



Title	血管造影フィルム像のデジタル化によるCRT画像の評価
Author(s)	真下, 伸一; 石垣, 武男; 池田, 充 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(8), p. 1025-1037
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16596
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

血管造影フィルム像のデジタル化によるCRT画像の評価

中部労災病院放射線科

真 下 伸 一

名古屋大学医学部放射線医学教室

石垣 武男 池田 充 佐久間貞行

（昭和63年12月22日受付）

（平成元年3月24日最終原稿受付）

Evaluation of CRT Images of Digitized Film Angiographs

Shinichi Mashita, Takeo Ishigaki, Mitsuru Ikeda and Sadayuki Sakuma

Department of Radiology, Nagoya University, School of Medicine

Research Code No. : 207.1

Key Words : CRT, PACS, Subtraction angiography

X-ray sheet film images of the test chart, the vascular phantom and angiography were digitized at sampling pitch of 0.2 mm and 0.15 mm using film digitizer TFR-01 (Toshiba) and transferred to a device for image storage and display system with 1635-line display monitor (TDF-500AS, Toshiba). Comparison of image qualities between film- and CRT-images was performed in fundamental and clinical studies. Resolution of the test chart image of conventional radiography was worse on CRT than on the original film, although it was improved when film image was digitized at resolution of 0.15 mm/pixel in comparison with that at resolution of 0.2 mm/pixel. Moire stripes which occurred due to interference were found on CRT images taken using a grid technique. On CRT images of X-ray sheet film using direct magnification technique moire stripes were not produced because of non grid technique, and the resolution approached that of the original film. In the study using vascular phantom, the optimal image on CRT could be obtained by various image processing procedures, and image quality on CRT with resolution of 0.15 mm approached that of original film. In case of direct magnification CRT images were superior to film images. Subtraction image of the vascular phantom at resolution of 0.2 mm/pixel was obtained on CRT and compared with film subtraction image. On conventional subtraction CRT image moire stripes impaired the image quality in comparison with the film subtraction. However, magnification subtraction image of the vascular phantom on CRT was superior to the film subtraction. The results obtained in the test chart studies and phantom studies were also confirmed in clinical studies using various kind of angiograms. In addition, ROC study using clinical angiograms showed no significant statistical differences between the original film and CRT image even with 0.2 mm matrix size. Angiographic image on CRT at resolution of 0.15 mm/pixel or less is available for clinical use in place of conventional film image.

1. はじめに

デジタル化されているシンチグラフィー、CT、MRI、FCRはオンライン又はオフラインで画像蓄積伝送システム(PACS)に入力できる。しかし

現在最も多く使われているX線フィルムのデジタル化にはいくつかの問題点がある。中でも血管造影は、一人当たりのフィルム枚数が多く、PACS導入に際して問題となるところである。今回は血

Table 1 TDF-500AS

20 inch CRT	: scanning line 1635 1024×1536 matrix 256 degradation
image disc	: 800MB
optical disc(2)	: 1.8GB×2
film digitizer	: 2048×2560 matrix sampling pitch 0.1mm, 0.125mm, 0.15mm, 0.175mm, 0.2mm pixel size 0.1mm 1024 degradation
image processing	: reduction, magnification, frequency processing, degradation processing, temporal subtraction, energy sub- traction

管造影フィルムをデジタイザーで PACS に入力した場合の CRT 診断の可能性について検討した。

2. 装 置

画像蓄積装置 (Tab. 1) は DF-500AS を使用した。CRT は 20 インチで、1024×1536 マトリックスで 1 画面で 256 階調であり、条件を変えることによって最大 1024 階調まで表示可能である。フィルム像をデジタル化するデジタイザー (東芝 TFR-01A) はレーザースキャン方式で、大角フィルムの場合のサンプリングピッチは 0.2mm, 0.175mm, 0.15mm の 3 つから選択できる。大陸フィルム以下のサイズでは 0.125mm でも可能である。画素サイズはいずれのサンプリングピッチにおいても直径 0.1mm の円である。この画像蓄積装置により周波数処理、階調処理、サブトラクションなどの画像処理ができる。サブトラクションは今回の検討を開始した当初は、大角フィルムでは 0.2mm のサンプリングピッチで可能であったが、途中から 0.15mm が可能となった。フィルム像の評価に使用したシャウカステンの照度はその直上で 4500 Lx である。

3. 方 法

CRT による観察では至適な周波数処理、階調処理、拡大を加えて観察し、シャウカステンにかけたフィルム像と比較評価した。

1) テストチャート

厚み 5cm のアクリル板の DSA 用ファントムに

フックのテストチャート (No. 6059) をのせて拡大血管撮影装置 (焦点 100 ミリミクロン) を用い普通撮影、2 倍拡大撮影をおこなった。得られたフィルム像をサンプリングピッチ 0.2mm, 0.15mm の画素サイズでデジタル化し、CRT 像とフィルム像について解像度を検討した。

