

## 血管撮影用 QC ファントムの使用経験

血管撮影用 QC ファントム検討班 (九州循環器撮影研究会)

班長 産業医科大学病院 村上 誠 一  
 産業医科大学病院 小田 敍 弘  
 九州大学医学部附属病院 新開 英 秀  
 大分医科大学医学部附属病院 三和 秋 雄  
 九州厚生年金病院 斉藤 義 美  
 福岡大学病院 松本 邦 博  
 小倉記念病院 梅田 和 広

### 1. はじめに

血管撮影用 QC (Quality Control) ファントム (以下、QC ファントム) は、1996 年九州循環器撮影研究会の班研究によって作製され、X 線透視、X 線シネ撮影、DSA に使用することができる。

この QC ファントムを X 線撮影し、画像のコントラスト、鮮鋭性、粒状性などの総合的な画質評価を行い、血管撮影装置、現像処理系および観察系の変動状態を簡便に把握することができる。

今回、QC ファントムを用いた X 線シネ画像の品質管理を九州循環器撮影研究会の 6 施設と全国の各シネ撮影技術研究会の 10 施設で実施したので、その使用経験について報告する。

### 2. QC ファントムの構成

QC ファントムは、銅板を基盤とした 3 つのファントム (A, B, C) より構成されている。

通常のシネ撮影は、A ファントムと B ファントムを重ねて使用し、DSA に使用する場合は、C ファントム (マスク像) と A ファントム (ライブ像) を用いる。A ファントムと B ファントムを重ねた場合の模式図を Fig. 1 に、構成図を Fig. 2 に示す。

#### 2-1 A ファントム

ファントムの基盤は縦 200mm × 横 200mm × 厚さ 0.5mm の銅板と 1.0mm 厚さの亚克力板を使用し、この基盤上に下記の①~③の信号を重ねて配置している。

① 0.08mm から 0.26mm 径の 7 種類のピアノ線

をファントム中心より左右に放射状に配置し、解像度を判定する。

② 0.1mm および 0.5mm 厚さの楕円状銅板 (20 × 40mm) を基盤の左右にピアノ線に重ねて配置し、低濃度部の解像度を判定する。

③ 厚さの異なる 5mm 径の円形フィルム片 1 枚が 2 種類、7 × 7mm のフィルム片を 2 枚から 8 枚重ねたものを 7 種類、計 9 種類のフィルム片を基盤上に配置し、低コントラストの識別を行い、粒状性の判定をする。

#### 2-2 B ファントム

縦 200mm × 横 200mm × 厚さ 0.5mm の銅板 3 枚を使用し、それぞれ 1ヶ所から 3ヶ所に 20mm 径の穴が開けられている。通常のシネ撮影は、A ファントムと B ファントムを重ねて使用し、この時の銅板の厚さ 2.0mm で 3 つの穴の深さは 0.5mm、1.0mm、1.5mm となる。これら 4 つの部分と 2 つの楕円状銅板部 (2.1、2.5mm 厚さ) の濃度を測定しコントラストの目安とする。

1. 0.08mmφ ピアノ線
2. 0.10mmφ ピアノ線
3. 0.12mmφ ピアノ線
4. 0.14mmφ ピアノ線
5. 0.16mmφ ピアノ線
6. 0.20mmφ ピアノ線
7. 0.26mmφ ピアノ線
8. 2.1mm厚銅板
9. 2.5mm厚銅板
10. 1枚フィルム片(5mmφ)
11. 1枚フィルム片(5mmφ)
12. 2枚フィルム片(7mm×7mm)
13. 3枚フィルム片(7mm×7mm)
14. 4枚フィルム片(7mm×7mm)
15. 5枚フィルム片(7mm×7mm)
16. 6枚フィルム片(7mm×7mm)
17. 7枚フィルム片(7mm×7mm)
18. 8枚フィルム片(7mm×7mm)
19. 1.5mm厚銅板+1.0mm厚7ヶ所
20. 1.0mm厚銅板+1.0mm厚7ヶ所
21. 0.5mm厚銅板+1.0mm厚7ヶ所
22. 2.0mm厚銅板+1.0mm厚7ヶ所

