

# 同一 DSA 装置 (DFA - 100) における撮像管と CCD 撮像素子の性能比較

Comparative Evaluation of Image Performance  
between Pickup Image Tube and CCD

稲葉 智洋<sup>2)</sup> Tomohiro Inaba

菅原 謙三<sup>3)</sup> Kenzou Sugahara

平山 伸一<sup>2)</sup> Shinichi Hirayama

尾崎 隆男<sup>2)</sup> Takao Ozaki

梅原 孝好<sup>2)</sup> Takayoshi Umehara

為石美智子<sup>4)</sup> Michiko Tameishi

安平 浩二<sup>3)</sup> Kouji Yasuhira

伊藤 博<sup>2)</sup> Hiroshi Ito

中尾 宣夫<sup>1)</sup> Norio Nakao

1) 兵庫医科大学病院 放射線科

2) 兵庫医科大学病院 中央放射線部

3) 兵庫医科大学篠山病院 放射線室

4) 元兵庫医科大学篠山病院 放射線室

近年、CCD 撮像素子の性能向上により、医療の現場にも CCD が使用されるようになってきた。今回、兵庫医科大学篠山病院の DSA 装置が撮像管より CCD 撮像素子に置き換わる機会を得、血管造影検査の撮影条件を考えていく上で、基礎的な測定を行い性能を比較した。方法として次のようなことを行った。撮像管と CCD 撮像素子の特性曲線を同条件下での、タイムスケール法にて測定した。観察者 5 名による 16 肢強制選択法を用いた視覚評価により、低コントラスト物質の検出能を比較した。作成した資料画像より、信号強度とノイズを測定し比較した。結果、撮像管と CCD 撮像素子の感度比は、約 1:4 であった。視覚評価の正答率は撮像管で 39%、CCD 撮像素子で 66% であった。信号強度は、撮像管:CCD 撮像素子で 2.1:2.2、ノイズは、撮像管:CCD 撮像素子で 7.3:12.5 となった。考察、撮像管と CCD には感度にかなり差があった。また、視覚評価の結果は、同条件では撮像管に比べ CCD 撮像素子の正答率が良いのに対し、物理評価の結果は、ノイズにおいて CCD 撮像素子の方が高かった。この原因は、低コントラスト物質の検出能を比較する上で、低線量で撮影したことにあると考える。CCD 撮像素子は、ノイズにおいて問題が残るものの総合的な画質では撮像管よりも優れている。

Thanks to recent improvement of performance of the CCD imaging element, CCD has now being used in the clinical application.

Taking the opportunity of replacing the pickup image tube of the DSA system in Hyogo College of medicine Sasayama Hospital with the CCD, fundamental measurements of those two imaging systems were made to evaluate their performances comparatively for establishment of imaging parameters in angiography.

The following method was applied.

Characteristics of the pickup image tube and CCD were measured by time-scale method under the same conditions. Under visual evaluation using 16-AFC (16-alternative forced choice) by 5 inspectors, low contrast detectability was comparatively evaluated.

From the acquired image data, signal intensity and noise were compared. As the result, a sensitivity ratio between the pickup image tube and CCD was about 1:4. Accuracy of visual evaluation for the pickup image tube was 39%, while it was 66% for the CCD imaging element.

A ratio of signal intensity between the pickup image tube and CCD element was 2.1:2.2 and a ratio of noise between them was 7.3:12.5.

As result, there is quite a difference in sensitivity between the pickup image tube and CCD. As the result of visual evaluation, accuracy under the same condition of the CCD is better than that of the pickup image tube, while physical evaluation for noise level resulted higher in the CCD. The reason of this result is considered that images were obtained with relatively low dose as clinical condition for evaluating low contrast object. The CCD has a problem in low dose level yet, but it is superior to the pickup image tube in overall image quality.