2) 血管造影ファントムによるサブトラクション

1) と同じファントム上に椎体と脛骨骨端の乾燥骨をならべ、65% アンギオグラフィン原液を充満させたチューブ (先端で 0.3mm) をアクリル板の隙間に挿入した場合としない場合とで、普通撮影と 2 倍拡大撮影を行いサブトラクション像をフィルム法と CRT 上で作成しその画質を検討した。

3) 臨床画像の評価

3-1) 37 例 (骨軟部腫瘍 21 例、腹部腫瘍 13 例、その他 3 例) の普通血管造影写真をサンプリングピッチ 0.15mm と 0.2mm でデジタル入力した。フィルム原画像と CRT 像について鮮鋭度、対比度を CRT がフィルムより優れる、CRT とフィルムが同等、CRT がフィルムより劣るの 3 段階に分けて評価した。

3-2) 27 例の普通血管造影写真 (骨、軟部腫瘍 21 例、肝臓腫瘍 3 例、その他 3 例) をサンプリングピッチ 0.2mm, 0.15mm で入力し、CRT 上でサブトラクションをおこなった。CRT、フィルムそれぞれの原画像、サブトラクション像の鮮鋭度、対比度について CRT がフィルムより優れる、CRT とフィルムが同等、CRT がフィルムより劣るの 3 段階に分けて評価した。

3-3) 61 例の拡大血管造影写真 (脳血管障害 7 例、脳腫瘍 2 例、頭部腫瘍 10 例、肺腫瘍 9 例、腹部腫瘍 5 例、骨盤腫瘍 3 例、骨軟部腫瘍 25 例) について 0.2mm で入力し CRT 上でサブトラクションを行った。CRT、フィルムそれぞれの原画像、サブトラクション像の鮮鋭度、対比度について 3 段階に分けて評価した。脳血管障害とその他に分けて評価した。

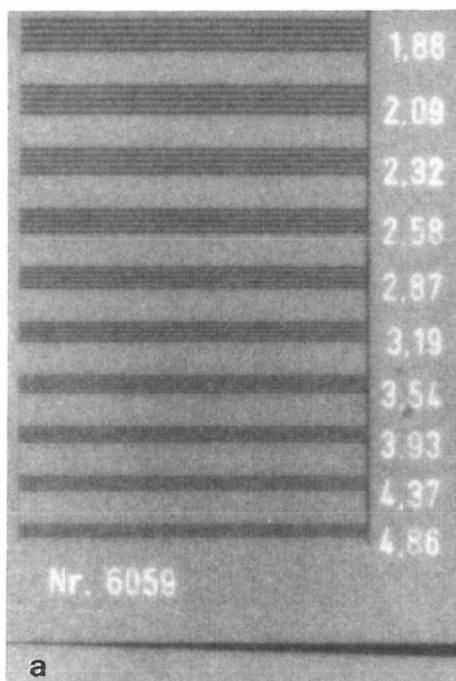
なお以上は著者 (non resident 経験年数 12 年) のみによる評価である。

3-4) 普通腹腔動脈造影写真63例のフィルムとサンプリングピッチ0.2mmのCRT像を対象に、脾臓、胆道系病変の有無について3人の放射線医A, B, Cに5段階で判定評価させROC解析を

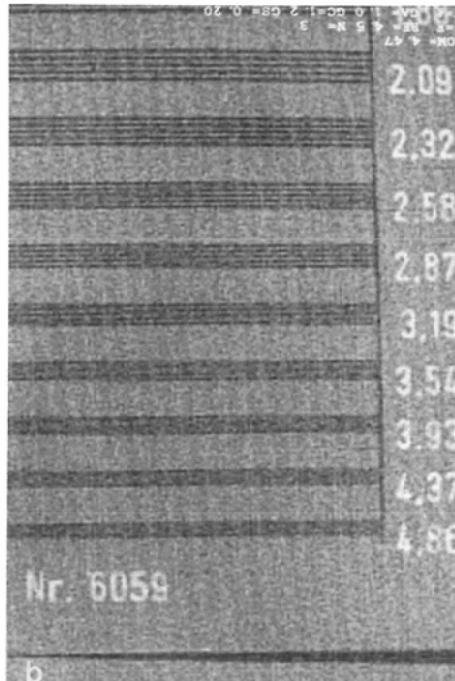
行った。(いずれもnon resident 経験年数はA, 10年, B, 6年, C, 5年である。)

