資料

マルチフォーマットカメラの調整法 (コントラスト, 輝度, 露光時間に関して)

大阪府立病院放射線診断科

安部 勝人・松田 猛・三原 一博

(論文受理 1985年 5月17日)

(最終論文受理 1985年11月15日)

(Code No. 493. 3)

Key words: Multi-format camera (MFC), Multi-image camera, Hard copy image, Computed tomography (CT)

ADJUSTING METHOD OF A MULTI-FORMAT CAMERA FOR GOOD HARD COPY IMAGES

KATSUHITO ABE, KAZUHIRO MIHARA and TAKESHI MATSUDA

Department of Diagnostic Radiology, Osaka Prefectural Hospital

(Article received; May, 17, 1985)

1. 緒 言

マルチフォーマットカメラで撮影された画像の良否は、カメラの調整に大きく左右される。そこで私たちは、最良の調整を行うために、マルチフォーマットカメラの特性を研究し、日本放射線技術学会誌40巻2号¹⁾および7号²⁾で報告した。今回は、クランプ回路を有するサクラMMに対し、これらの諸特性を利用して調整を行ったので報告する。

2. 使用機材

マルチフォーマットカメラ：サクラMM

(CRT：中央ムセン QB0765)

フィルム：サクラ type C

濃度計：サクラ PDA-65

マイクロデンシトメータ：サクラ PDM-5

自動現像機：Kodak M6-AN

CT 装置：東芝 TCT-70A

試作テストパターン：3種類 (Fig. 1)

3. 試作テストパターン

今回の調整には、3種類のテストパターンを使用した。1つは、320×320マトリックス全てのCT値を0にしたもの (Fig. 1-a), またCT値を-300から+300まで60ずつ変化させた11段階のグレースケール (Fig. 1-b), さらにもう一つは、鮮鋭度を調べるためのテストパターンで、ベースのCT値を-100にし、矩形波像は、CT値+100で左から1, 2, 3, 4, 5, 6および7の各ピクセル間隔で3から5本としたもの (Fig. 1-c) である。グレースケールテストパターンは、CT値を-300から+300の範囲を選んだため、11段階に濃度差をつけるには、window level (WL)=0, window width (WW)=600で表示しなければならない。これら3種類のテストパターンを、全てCT装置のメモリーに組み込んだ。

4. 調整における留意事項

Fig. 1 Test pattern with zero CT number(a), gray scale test pattern(b), and sharpness test pattern(c).

These original test patterns are based on CT number and are put into the memory of the computer.

まず, 調整を行う上での留意事項, 7点を箇条書にする。

- 1) CRTの状態が, 十分に安定するまで待つ。
- 2) 調整に使用するフィルムは, ルーチン検査時と同一のものを使用する。
- 3) 撮影モードも, ルーチン検査時と同一にする。
- 4) インターレスのマッチングは, 調整前に行っておく。
- 5) クランプ回路を有するCRTの場合, F-C曲線(後述)の最高濃度は, CRTの輝度とカメラの露光時間の2変数で決まる。
- 6) F-C曲線の最低濃度は, CRTのコントラストの調整だけで決めることができる。
- 7) 鮮鋭度は, CRTの輝度が増加すると低下する。

留意事項のうち, 特に1), 3), 4)について説明を加える。

CRTの電源を入れて30分程は, 水平, 垂直方向の画像歪を生じたり, 輝度が不安定であるから³⁾, 調整は, CRTが十分に安定した後に行わなければならない。また, 撮影モードが変わると, CRT, レンズおよびフィルムの距離関係が変わるので, 撮影モードに応じた露光量がコンピュータで制御されている機種でも, 多少濃度が変化する。また, インターレスの切り替えによっても, グレイスケールの濃度が変化する⁴⁾。なお, 5)から7)についての詳細は, 日本放射線技術学会誌40巻2号および7号を参照されたい。

