ノ ー ト

写真濃度変化を用いた撮影条件の補正

大阪市立大学医学部附属病院 中央放射線部

奥 田 哲 雄・畑 川 政 勝

(論文受理 1982年11月7日)

(最終論文受理 1982年12月17日)

(Code No. 21131, 21132)

Key Words: Exposure factor, X-ray output changeCORRECTION OF EXPOSURE FACTOR BY USE
OF PHOTOGRAPHIC DENSITY CHANGE

TETSUO OKUDA, MASAKATSU HATAGAWA

Department of Radiology, Osaka City University Hospital

(Article received; Nov., 7, 1982)

Summary

In is troublesome to calculate the exposure factor for each equipment, in case when lots of X-ray equipment are used. We made a test piece, and obtained the difference of the X-ray output of each equipment from the deinsity of the test piece image.

Using this output difference, the exposure factor of one piece of equipment can be calculated from the data obtained in the test equipment. Furthermore, if the X-ray output changes, the exposure factor can be easily corrected using this method. As a result of the dispersion analysis, this method was found to be satisfactorily reliable in general use.

1. はじめに

X線撮影時、適正な撮影条件の設定は、ポジショニングと共に大きなファクターである。撮影条件の設定法は従来より、綱川氏法、内田氏法、など、多く報告されている¹⁾²⁾。

X線装置は個々の出力が異なることや、同じ装置でも経時変化があったり、自現機の状態が変動することから、写真濃度に変化を生じる。したがって、前記のような条件設定法で求めた撮影条件は、装置ごとに、または装置の出力に変化が生じるたびに基礎実験を含めて作成し直

さなければならない。これは、撮影部位が多い場合、かなりの仕事量となり実務的でない。

この対策としては、X線装置の出力を全装置にわたってそろえ、かつ経時変化をおさえること、および自現機を常に一定の状態に保てばよい。しかし、これらは非常に繁雑であり、特に、線質、線量とも同じにすることは、事実上不可能に近い。

ここで、これらの繁雑さを減らす実用的な方法として、一度作成した撮影条件を容易に他の装置に適応する方法を考えた。すなわち、各X線装置の写真濃度におよぼす出力の差を求めれば、一台の装置に対して作成した撮影

写真濃度変化を用いた撮影条件の補正 (奥田・畑川)

条件を補正することで他の装置に適用できる。これは、一台の装置の出力が変化した場合も、自現機の状態が変化した場合も同様に考えられる。

この論文では、一定のテストピースを撮影して得たX線写真の濃度から、自現機を含んだ撮影システムの濃度におよぼす出力の差を求め、この値を用いて一台の装置に対して作成した撮影条件を他の装置に適応させるような補正法を述べる。

2. 実験および結果

2.1 テストピース

使用するテストピースは、補正の精度を上げるため、単純撮影の代表的条件として、膝に近い条件である 50 kV, 10 mAS, および、頭に近い条件である 70 kV, 60 mAS で、濃度約 1.0 が得られるような 2 種類を製作した。それぞれ、低圧型、高圧型と呼ぶ。小型化するために低圧型は、0.6 mmCu, 高圧型は 3 mmFe と 6:1 のグリッドを組み合わせた。両者は、厚さ 10 mm アクリル板の上に固定し、直径 55 mm の穴をあけた鉛板でマスクした。大きさは、200 mm×150 mm, 厚さ 15 mm, 重さ 750 グラムである。構造を Fig. 1 に示す。また Fig. 2 はその写真である。

2.2 補正法

テストピースを、異った装置で撮影した場合、同一条件にかかわらず写真に濃度差を生じる場合がある。これは X 線装置の出力に差があるためである。この濃度差の補正は、どちらかの装置の管電流、管電圧、撮影時間の

Fig. 1. Schematic arrangement of the test piece.

Fig. 2. Photography of the test piece.

いずれかを変化させて行なうことができる。ここで管電流と撮影時間は、タイマ式の装置では、離散的な値をとっているため、連続的な補正ができない。また機種によっては、設定できる時間値が異なっている。このために連続的な値をとる管電圧の方が補正しやすい。管電圧を変化させた場合、線質の変化が問題となる。しかし、連

Fig. 3. Relation ship of film density to three pieces of equipment and tube voltage.

Fig. 4. Comparison of the density curves between equipment A and B.