4. 結 果

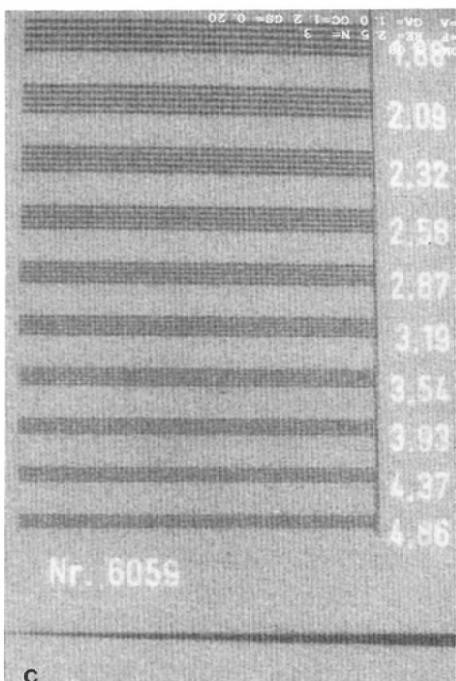
1-1) テストチャートでの評価 (Fig. 1)



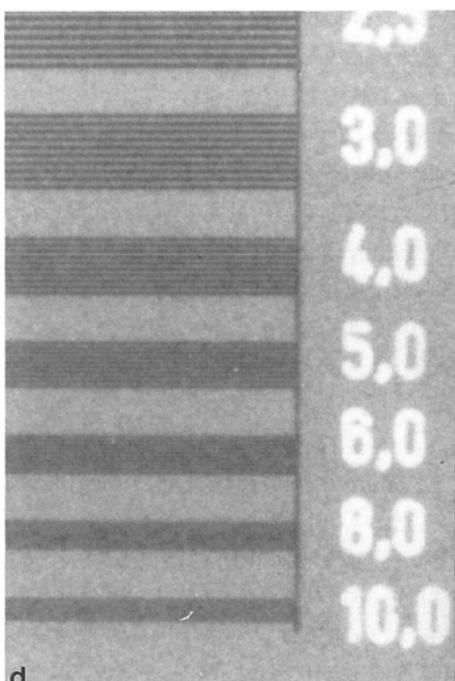
a



b



c



d

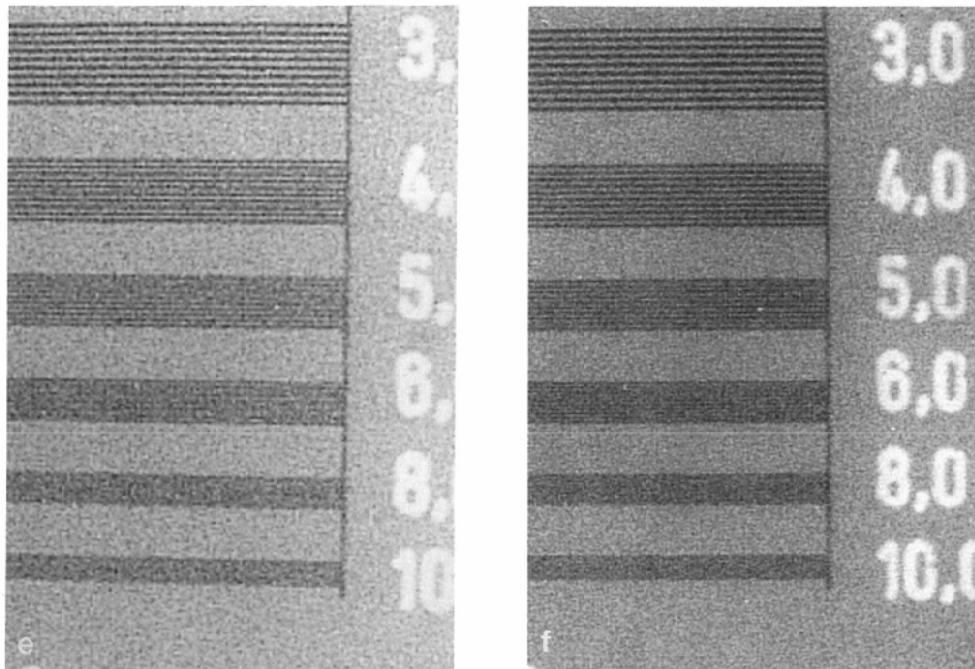


Fig. 1 Resolution of test chart image. a, film image ; about 3.9lp/mm b, CRT image with 200 micron pitch ; about 2.9lp/mm c, CRT image with 150micron pitch ; about 3.2lp/mm d, magnification film image ; about 5.0lp/mm e, CRT image with 200 micron pitch ; about 4.0lp/mm f, CRT image with 150 micron pitch ; about 5.0lp/mm

普通撮影フィルム像ではグリッド(格子比8:1, 40/cm)とテストチャートが直交する方向では約4.0lp/mmまで認識した。サンプリングピッチ0.2mmのCRT像ではグリッドの像とCRTの走査線との光学的干渉によるモアレ縞が生じフィルムに比して解像度は劣化し、約3.0lp/mmであった。0.15mmのサンプリングピッチでモアレ縞は認められたものの0.2mmに比べ目だたなくなった。解像度は約3.2lp/mmであった。