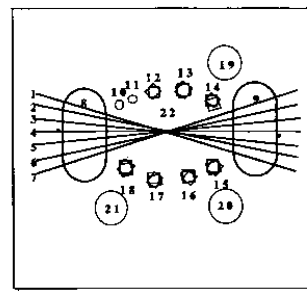


Fig. 1 QC ファントムの模式図

2-3 Cファントム

Cファントムは、DSAに使用したときのマスク像専用のファントムで縦200mm×横200mm×厚さ0.5mmの銅板と1.0mm厚さの亚克力板によって構成されている。

DSAでの使用方法は、Cファントムを用いてデジタル画像を収集し、これをマスク像とする。Cファントム除去後、その位置にAファントムを置き、同様に画像収集を行いサブトラクション像を得る。

3. QCファントムの使用および管理方法

3-1 ファントムのセッティング

- ①天板状に、AとBのファントムを重ねて左右表裏を正しくセットする。
- ②使用するI.I.サイズは、冠動脈撮影に用いるサイズとする。

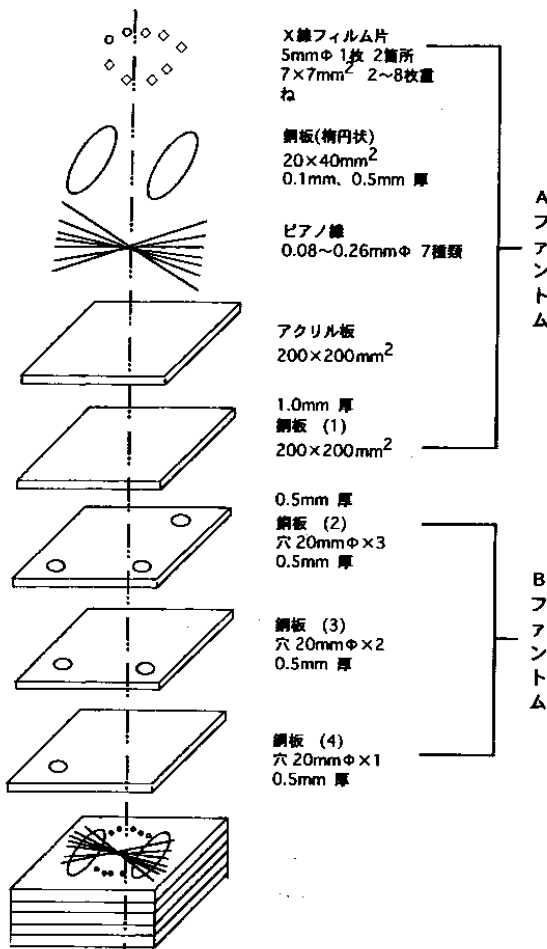


Fig. 2 QCファントムの構成図

- ③撮影距離は、焦点I.I.間距離を90cm、ファントムI.I.間距離を15cmとする。  
但し、QCファントムがI.I.の有効視野外になる場合は、幾何学的拡大率を変える。
- ④X線透視にてファントム中心がI.I.中心に位置していることを確認する。
- ⑤X線照射野はI.I.の有効径に外接するように調整する。

3-2 X線透視画像の管理

- ①X線透視条件を記録する。(2~3回繰り返し行いその平均値を記録することが望ましい。)
- ②ピアノ線、フィルム片の識別限界を視覚的に評価し、ピアノ線およびフィルム片がいくつ識別できたかをワークシート(Table 1)に記録する。このときの判定は、評価基準(3-4)に従って行う。