続X線であるので、写真におよぼす影響は、少ないと考えられる。以上により管電圧を、変化させて装置間差を補正する方法を用いる。

2.3 X線管電圧による装置間差の補正

单相全波整流 500 mA のX線装置3台で、mASを一定に保ち、管電圧を変化させて高圧型テストピースを撮影して得た管電圧対濃度の関係を Fig. 3 に示す。使用した増感紙はD社 Hi-plus である。図に示すように、X

線装置A, B, C について同一条件で撮影しても濃度は、それぞれ異なる。しかし、A, B, C それぞれの管電圧対濃度曲線の傾斜をみるとほぼ平行であるので、各装置の管電圧対濃度のグラフはほぼ平行とみなすことができる。

次にこの曲線が平行である2台の装置で補正の理論を検討する。Fig. 4 において、基準とする装置Aを用い、管電圧Vでテストピースを撮影すると D_A の濃度を得る。同様にBのX線装置では、 D_B の濃度となる。ここ

Fig. 5. Relationship of film density when gamma changes, to tube voltage.
a; Case of high gamma.
b; Case of low gamma.

Fig. 6. Relationship of film density to tube voltage of the test equipment.

写真濃度変化を用いた撮影条件の補正 (奥田・畑川)

でAの装置で D_B の濃度となる管電圧はグラフから、 $V + 4V$ である。したがって、両装置間には $4V$ の管電圧差があり、Bの装置で D_A の濃度を得るためには V より $4V$ 電圧を下げて撮影すればよい。すなわち、基準となる装置Aで、管電圧対濃度の関係を求めておけば、任意の装置Bとの差 $4V$ は、装置Bでテストピースを管電圧 V で1枚撮影するだけで得ることができる。これから、基準となる装置Aでの撮影条件を $4V$ だけ補正すると、任意の装置Bの撮影条件となる。次に自現機の現像条件の変動によって感度が変化した場合 r の変化がなければ上記の方法を適用して補正できる。 r が変化した場合には、Fig. 5 に示すように、 r が高い時には過補正となり、また低い時には、補正不足となる。しかし、いずれの場合の変化に対しても、補正前の値よりも、真の補正値の方向に近づくことや、通常の運転状態では r の変化は少ないことから³⁾、この点についての実用上の問題は、ほとんど無いものと考えている。

2.4 管電圧間の補正係数

装置間差は、管電圧によって異なる、前記の補正係数は、ある管電圧についてのみで使用電圧全般にわたって連続的な補正係数を必要とする。

今回、実験電圧を、50 kV, 65 kV, および、80 kV の3種類とした。基準装置で得た、実験電圧附近における管電圧対濃度の関係を Fig. 6 に示す。なお、この装置の出力が変化した場合、このグラフの特性を示す装置が基準

となり、基準装置は仮想のものとなる。

実験電圧間の補正係数は、50 kV 以下では、50 kV で得られた補正係数、50~65 kV および 65~80 kV の間では、それぞれ 50 kV, 65 kV, 80 kV で得られた補正係数を直線補間し、80 kV 以上では、80 kV で得られた補正係数とした。単相全波装置3台で得られた補正係数を Fig. 7 に示す。これより得られた補正係数で頭の写真を撮影した結果を Fig. 8 に示す。補正係数は Table 1 に示す。いずれもほぼ等しい濃度が得られた。

次に、X線装置は、1曝射ごとに出力のばらつきがある。従って実験点ごとにそれぞれ1回の撮影のみでは信頼性が低い。そこで実験点1点につき1枚のフィルム上

Fig. 7. Relationship of correction factors to three pieces of equipment and tube voltage.

a; Equipment A at 70 kV
200 mA 0.2 sec.

b; Equipment B at 70 kV
200 mA 0.2 sec.

c; Equipment C at 78 kV
200 mA 0.2 sec.

Fig. 8. X-ray photographs of the skull phantom. Each photography was taken by a different equipment.

で4分割し、4回撮影した平均をとることにした。これについての信頼性を以下で検討する。

2.5 テストピース撮影の濃度のばらつきの検討

2台のX線装置を用いて写真濃度の変化をある一定期間中調べた。テストピース撮影条件は、200 mA, 50 kV, 8/120 sec と、200 mA, 70 kV, 0.3 sec の2種類である。これらはそれぞれにつき4回撮影し、その写真の濃度の値に対して分散分析を行なった。

Table 2 と Table 3 は、あるX線装置で、3カ月で任意に5日の経日変化の分散分析表である。Table 2 が50 kV, Table 3 が70 kV での撮影である。表より不偏分散の比, F_0 の値は、自由度 ϕ 4 と15の有意水準1%のF分布表の値より大である。すなわち、有意水準1%で、 A_1 から A_5 までの5水準間に有意差があるのわかる。