拡大撮影ではグリッドを用いないためモアレ縞は生じなかった。フィルム像では約5.0lp/mmまで認識した。CRT像ではサンプリングピッチ0.2mm, 0.15mmでそれぞれ約4.0, 5.0lp/mmまで認識した。

2-1) 血管造影ファムトムによるサブトラクションの評価 (Fig. 2)

普通撮影ではCRTサブトラクションはモアレ縞が一段と著明となり血管に見立てたチューブの

画像は鮮鋭度が劣化したが、対比度はサンプリングピッチ0.15mm, 0.2mmともCRT像が優れていた。

拡大撮影では対比度はサンプリングピッチ0.15mm, 0.2mmともCRT像が優れ鮮鋭度でもCRT像の方がフィルム像より優れていた (Fig. 2)。

3-1) 37例の普通血管造影原画像の評価 (Tab. 2) (Fig. 3)

鮮鋭度では0.2mm入力のCRT像ではモアレ縞による障害のためにフィルムに劣ったが、0.15mm入力ではフィルムと同等のものが多かった。

対比度においては0.2mm, 0.15ともフィルムより優れていた。

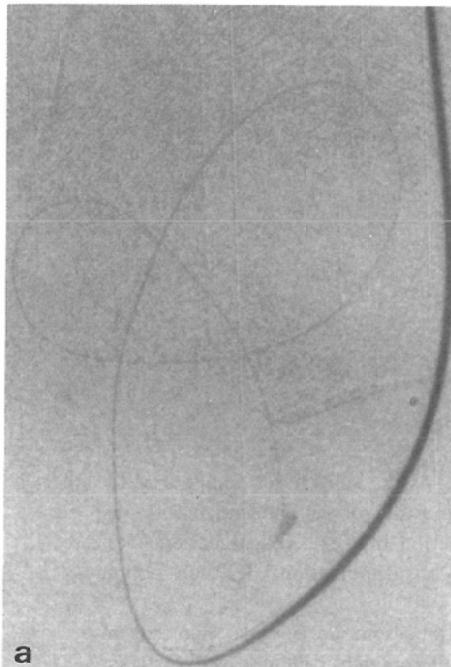
3-2) 27例の普通血管造影サブトラクション像の評価 (Tab. 3) (Fig. 4)

0.2mmでは鮮鋭度はフィルムと同等か劣っていたが、0.15mmでは同等であるか優れていた。

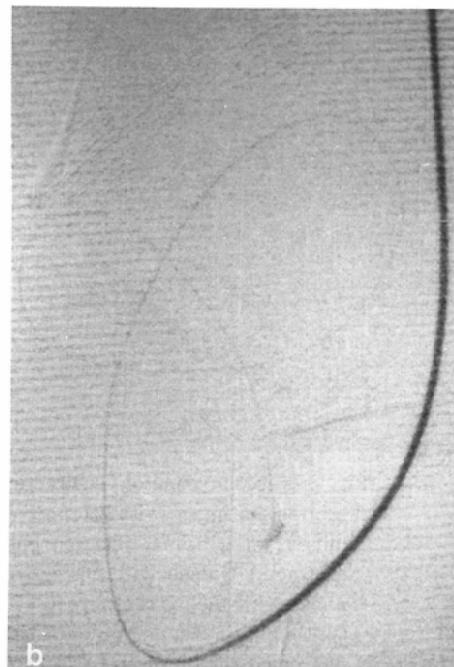
対比度においては0.2mm, 0.15mm ともフィルムより優れているか、少なくとも同等であった。

3-3) 61例の拡大血管造影の原画像、サブトラクション像の評価 (Tab. 4) (Fig. 5)

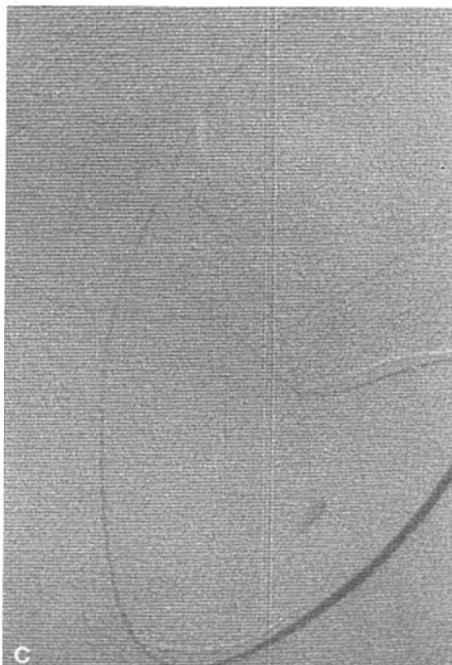
比較的太い血管の病変である脳血管障害例では鮮鋭度は原画像、サブトラクション像ともフィルムと同等のものが多く、対比度ではCRTのほうが多くのもので優れた。