**Key Words:** CCD, pick-up image tube, 16-AFC, DSA image, low contrast detective

## 1. はじめに

兵庫医科大学篠山病院（図1）は、平成9年10月1日厚生省より国立篠山病院の経営移譲を受け開設された。周囲は穏やかな田園風景が広がり、多くの農作物が実る自然に恵まれた環境である。診療科は、内科・外科・小児科・整形外科・産婦人科・眼科・耳鼻咽喉科・放射線科・リハビリテーション科・皮膚科・麻酔科があり、病床数200床で一般病床150床、療養型病床群50床である。病院の特色は、地域医師会と連携協力し、MRI等の施設・設備のオープン化、診療機能の分担により病病・病診連携の推進を行い、また、慢性疾患の療養患者を対象とした療養型病床群を設置し、さらに今年、高齢者のための老人保健施設、『兵庫医科大学老人保健センター』および、リハビリテーションが必要な患者の治療を十分に行うため、『リハビリテーションセンター』が開設された。そして、今年4月には、兵庫県多紀郡の4町合併により、篠山市が誕生し、兵庫医科大学篠山病院の地域医療における役割もさらに重要なものになってきた。また、院内において、放射線室は画像診断において欠かせない部署であり、一般撮影検査、TV撮影検査(日立製 MEDIX-130XS/DR-2000MC)、血管造影検査(DSA装置:日立製 SX-VA30/DFA-100、ACT(Angio CT):日立製 RADIX-TURBO)(図2)、CT検査(日立製 RADIX-PRIMA)、MR検査、骨塩定量検査、病棟撮影検査と多岐にわたる業務を現在5名の技師で行なっている。その業務の中でも高度医療とされる血管造影検査は、重要な役割を持ち装置の性能向上や画質の向上

によって、近年、様々な検査が行われ、IVR等治療を行うまでになってきた。兵庫医科大学篠山病院は、地域医療であっても大学病院と同レベルの医療を受けられるよう努力の一端として、兵庫医科大学病院にある装置と同じ血管造影検査装置およびACT装置を平成10年8月に設置した。日立製のACT装置 RADIX-TURBOは、血管支配域の三次元的な把握およびCT透視によるPEIT(Percutaneous Ethanol Injection Therapy)や生検等においての精度向上に貢献し、また、血管造影装置との一体型システムから血管造影検査からACT検査へ数秒間で移動でき、最高1秒撮影、1秒画像再構成能力は検査時間の大幅な時間短縮と検査精度向上に貢献している。そして、DSA装置 SX-VA30/DFA-100は、兵庫医科大学篠山病院の仕様では完全デジタル化であり、通常の血管造影検査や心カテ検査等多様な検査に対応するために大量のメモリを備えており、マトリクス数512×512では秒60フレーム、1024×1024では秒15フレームまで撮像可能である。今回、平成10年10月に、DSA装置の撮像管がCCD(Charge Coupled Device)撮像素子に更新される機会を得た。CCD撮像素子は、Si基板上に形成された感光部(光検出器)と信号電荷転送機構とからなり、変調度が高く、高速走査でも低ノイズで、残像が少なく、歪みがなく、磁場の影響を受けない等多くの特徴を備えているが、実際の撮影を行う上で、どの様に画質が変化しているのかを把握するために、撮像管とCCD撮像素子の画質の比較を視覚評価を中心に評価したので報告する。



図1：兵庫医科大学篠山病院の正面玄関



図2：血管造影検査装置

日立製 DSA装置 SX-VA30/DFA-100 および ACT装置 RADIX-TURBO

## 2. 方法

1. 撮像管とCCD撮像素子の感度の違いに着目し、視覚評価に使用する資料画像の撮影条件を決定するために、撮影モードにHXPLSを用い、通常臨床で使用しているLog変換にて、アイリス16mm 固定、アクリル板15cmを寝台上に配置し、撮影条件を変化させ撮影した画像よりピクセル値を読み取り、特性曲線を求める(図3)。但し、撮像管においては、撮像管のみの性能を比較するために、今回の実験はバイアスライトを切って撮影しているため感度は実際のシステムよりも劣る。

2. 方法1.で求められた感度比を考慮にいれ、自作したファントムを用いて、低コントラスト物質の検出能を比較するために作成した資料画像を、実際検査に携わる技師と医師合計5名に、CRT上で視覚的に評価してもらい、そのデータを比較する。視覚評価法として、資料の作り易さ、評価のしやすさから、16肢強制選択法を使用する。

(視覚評価用自作ファントム)

実験に使用したファントムの材質は、加工が容易で低価格であることから、ベースにパラフィン、信号に5mm アクリル球を使用したもので、各CT値はパラフィン約 - 60、アクリ