3-3 X線シネ画像の管理

- ①通常の冠動脈撮影のスピード(feet/sec)でシネ撮影を行い、この時の撮影条件を記録する。
- ②シネフィルムを現像処理後、専用のプロジェクターにて動画像と静止画像を観察し、それ

Table 1 QCファントムの評価表  
評価方法：TV/シネ画像(静止画像/動画像)

測定日 (yy/mm/dd)	/ /	/ /	/ /
透視条件	kV mA	kV mA	kV mA
撮影条件	kV mA sec	kV mA sec	kV mA sec
濃度測定	Fog		
	Cu 0.5mm		
	1.0		
	1.5		
	2.0		
鮮鋭性	2.1		
	2.5		
	Cu 2.0mm	/ /	/ /
粒状性	5mm, 7x7mm	/ /	/ /
感度	Relative log E		
平均階調度	$\bar{G}$		

それぞれについてピアノ線、フィルム片の識別限界を視覚的に評価し、ワークシートに記録する。ただし、静止画像について複数の画像の平均値を評価値とする。

- ③シネフィルムを濃度計を用いて濃度測定し、ワークシートに記録する。

### 3-4 QC ファントム画像の評価基準

本ファントムを用いた管理は、視覚的評価のため観察者により評価基準が異なることから、下記の①から③の評価基準を定めている。

- ①観察者は、ピアノ線およびフィルム片の像から各寸法の信号に対して50%の確信度で検出できる最小のピアノ線径または最小コントラスト（フィルム片）を選択する。
- ②最小のピアノ線径または最小コントラスト（フィルム片）が、呈示された隣接する2つの信号間にあると判断された場合はその間に推定された信号レベルの比率で選択する。
- ③静止画像のようにサンプルが複数の場合は1画像ごとに評価を行い、それらの平均値を評価値とする。

### 3-5 管理期間中の注意事項

本ファントムを使用して、血管撮影システムの経時的な変動等を追跡、管理期間中は、下記の設定および測定条件は常に同一であることが必要である。

- ①ファントムの固定位置および方向（左右、表裏）
- ②I.I. サイズ
- ③焦点-I.I. 間距離およびファントム-I.I. 間距離
- ④コリメータのサイズ
- ⑤X線管とI.I. 間の介在物（特に、X線グリッド）
- ⑥デンシトメータ、シネ観察システム（プロジェクタ等）および観察室の照明などの周囲環境

## 4. 使用経験

### 4-1 鮮鋭性評価

Fig. 3 にシネフィルム画像における全国の各施設の鮮鋭性評価を示す。図は横軸に管理を行った施設を示し、縦軸はピアノ線の判定できた本数とピアノ線の径を示す。また、横軸の（ ）は管理回数を示す。鮮鋭性評価の全国平均は、 $5.635 \pm 0.667$ 本、ピアノ線の径では0.12mmから0.1mm程度識別され、7本（0.08mm）のピアノ線全てが判定できた施設もあった。管理回数は各施設によって10回から30回までと異なるが管理期間中の各施設における鮮鋭性評価のバラツキは最大で±1.0と小さく、精度よく管理されていた。

### 4-2 粒状性評価

Fig. 4 にシネフィルム画像における全国の各施設の粒状性評価を示す。図は、横軸に管理を行った施設を、縦軸にはフィルム片が識別できた枚数を示す。粒状性評価の全国平均は、 $5.59 \pm 1.09$ 枚で施設によって識別限界は異なるがフィルム片は、