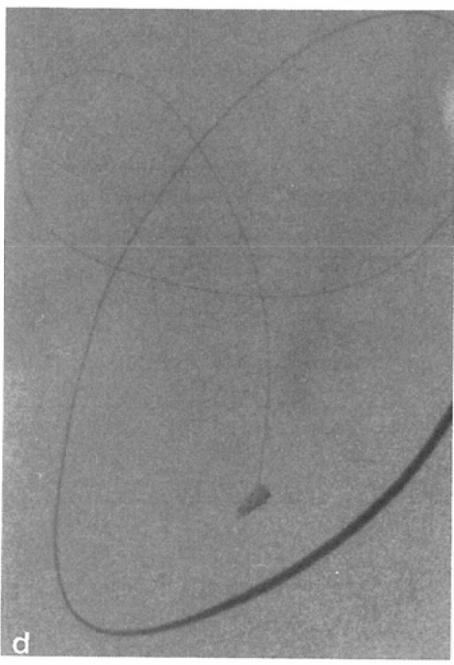
a



b



c



d

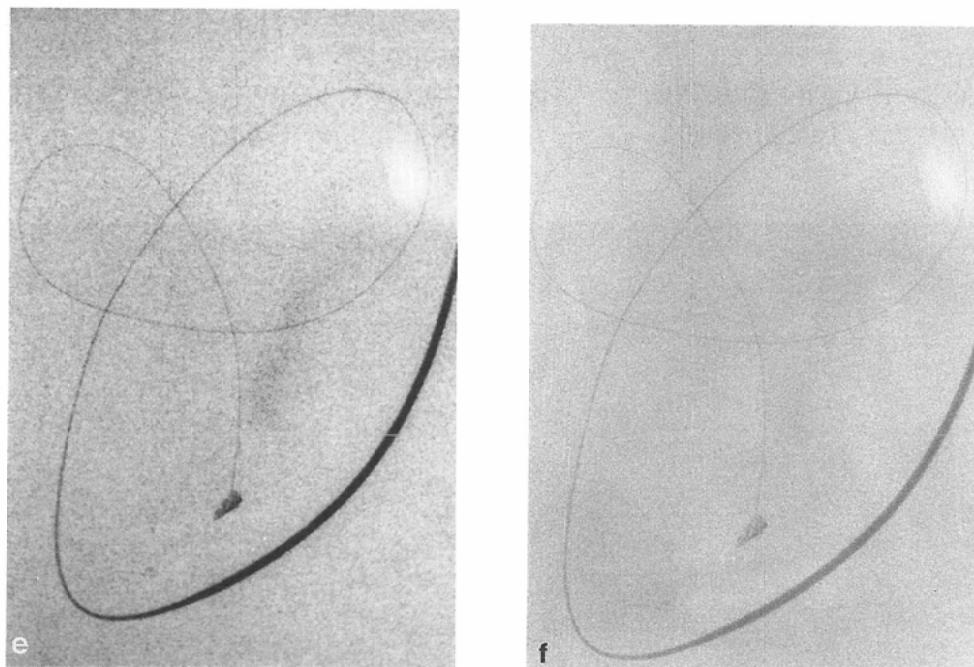


Fig. 2 vascular phantom subtraction image. a, film subtraction image b, CRT subtraction image with 200 micron pitch c, CRT subtraction image with 150 micron pitch d, magnification film subtraction image e, magnification CRT subtraction image with 200 micron pitch f, magnification CRT subtraction image with 150 micron pitch

On CRT with 200 micron pitch image spatial resolution is worse than that on film image due to Moire strips. With 150 micron pitch it is improved. Contrast resolution on CRT images is better than that on film image. On magnification CRT image with 200 and 150 micron pitch spatial resolution is better than that on film image. Contrast resolution is also better.

Table 2 Comparison of image quality between CRT and film image of 37 conventional angiographs

	CRT > film	CRT = film	CRT < film
sampling pitch			
spatial resolution	0.2mm	0	18
	0.15mm	8	19
sampling pitch			
contrast resolution	0.2mm	31	6
	0.15mm	30	0

細かい血管の病変である腫瘍を中心とした群では鮮銳度はフィルムと同等かそれ以上であり、対比度ではCRTのほうが優れたものが多かった。

Table 3 Comparison of image quality between CRT and film subtraction images of 27 conventional angiographs

	CRT > film	CRT = film	CRT < film
sampling pitch	spatial resolution	0	6
0.2mm	contrast resolution	19	7
0.15mm	spatial resolution	9	18
	contrast resolution	23	4