5. F-C 曲線

5.1 F-C 曲線の定義

グレイスケールテストパターンを撮影して得られた濃度曲線は, フィルムとCRTの特性を総合したものとして得られるので, 以後 Film-CRT 曲線 (F-C 曲線) と呼ぶことにする。

5.2 至適な F-C 曲線

Schwenker は, 視覚器管の感受性を考慮して, CT 像の濃度範囲は, カブリ濃度+0.05から2.0と報告している⁵⁾。しかし, F-C 曲線の濃度範囲は, 最低濃度をカブリ濃度+0.05以下に, 最高濃度を2.0以上に調整していても, 次に示す2点から, Schwenker が提唱する濃度範囲に, 臨床画像を納めることは可能である。1) F-C 曲線の勾配が異なっても, 適当な WW を選択することによって, CT 値に対する濃度関係を, ほぼ同じにすることができる¹⁾ (Fig. 2)。2) WL を変化させれば, F-C 曲線の勾配を変えないで, 画像の濃度を変えることができる^{1), 6)} (Fig. 3)。当院では, 臨床画像をとりまくバックの黒い部分の濃度 (以後, バック濃度と言うことにする) を, 技師3名, 医師3名で検討し, 2.5にした。この部分は映像信号が0の状態だから, F-C 曲線の最高濃度と一致する。また患者コード等, 画像情報を表示する印字がはっきりと見えるように, 最低濃度はカブリ濃度まで下げた (Fig. 4)。これで F-C 曲線の濃度範囲が規制されたが, 私たちはさらに, グレイスケールテストパターンを撮影したときに, 各濃度階段が全て分離されているものを, 至適な F-C 曲線としている。

6. 調整の実際

6.1 バック濃度 (F-C 曲線の最高濃度) の決定

それではまず最初に, バック濃度すなわち, F-C 曲線の最高濃度を決めることにする。CRTの輝度および露光時間を変化させた組み合わせ42通りについて, CT 値0のテストパターンを WL=1, WW=2 (映像信号は, 0の状態) で表示して撮影し, 中央部の濃度を測定する。この結果を整理し, 露光時間をパラメータにして, 輝度の変化に対する濃度の変化を内挿法で求める (Fig. 5)。Fig. 5の横軸に示された数値は, ポテンシオメータの読

Fig. 2 Adjusting window width to keep the relationship between CT number and photographic density constant.
When the slope of F-C curve is changed, by adjusting window width, the relationship between CT number and photographic density can be kept constant.

Fig. 3 Series of F-C curves in the variable window level.
The higher the window level is, the more the photographic density increases. However, the slope of the F-C curve does not change.

Fig. 4 The range of the photographic density on the optimum F-C curve:

F-C curve:

Maximum density = 2.5

Minimum density = fog

Clinical image:

Maximum density = 2.0

Minimum density = fog + 0.05

マルチフォーマットカメラの調整法 (コントラスト, 輝度, 露光時間に関して) (安部・松田・三原)

み値であり絶対値ではない。数値が大きくなると、輝度は増加する。なお、輝度を変化させる範囲は、CRT のコントラストをどのように変化させても CRT の蛍光面が発光しない状態から、CRT の画面の輝度が飽和状態にな

Fig. 5 Relationship between photographic density and brightness of CRT for various camera exposure times.

Photographic density showed in Fig. 5 is the density of the rest area of the clinical images.

Fig. 6 Relationship between camera exposure time and brightness of CRT for various photographic densities.

Fig. 6 is on rearrangement of Fig. 5.