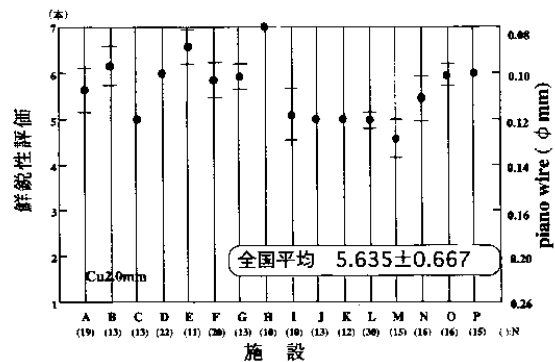


Fig. 3 全国の各施設における鮮鋭性評価

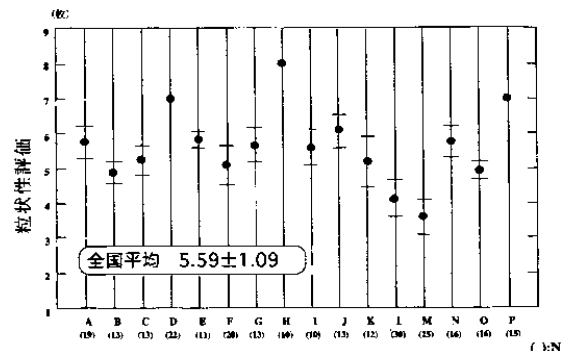


Fig. 4 全国の各施設における粒状性評価

4 から 8 枚程度識別できる施設がほとんどであった。管理回数は、各施設によって 10 回から 30 回までと異なるが管理期間中の各施設における粒状性評価のバラツキは、小さく精度よく管理されていた。

4-1、4-2 の結果から、鮮鋭性および粒状性評価は、施設によって撮影管電圧、I.I. 入射線量、使用フィルム、現像処理系および観察者等が異なるにもかかわらず評価値に大きな差はなく撮影システムの画質の差は小さいといえる。また、各評価の平均値は、今後の各施設での画質の目安となる。

#### 4-3 濃度測定

Fig. 5 に 6 施設におけるフィルム濃度の経時変化を示す。銅板 0.5mm 厚さでは、最高濃度付近の濃度を知ることができ、各施設の使用フィルムに

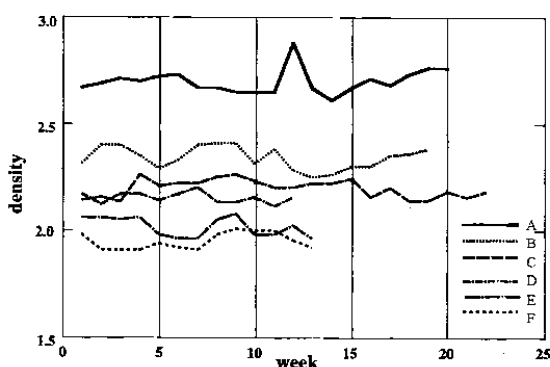


Fig. 5 各施設における濃度の経時変化

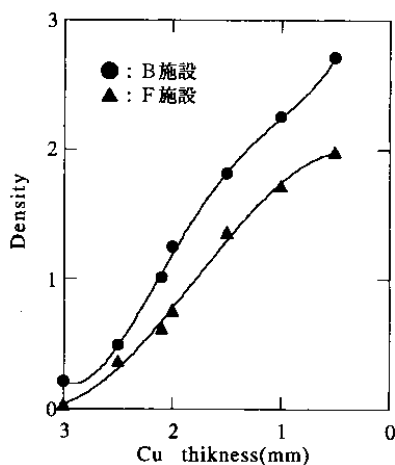


Fig. 6 2施設のQCファントムから求めた銅板厚さとフィルム濃度の関係

よって最高濃度の差が大きいことがわかる。このほかにQCファントムは、銅板厚さの異なる6ヶ所の測定点があり、これらを測定することで特性曲線の形状を知ることができる (Fig. 6)。また、特性曲線の直線領域の2点を測定するだけでおおまかなコントラスト、平均階調および相対感度が把握でき、経時変化を知ることができる (Fig. 7)。例えば図bのようにコントラスト、平均階調あるいは、図cのように相対感度が変動したときも特性曲線の直線領域にあるA、B点の2点間を測定し管理することで光センシトメトリーを行わなくてもおおまかな平均階調や感度が把握できる。