3-4) 63例の普通腹腔動脈造影を用いた臨床評価
ROC曲線(Fig. 6)においてフィルム像 CRT像

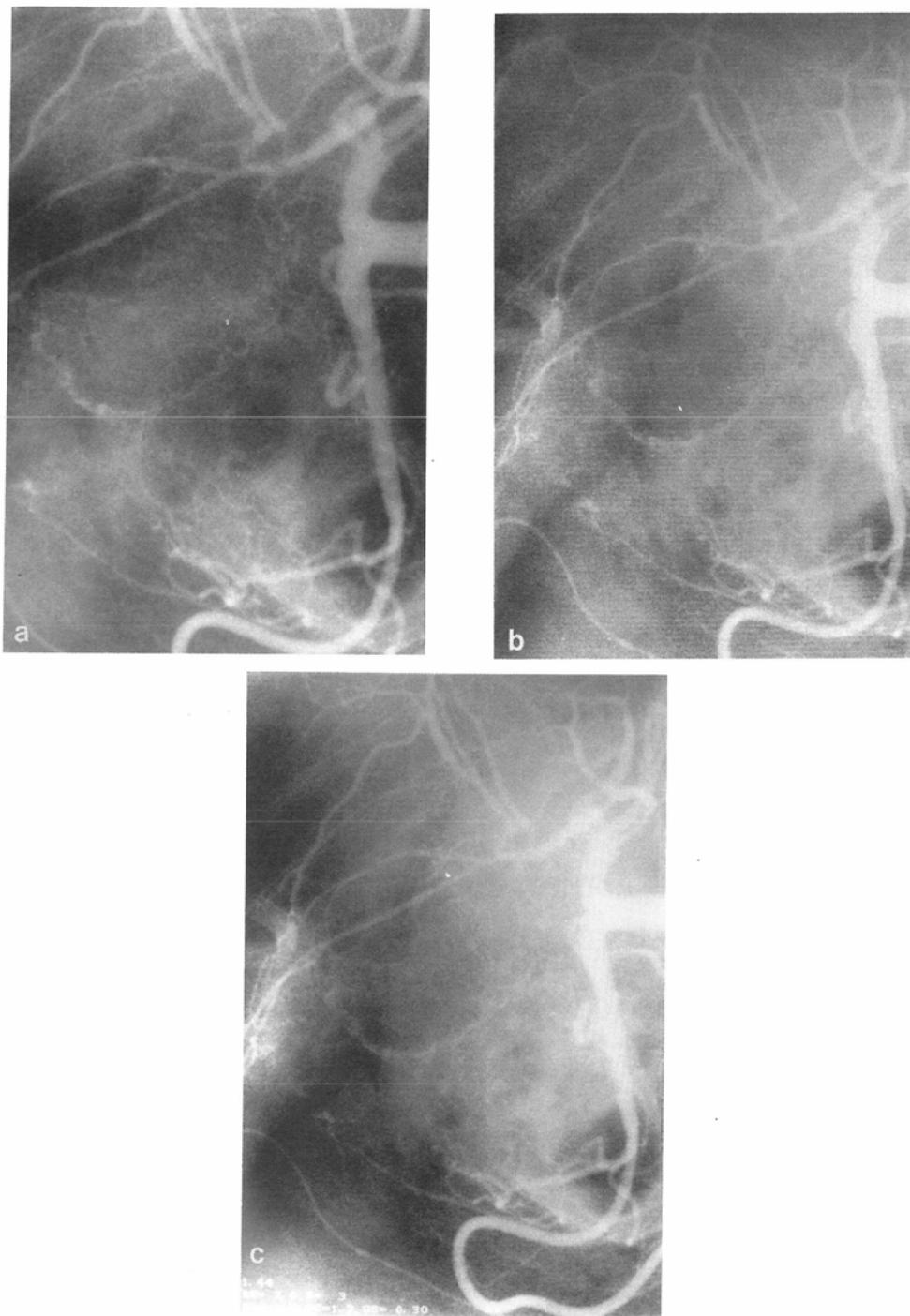


Fig. 3 Celiac arteriogram of a patient with gall bladder cancer. a, film image b, CRT image with 200 micron pitch c, CRT image with 150 micron pitch
CRT image with 200 micron pitch spatial resolution is worse than that on film image due to Moire stripes. With 150 micron it is improved. On CRT contrast resolution is better than that on film.