る手前までで充分である。露光時間は、0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 2.25秒の7通りを選んだ。さらにこのグラフを利用して、濃度をパラメータにした輝度と露光時間の関係を表わす曲線に変換する (Fig. 6)。このグラフから目的とするバック濃度を得るための輝度と露光時間の組み合わせがわかる。当院では、バック濃度を2.5とするので、 $D=2.5$ の曲線上で、先程の露光時間7通りに対応する輝度を決めた。(このバック濃度は、グレイスケールテストパターンを撮影し、得られた画像の最高濃度部すなわち、CT 値が-300に相当する場所の濃度を測定しても得られる。) 以上で F-C 曲線の最高濃度を得るための輝度と、露光時間の条件が選択できたので、次に、これら7通りの組み合わせそれぞれについて、低濃度部の調整に移る。

6.2 F-C 曲線の最低濃度の決定

先程の最高濃度を得る輝度と露光時間の組み合わせについて、CRT のコントラストだけを変化させ、グレイスケールテストパターンを撮影する。そのときの F-C 曲線の一例を Fig. 7 に示す。当院では、このグラフのなかで、実線で示した形状の F-C 曲線を選んだ。なお、CRT のコントラストを変化させる範囲は、CRT を直視してグレイスケールテストパターンを観察するとき、11段階のなかで、最も輝度の低い部分、すなわち、ステップ1 (CT

Fig. 7 Series of F-C curves in variable contrast with CRT. Solid line curve was used as the optimum F-C curve.

値が+300)に相当する部分がわずかに輝いている状態の前後とする。このようにして得られた CRT の輝度、コントラスト、および露光時間の組み合わせ 7 通りのなかから、最も良い組み合わせを選ぶことにする。

6.3 最適条件の決定

6.3.1 鮮鋭度の面からの検討

画像の鮮鋭度は、輝度の増加とともに悪くなる傾向がある^{1),7)}ので、これまでに決定された 7 つの組み合わせについて鮮鋭度を調べる。さきほど選び出した 7 通りの条件で、鮮鋭度テストパターンを WL=50, WW=400(F-C 曲線の直線部を利用できるように)で撮影する。得られた画像は、マイクロフォトメータでスキャンしたあと、コントラスト法で解析した。なお、スキャン時におけるアパーチャーサイズは、幅が10 μm、高さは、CRT の走査線の影響をできるだけ無くすために、最大の 1 mm にした。輝度を増加させて行くと、ポテンシオメータの値が908を超えたところから(露光時間が0.5秒以下から)鮮鋭度は低下した(Fig. 8)。一方、濃度の均等性と再現性の面からも検討を加えた。

6.3.2 濃度の均等性および再現性の面からの検討

鮮鋭度テストパターンを撮影した 7 通りの組み合わせ

Fig. 8 Square wave response of CRT in the variable brightness value.

The test pattern has a sharp delineation at a lower brightness value of more than 908, though the response is becomes worse with an increase at a brightness value of more than 927.

Table 1 Data of the examination for uniformity and reproducibility.

Fig. 1-a took five images for every combination of the three adjusting factors. Regarding each image, we measured the photographic density at five points (center and four corners). This operation was repeated for seven combinations of the three adjusting factors. $D_{\max}$ means the maximum photographic density in one image. $D_{\min}$ means the minimum photographic density in one image. $\bar{D}$ means the average photographic density of the five measuring points in one image.

$$\frac{\sum \bar{D}_i}{m} \approx 1.4$$

Three adjusting factors for optimum F-C curve			Uniformity ($\Delta \bar{D}$)	Reproducibility ($\Delta \bar{D}$)
Exp. time (sec)	Brightness	contrast		
0.25	962	220	0.164	0.040
0.5	927	197	0.152	0.036
0.75	908	190	0.106	0.036
1.0	892	185	0.124	0.054
1.5	873	170	0.112	0.038
2.0	860	170	0.142	0.062
2.25	854	170	0.130	0.040

$$\overline{\Delta D} = \frac{\sum (D_{\max} - D_{\min})_i}{m}, \Delta \bar{D} = \bar{D}_{\max} - \bar{D}_{\min} = \left(\frac{\sum D_j}{n} \right)_{\max} - \left(\frac{\sum D_j}{n} \right)_{\min}$$

$m=5, i=1, 2, \dots, 5$ $n=5, j=1, 2, \dots, 5$

マルチフォーマットカメラの調整法 (コントラスト, 輝度, 露光時間に関して) (安部・松田・三原)