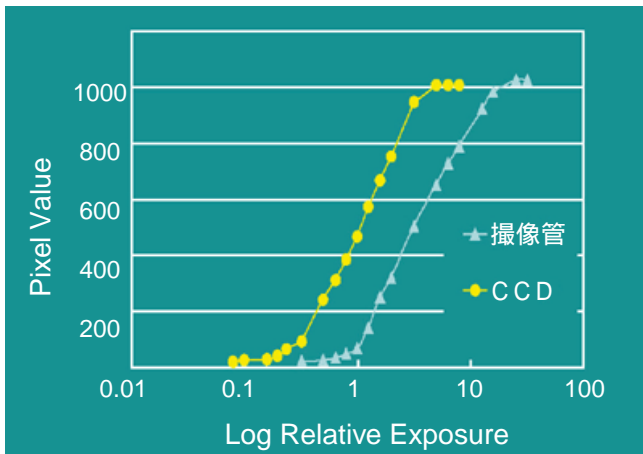


図3：撮像管とCCD撮像素子の特性曲線

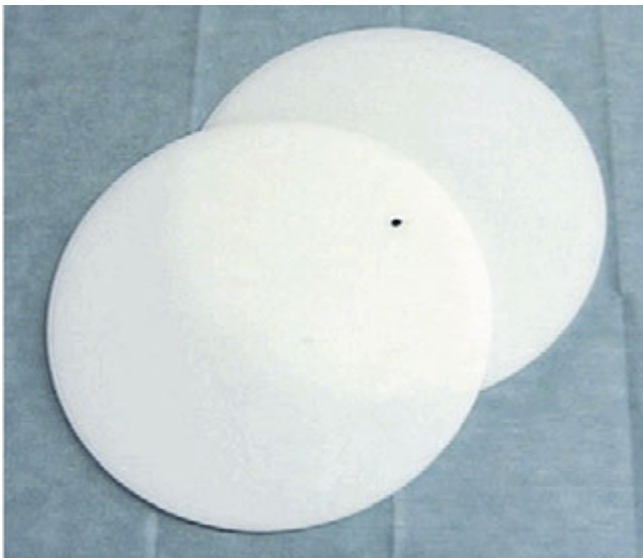


図4：視覚評価用自作ファントム

ベース:パラフィン・信号:5mm アクリル球 直径300mm、厚さ10mm

ル約20で、その差は約80、外観は直径300mm厚み10mmである(図4)。また、ファントムは、信号の入っているコントラスト像用のファントムと、信号の入っていないマスク像用のファントムがある。

(資料画像)

資料画像は、方法1と同じ撮影条件(撮影モード・Log変換・アイリス経)にて、寝台上に150mm厚のアクリル板を置き、その上にファントムを配置し、テーブルの移動により、コントラスト像用ファントムの画像からマスク像用ファントムの画像をサブトラクションして作成する。その幾何学図を図5に示し、画像例を図6に示す。

資料枚数は、撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・40msecにて撮像管各位置1枚の16枚、撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・20msecにて撮像管各位置2枚の32枚、CCD撮像素子各位置2枚の32枚、合計80枚作成する。

3. 方法2.の視覚評価と物理的な評価との関係を見るため、作成した資料より、信号であるアクリル球のピクセル値から、信号のない位置のピクセル値を差し引いた値を信号強度とし、信号のない位置でのピクセル値のS.D.をノイズとして測定する。