しかし、この2点間の管理で異常が見つかった際には、原因究明のため光センシトメトリーを行い現像処理系と循環器撮影系の分離を行うことが望ましい。

Fig. 8 に装置トラブルが判明した1例を示す。管

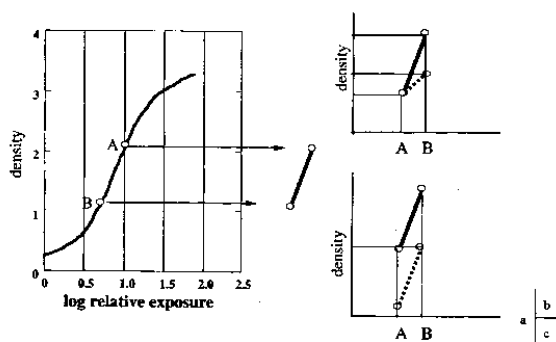


Fig. 7 2点間の管理方法

- a: 特性曲線の直線領域に在る2つの銅板厚さの濃度A、B
- b: 平均階調が低下した場合
- c: 感度が低下した場合

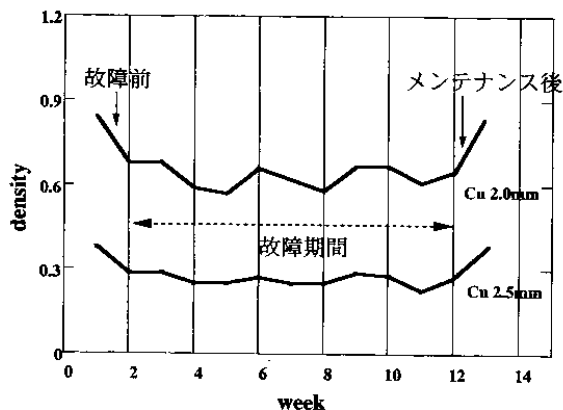


Fig. 8 装置トラブルが判明した一例

Table 2 QCファントムの問題点と対策

## 1) 濃度測定

	問 題 点	対 策
a	面積が小さく濃度測定が難しい。 (福島県シネ撮影技術研究会)	各メーカーのX線装置に使用可能にした。
b	0.5、1.0、1.5mmの穴の位置がI.I.の有効視野ギリギリである。 (岡山県シネ撮影技術研究会)	a. バックライトを備えた濃度計を用いる。 b. 幾何学的拡大率を変える。
c	周辺部の濃度ムラを避けるためフィルム中心で測定したい。 (東北循環器研究会)	c. 周辺部の濃度で品質管理は可能。

## 2) 鮮鋭性

	問 題 点	対 策
a	鮮鋭性は、ピアノ線より矩形波チャートやエッジのシャープさを観察した方が評価しやすい。 (岡山県シネ撮影技術研究会、東北循環器研究会)	①矩形波チャートやエッジの使用はホトの影響を受ける。 ②QCには不適。
b	2.0mm銅板上のピアノ線の評価が左右で異なる。 (関西X線映画研究会)	評価場所を決める。
c	2.1mmと2.5mm銅板上の評価がピアノ線の前後のつなぎにより良くなる。 (岡山県シネ撮影技術研究会、関西X線映画研究会)	2.1mmと2.5mm銅板に注視して観察する。
d	2.1mmと2.5mm銅板がI.I.の有効視野(7インチ)外になる。 (福島県シネ撮影技術研究会)	幾何学的拡大率を小さくし視野内に入るようにする。
e	ピアノ線の0.08mmφと0.10mmφは解像できず不要。 0.14mmφ～0.26mmφの間を細かくした方がよい。 (福島県シネ撮影技術研究会)	鮮鋭性評価の全国平均は0.12mmφであり、0.08mmφが解像できる施設もある。