Fig. 9 のグラフは、50 kV, 8/120 sec における信頼係数95%で $\mu + \alpha_i$ の信頼区間である。Fig. 10 のグラフは、70 kV, 0.3 sec での、信頼係数95%, $\mu + \alpha_i$ の信頼

区間である。 α_i は A_i に個有の定数、すなわち母数で μ は、構造模型を考えるための、 A_i に無関係な定数である。また異なるX線装置の差においても、同様に有意水準1%で、有意差が認められた。

以上の結果より、テストピースを、同一条件で4回づつ、1枚のフィルム上で撮影する方法は、X線装置の経日変化、または、異なったX線装置間差を認めるのに有効であり、これで求められた値は信頼性があると考えられる⁴⁾⁵⁾。

Fig. 9. Confidence interval of $\mu + \alpha_i$ at 50 kVp.

Fig. 10. Confidence interval of $\mu + \alpha_i$ at 70 kVp.

Table 1. Correction factors of three pieces of equipment at 70 kV

Equipment	A	B	C
Correction factor	-1.0	-0.6	7.0

Table 2. Analysis of variance Table. Data were obtained 5 times in a different day for 3 months.

50 kV 8/120 sec						
Factor	SS	ϕ	V	F_0	5%	1%
A	$S_A = 332.8$	4	83.2	6.06	3.06	4.89
e	$S_e = 205.75$	15	13.72			
Total	$S = 538.55$	19				

Table 3.

70 kV 0.3 sec						
Factor	SS	ϕ	V	F_0	5%	1%
A	$S_A = 2,276.8$	4	569.2	80.74	3.06	4.89
e	$S_e = 105.75$	15	7.05			
Total	$S = 2,382.55$	19				

SS: Square sum e: Error
 S_A : Between sum of squares ϕ : Degree of freedom
 S_e : Error sum of squares V: Mean square
 S: Total square sum F_0 : Specific variance
 A: Factor

写真濃度変化を用いた撮影条件の補正 (奥田・畑川)

3. 考 察

X線写真濃度は画質を決定する大きな因子の1つであり、特に肉眼による読影に関しては影響力が大きい。X線装置と自現機を1つのシステムとして考え、両者の組み合わせによる濃度の変動を補正する方法は、簡単であるのみならず、上記の観点からも実用上有利であると考える。

この方法の精度は実験する管電圧の種類を多くし、各電圧における実験点数を増すことで向上させられる。しかし、臨床の場において、日常的な業務はできるだけ簡便な方法が望ましい。今回は管電圧3点それぞれにつき4回、計12回の撮影で補正係数を求めた。これは、使用管電流ごとに行なわれなければならないため、数種類の管電流を用いる場合、各12回ずつ実験点数は増える。われわれの施設では管電流3種類で実験点は36点であり、精度も充分であることから、これ以上の実験電圧の増加はさげた。

この方法の最大の利点は、一度設定した撮影条件が、同程度の性能を有する装置でさえあれば、任意のX線装置に対し容易に適応できることにある。これは施設が異っても同じことである。

従って、各施設がそれぞれ各撮影部位に関し適正条件を求めなくても、テストピースがあれば、他の施設の条件を応用することができる。すなわち、現在、ばらばらに行なわれている各部位に関する撮影条件を統一し、中央に保管することで、各施設共、撮影部位に応じた適正

条件で、撮影することが可能である。これは、撮影条件の規格化、X線写真の品質管理の上からも有効であると考える。

4. 結 論

テストピースを撮影することにより、X線装置や自現機の変動、またはX線装置間差による撮影条件の変化を補正する方法を確立した。

X線装置の曝射ごとの変動に対し、4回撮影することで、十分な精度で装置の経日変化および装置間差を検出できた。

この方法を用いることで、簡単に撮影条件を補正でき、また、撮影の規格化も行なうことができる。

稿を終了にあたり、実験に御協力いただいた当院技師室の皆様へ感謝します。

文 献

- 1) 綱川高美:
日放技学誌, 15(8), (1959).
- 2) 内田 勝, 他: 画像工学. 通商産業研究社.
- 3) 中西省三: 現像液管理の自動化. 日放技学誌, 27(1), 23~29, (1971).
- 4) 鷲尾泰俊: 実験計画法入門. 日本規格協会.
- 5) 日比野省三, 他: やさしいコンピューター統計概論. 福村出版.
- 6) 提 直葉: 診断用装置等の濃度管理. 日放技学誌, 31(6), 571~574, (1975).