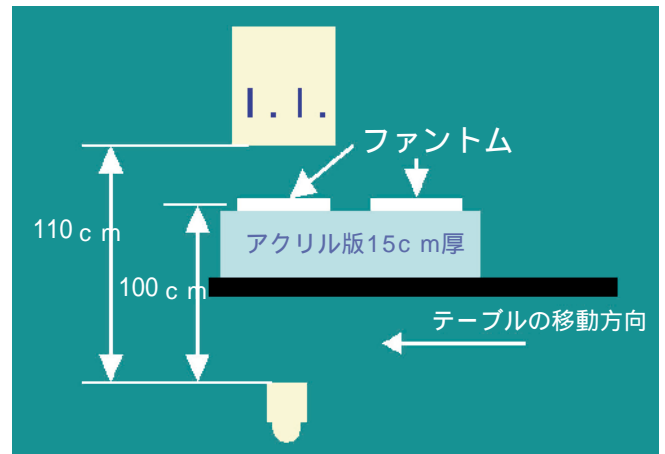


図5：資料画像作成幾何学図

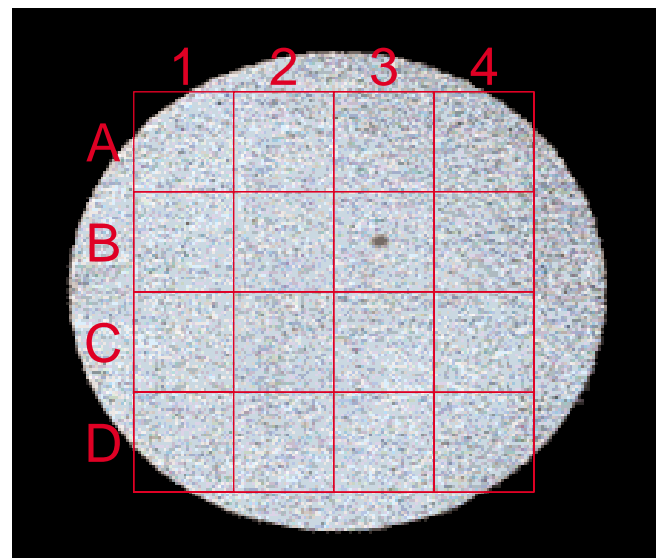


図6：視覚評価に使用した資料CRT画像

見やすいように信号を強調しています

### 3. 結果

- 図6よりピクセル値512での撮像管とCCD撮像素子との感度比は、約1:4であった。また、ピクセル値100 800を直線部とみなし、Log.Eで微分した値を平均階調度とした値は、撮像管で72、CCD撮像素子で75であった。
- まず、視覚評価をした検出器のばらつきを、撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間20msecの撮像管とCCD撮像素子の結果から図7a,bに示す。図7の結果より、どの検出器も同じような傾向を示しているため、すべての値を視覚評価結果に用いた。次に、撮像管とCCD撮像素子の画像内での、正答率のばらつきを各々、撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間40msecの撮像管は表1-aに、撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間20msecの撮像管は表1-bに、CCD撮像素子は表1-cに示す。
- 撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間20msecの撮像管とCCD撮像素子の信号強度とノイズが画像内でどのような違いを持つのかを、それぞれ表2と表3に示す。

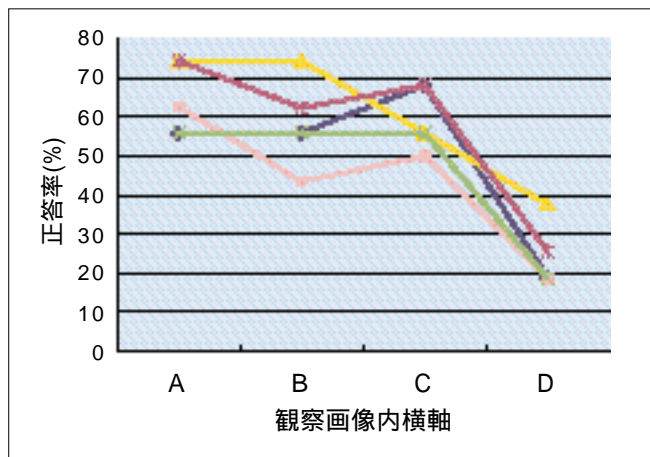


図7-a：観察画像横軸における検出器相互のばらつき

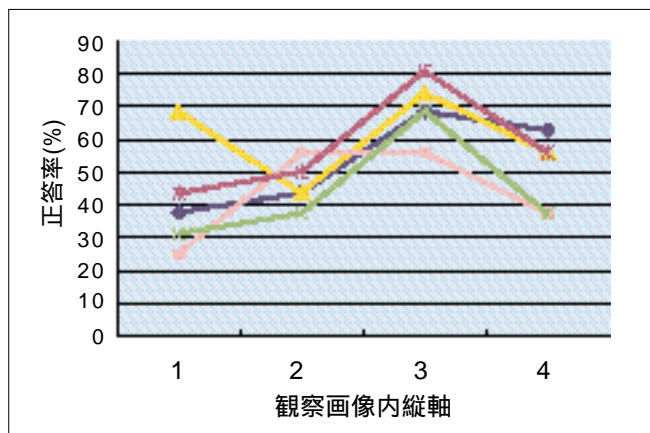


図7-b：観察画像縦軸における検出器相互のばらつき

表1-a：撮像管の視覚評価結果

(撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間40msec)