## 3) 粒状性

	問 題 点	対 策
a	0.5mmの銅板部分からのハレーションでフィルム片の3、4枚のところが評価しにくい。 (関西X線映画研究会)	0.5mmと1.5mmの銅板の位置を変えた。
b	X線TVではモニターの大きさに対する観察距離の設定をどうしたらよいのか。 (岡山県シネ撮影技術研究会)	①観察しやすい位置で常に一定であればよい。 ②環境設定は一定となるようにする。

## 4) その他

	問 題 点	対 策
a	センチメートルとの併用は避けたい。 (新潟アンギオ画像研究会)	フィルム濃度の直線領域の2点間の測定で管理する。
b	ピアノ線の太さがフィルム上に表示されると良い。 (東海シネ撮影技術研究会)	0.14mmφのピアノ線のところにマークを付けた。
c	始業点検では時間がかかりすぎる。 (東海シネ撮影技術研究会)	①施設の目的に応じて管理期間を決める。 ②X線撮影装置の受入試験、メンテナンス後には必須。
d	主観的な評価なので観察者や施設で評価基準が異なる。 (関西X線映画研究会)	①評価基準は、使用説明書に追加した。 ②施設間の評価は、観察者を同一にし、評価する。

理開始、2週目よりフィルム濃度が低下し、特に、2.0mm銅板厚さでの濃度の低下が大きくなっている。この故障原因は、X線出力を調整するコントロール基盤の故障であったが基盤交換に多少の期間を要した。このように、経時的に濃度を管理することにより撮影システムの異常を早期に把握することができる。

### 5. QCファントムの問題点について

全国の各施設においてQCファントムを用いた管理を3ヶ月間行った中でいくつかの問題点が提示された。その問題点と対策をTable 2に示す。

#### 5-1 濃度測定

濃度測定の穴の大きさや位置の問題点が多かった。これは装置メーカーによってホトの位置や大きさおよび画格サイズが異なり、撮影条件が変動する。このため穴の大きさや位置は、全ての装置で使用可能な現行が妥当である。

#### 5-2 鮮鋭性

2.0mm銅板上のピアノ線の評価が左右で異なる問題点があったが、これは常に評価場所を同一にし、観察すれば品質管理としては問題はない。

#### 5-3 粒状性

透視画像の管理において一部のX線TVでは、0.5mmの銅板部分からのハレーションの影響でフィルム片の3,4枚重ねの所が評価しにくい問題があった。これは、Fig. 1の模式図に示すようにハレーションの影響を受けないように0.5mmの銅板部と1.5mmの銅板部の穴の位置を変更した。

#### 5-4 その他

始業点検では、時間がかかりすぎるという問題点があった。これは、施設の目的に応じて始業点

検、週間点検、月間点検と適宜管理期間を決めてもらえばよい。しかし、X線装置の受入試験、メンテナンス後には必ず行うことが望ましい。特に、X線装置の受入試験時の画質を維持するために受入試験時のフィルムをリファレンスとしメンテナンスおよび点検後のフィルムと比較することが望ましい。

### 6. まとめ

全国16の施設においてQCファントムによるX線撮影システムの品質管理を実施した。

この結果、QCファントムをX線撮影するだけでX線画像の鮮鋭性、粒状性およびコントラストなどの総合的な画質評価を簡便に行え、このファントムを用いて定期的に管理することで循環器撮影装置、現像処理系および観察系の変動状態を把握できることを確認した。

以下にQCファントムの特徴を述べる。

- 1) 各施設においても容易に活用でき、適当な時間内に行える。
- 2) 品質管理は、X線装置の受入試験、メンテナンス後および始業点検（週間点検）として行うことが望ましい。
- 3) 撮影システムの機器性能の経時変化が簡単に把握できる。
- 4) 同一ファントムを用いるため施設間の画質の比較が可能である。
- 5) 患者被曝線量の低減および画質改善のための資料となる。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、3ヶ月間の管理に協力してくださいました全国の各施設の皆様に感謝申し上げます。