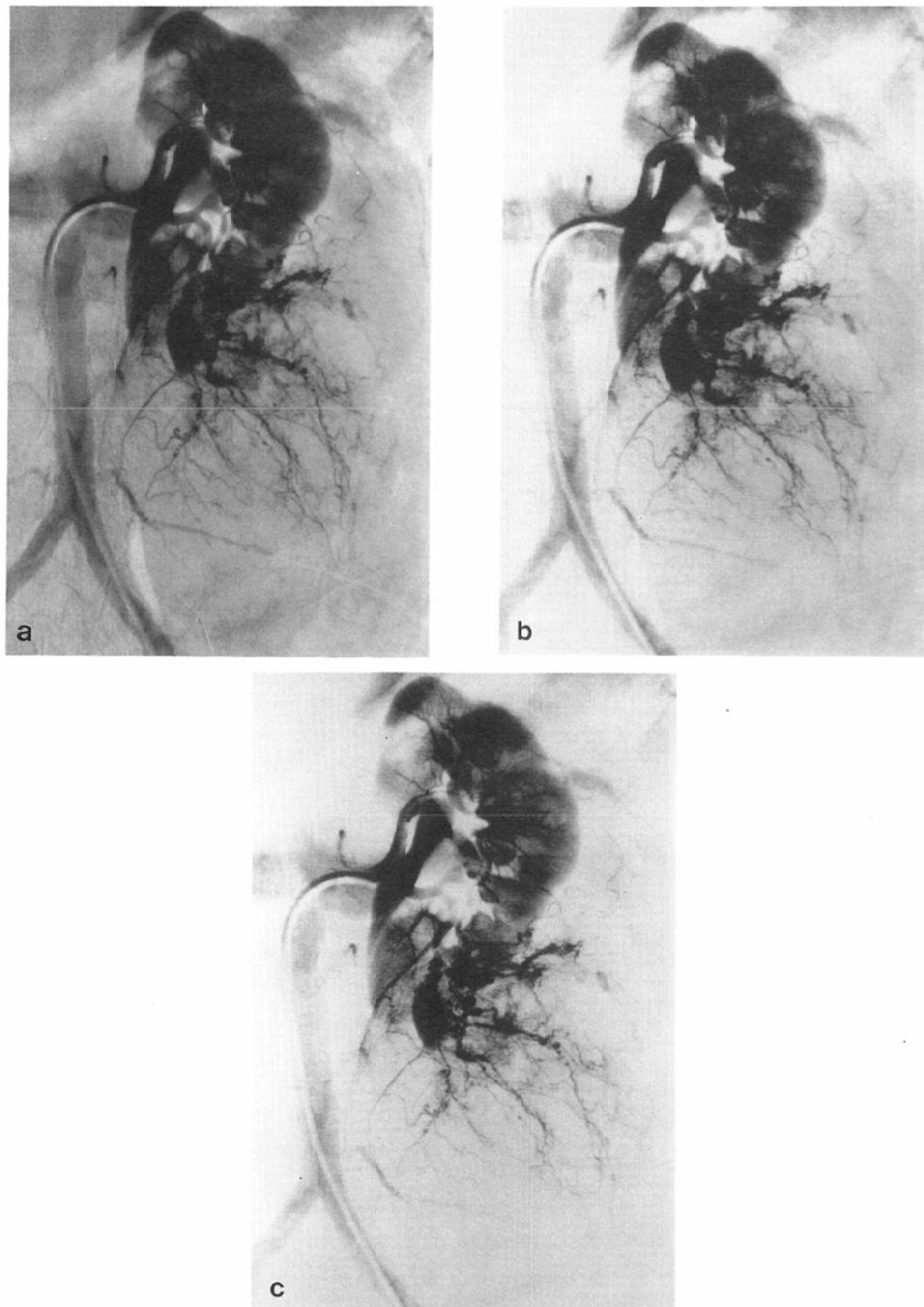


Fig. 4 Subtraction angiograms of a patient with angiomyolipoma. a, film subtraction image b, CRT subtraction image with 200 micron pitch c, CRT subtraction image with 150 micron pitch

On CRT image with 200 micron pitch spatial resolution is worse than that on film image, but with 150 micron pitch it is improved. On CRT image contrast resolution is better than that on film.