と同一の条件で, CT 値 0 のテストパターンを, WL=20, WW=100 (撮影した画像の濃度が, 約1.4になる条件) で表示して5回ずつ撮影し, テストパターン像の4隅と中央部, 合わせて5点の濃度を測定した. 均等性については, 先ずそれぞれの画像の5点の濃度の最大値と, 最小値の差 (ΔD) を求める. 次に, 5画像について ΔD の平均値を計算し, その値が小さい場合を, 均等性の良いものとした. また再現性については, それぞれの画像について5点の平均濃度 ($\bar{D}$) を計算し, 5画像についての $\bar{D}$ の最大値と最小値の差を求め, その差が小さい場合を再現性が良いものとした. その結果, 濃度の均等性および再現性の最も良いものは, 露光時間が0.75秒のときの条件であった (Table 1). 濃度の均等性, 再現性のテストに関しては, 多少データ不足ではないか, あるいは均等性を調べるには, 等濃度曲線を描かせるべきだとの議論もあるかも知れないが, 臨床上耐え得るかどうかの傾向を簡易的に把握するにはこれで充分だと思う.

6.3.3 最適条件

当院では, 前記した至適な F-C 曲線を有し, さらに鮮鋭度も良く, 濃度の均等性および再現性も良いものを最適条件とした. その条件は, 露光時間が0.75秒, CRT の輝度の値が908, コントラストの値が190の組み合わせであった. ただし, 輝度の値とコントラストの値は, 当院固有の値であり絶対値ではない.

7. おわりに

臨床上描出される濃度範囲は, 設定された F-C 曲線の濃度範囲で規制される. 日常業務では, この規制された濃度範囲内で, 画像の表示される状態を WW, WL で調整している. このことを考慮に入れて F-C 曲線は調整されねばならない. また, マルチフォーマットカメラの画像調整は, グレイスケールのみで決定するべきではなく, 鮮鋭度や濃度の均等性および再現性も考慮に入れて行うべきであると考え. 今回行った調整法で, 一応満足の

いく画像が得られたが, 低濃度部の濃度分解に関しては, 多少不満足であった. これは, フィルムの選定 (特に H&D 曲線の γ 値に関して) 等, によって解決されるのではないかと考える. なお, 今回の論文の主旨は, 1985年, 第41回, 日本放射線技術学会総会で発表した⁹⁾.

文 献

- 1) 三原一博, 藤野辰雄, 安部勝人: CT におけるイメージングカメラの特性 (コントラスト, 輝度, 露光時間に関して). 日放技学誌, 40 (2), 204-210, (1984).
- 2) 三原一博: CT におけるイメージングカメラの特性 (第2報 クランプ回路に関して). 日放技学誌, 40 (7), 1069-1073, (1984).
- 3) 安部勝人, 三原一博, 藤野辰雄, 他: イメージングカメラの画像調整. 日放技学会関西支部会誌, 3, 14-15, (1982).
- 4) 林久貴, 花井耕造, 村上勉, 他: CT イメージングシステムの性能評価 (第1報). 日放技学総会 予稿集, p-451, (1983).
- 5) Schwenker RP: Film selection for computed tomography and ultrasound video photography. SPIE, Vol. 173, (1979).
- 6) 藤野辰雄, 安部勝人, 三原一博, 他: イメージングカメラの画像調整 第1報 (イメージングカメラの特性). 日放技学総会 予稿集, p-449, (1983).
- 7) Schwenker RP: Film selection considerations for video photography. PACS, 318, 231-234, (1982).
- 8) 花山正行, 三木弘, 高橋秀彰, 他: DSA 画像における記録系の基礎的および臨床的検討. 日放技学誌, 40 (6), 898-906, (1984).
- 9) 安部勝人, 松田猛, 三原一博: イメージングカメラの画像調整 第3報 (サクラ MM 設置時の調整). 日放技学総会 予稿集, p-755, (1985).