝度測定法。日放技学誌. 47(11), 1925-1929. (1991).
- 7) 梅津芳幸, 新開英秀, 三和秋雄, 他：I.I.の輝度測定について(3年間のまとめ)。全国シネ撮影技術研究会誌. No.4, 104-113. (1992).
- 8) 新開英秀, 梅津芳幸, 小川和久：I.I. Gx測定時の輝度・線量率同時測定法の検討。全国シネ撮影技術研究会誌. No.6, 101-103. (1994).
- 9) 三和秋雄：シネ・イメージ・クオリティー低下の原因について。全国シネ撮影技術研究会誌. No.5, 28-38. (1993).
- 10) 渡邊和洋, 柳川範幸, 保田忠宏, 他：シネ撮影装置におけるI.I.入出力特性の管理について。日放技学誌. 45(8), 1003. (1989).
- 11) 鈴木泰夫, 田中正弘：心カテ装置の具備条件と管理方法。全国シネ撮影技術研究会誌. No.5, 45-50. (1993).
- 12) 菊池 暁, 村山茂康, 天内 廣：心血管撮影室の機器管理。全国シネ撮影技術研究会誌. No.5, 51-55. (1993).
- 13) 入出力特性研究班：簡単にできるシネ撮影システムの出力管理方法。シネ撮影研究. No.11, 3-9. (1994).
- 14) 村山茂康：シネ画像の濃度管理。シネ撮影研究. NO.12, 3-10. (1995).
- 15) 天内 廣, 井手敏典, 大島光一, 他：シネ撮影系における入出力特性の測定法の研究。日放技学誌. 34(12), 31-72. (1987).
- 16) 渡邊和洋, 柳川範幸, 保田忠宏, 他：シネ撮影装置におけるI.I.入出力特性。日放技学誌. 46(8), 1371. (1990).
- 17) 景山貴洋, 柚澤 優, 佐藤次男, 他：有効露光量変換法によるI.I.光学系の出力光量の測定精度。日放技学誌. 46(8), 1372. (1990).
- 18) 松本 享, 長谷川光男, 影山貴洋, 他：シネ撮影システムの簡易的入出力測定法。日放技学誌. 47(8), 1351. (1991).
- 19) 景山貴洋, 村山茂康, 西田直也, 他：シネ撮影システムの簡易入出力測定法。全国シネ撮影技術研究会誌. No.5, 61-64. (1993).
- 20) 大江光男, 西尾功作, 栗原哲郎, 他：シネオートアイリスによる画質向上について。第37回日放技学会総会予稿集. 232. (1981).
- 21) 菅田栄治, 大石嘉雄, 近藤文治, 他：光電物性。基礎工学ハンドブック. 538-549. (1974).