	1	2	3	4
A	100	100	90	70
B	100	100	100	90
C	100	100	100	100
D	100	90	80	80

平均値 = 94

表1-b：撮像管の視覚評価結果

(撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間20msec)

	1	2	3	4
A	10	90	50	40
B	80	0	100	10
C	0	70	100	40
D	10	30	0	0

平均値 = 39

表1-c：CCD撮像素子の視覚評価結果

(撮影条件 管電圧70kV・管電流100mA・時間20msec)

	1	2	3	4
A	100	80	80	100
B	30	100	70	80
C	10	90	90	20
D	20	10	70	50

平均値 = 62

表2-a：撮像管の信号強度

	1	2	3	4
A	2.1	3.3	3.5	2.8
B	2.4	1.6	2.1	1.4
C	2.5	3.0	2.1	1.2
D	0.8	2.2	1.0	1.4

平均値 = 2.1

表2-b：CCD撮像素子の信号強度

	1	2	3	4
A	2.1	2.6	2.1	2.9
B	2.9	2.6	1.6	1.1
C	2.5	2.5	2.0	3.2
D	2.5	1.6	1.2	1.8

平均値 = 2.2

表3-a：撮像管のノイズ

	1	2	3	4
A	7.3	7.1	7.0	6.5
B	7.0	7.4	6.9	6.0
C	8.0	7.3	6.3	7.0
D	8.4	8.4	8.1	8.5

平均値 = 7.3

表3-b：CCD撮像素子のノイズ

	1	2	3	4
A	12.7	13.2	12.8	12.2
B	12.6	13.1	13.5	10.2
C	12.5	12.9	13.2	11.8
D	13.2	12.5	11.9	11.6

平均値 = 12.5



#### 4. 考察

特性曲線の比較からは、撮像管とCCD撮像素子の感度にはかなりの差があり、このことから被曝線量の低減も可能であると考えられる。しかし、表1-aと表1-cの視覚評価の結果から、ただ単に撮影線量を低減しても画質までもが劣化してしまいCCD撮像素子の性能を低下させる、そして、同条件での比較である表1-bと表1-cでは平均値で見るとCCD撮像素子が優れている。また、物理的に信号強度を評価した表2-aと表2-bからは大きな差は認められないが、CCD撮像素子に比べ撮像管は値の幅が広い、これは画像内でのノイズの分布によるものではないかと考える。そこでノイズの評価である表3-aを見てみると、撮像管は右上A-4 左下D-1にかけて値が高くなっている、このことが信号強度の値の幅に影響を与えているのではないかと考える。表3-bからは、CCD撮像素子は低線量撮影においてかなりのノイズが発生することがわかり、このことが撮影線量を低下させたときの画質劣化の一番の原因であると考えられる。これほどノイズが高いにもかかわらず同一条件下ではCCD撮像素子の正答率が良いのは、CCD撮像素子の解像力が良いことと、今回測定されたノイズは、CCD撮像素子の解像力の良さに起因する細かい(空間周波数の高い)量子ノイズによるものであり、視覚評価に影響を及ぼす空間周波数領域でのノイズが少ないからではないかと考える。また、信号強度を比較した表2-aと表2-bにおいて平均値の比率は、図6から求めた平均階調度との比率と同等である。

#### 5. 結語

撮像管とCCD撮像素子は、信号強度と解像力においてCCD撮像素子が優れており、低線量撮影ではCCD撮像素子はノイズの面において撮像管よりも劣る結果となったが臨床上使用する線量域においては問題はないと思われる。同条件下における総合的な画質の評価では、CCD撮像素子は撮像管よりも優れている。最後に、DSA画像の画質向上にむけてCCD撮像素子のますますの性能向上に期待する。

#### 参考文献

- 藤田広志、ほか：放射線医療技術学叢書(7) デジタルラジオグラフィの画像評価、京都府、1994。  
DSAシステムの特性曲線 51 56、  
CRT観察系における低コントラスト物質の16-AFCによる検出能の評価 107 109、  
高精細CCDカメラの性能評価とそのDF系への応用 173 177