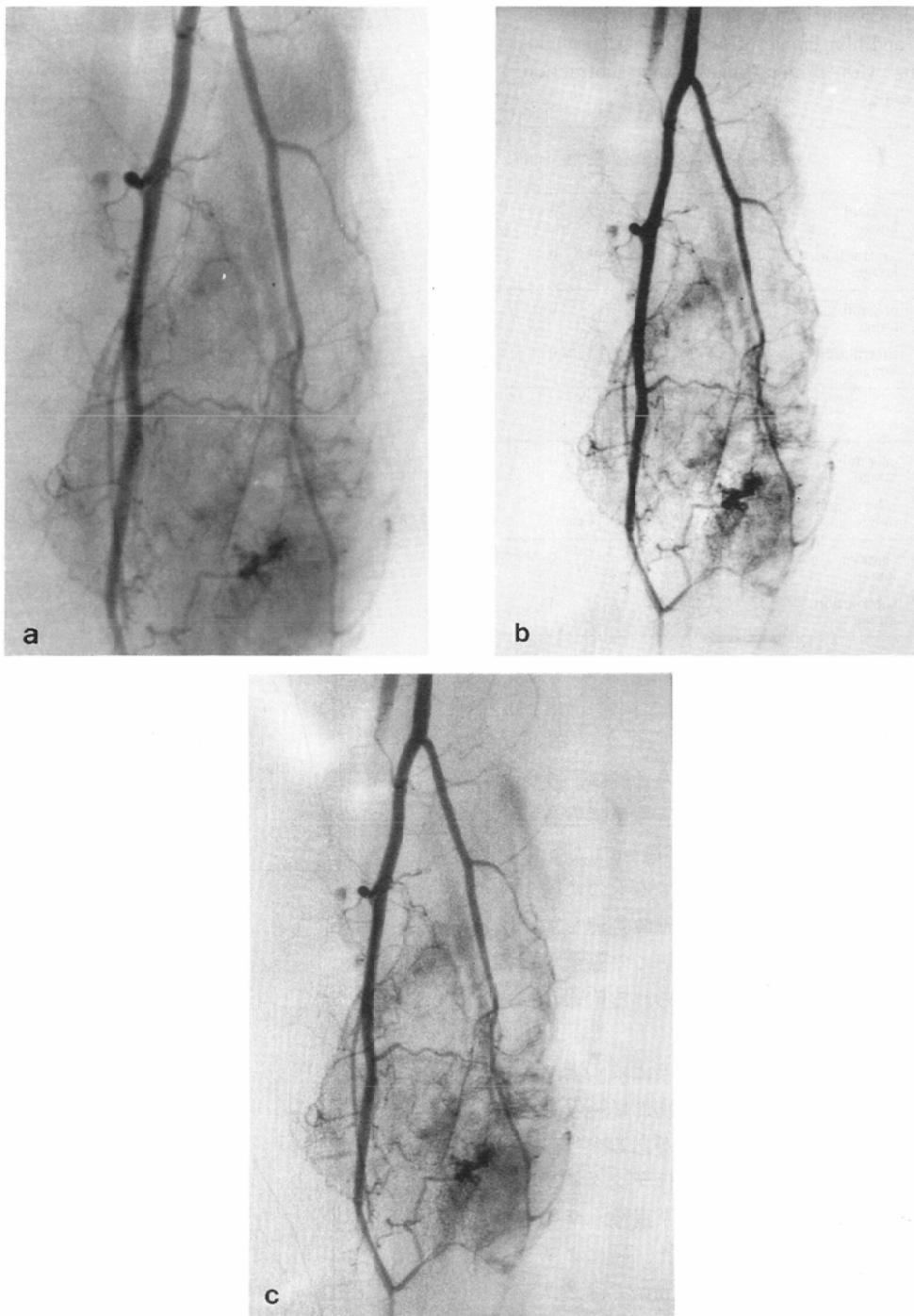


Fig. 5 Magnification subtraction angiogram of a patient with osteoblastoma.
a, film subtraction image b. CRT subtraction image with 200 micron pitch
c, CRT subtraction image with 150 micron pitch
On CRT images with 200 and 150 micron pitch spatial resolution and contrast
resolution are better than that on film image.

Table 4 Comparison of image quality between CRT and film image of 61 magnification angiographs with original mode and subtraction processing

cerebro vascular desiese	CRT>film	CRT=film	CRT<film
spatial resolution	original image	1	6
	subtraction image	0	7
contrast resolution	original image	5	2
	subtraction image	5	2
other desiese			
spatial resolution	original image	21	33
	subtraction image	17	36
contrast resolution	original image	37	17
	subtraction image	42	11

の間に統計的有意差はなかった。

5. 考 案

我々の医用画像診断システムの目標は、読影しレポートを附して整理した画像情報を診療各科にサービスするものである。血管造影のようにシリーズで沢山のフィルムを撮影するものに関しては診療上必要な画像を、適切な画像処理を加え選択した上で転送する必要がある。この際最も重要なことはフィルム原画像から得られる情報が損なわれないことである。

フィルム像をデジタル化する際には画素サイズが画質に影響をあたえることは胸部単純写真や基礎的検討についての多くの報告がある^{1)~10)}。血管造影像についても今回の検討ではデジタイザのサンプリングピッチはCRTの原画像、サブトラクション像の画質に影響をあたえ、特にグリッドを使用した普通血管撮影で0.2mmではグリッドとの光学的干渉によるモアレ縞が画質を劣化させた。フィルムを90度回転してデジタイザに入力した場合も、回転させなかった場合と同じ方向にモアレ縞が生じた。しかし0.15mmで入力するとモアレ縞は認められるもののその程度は改善され

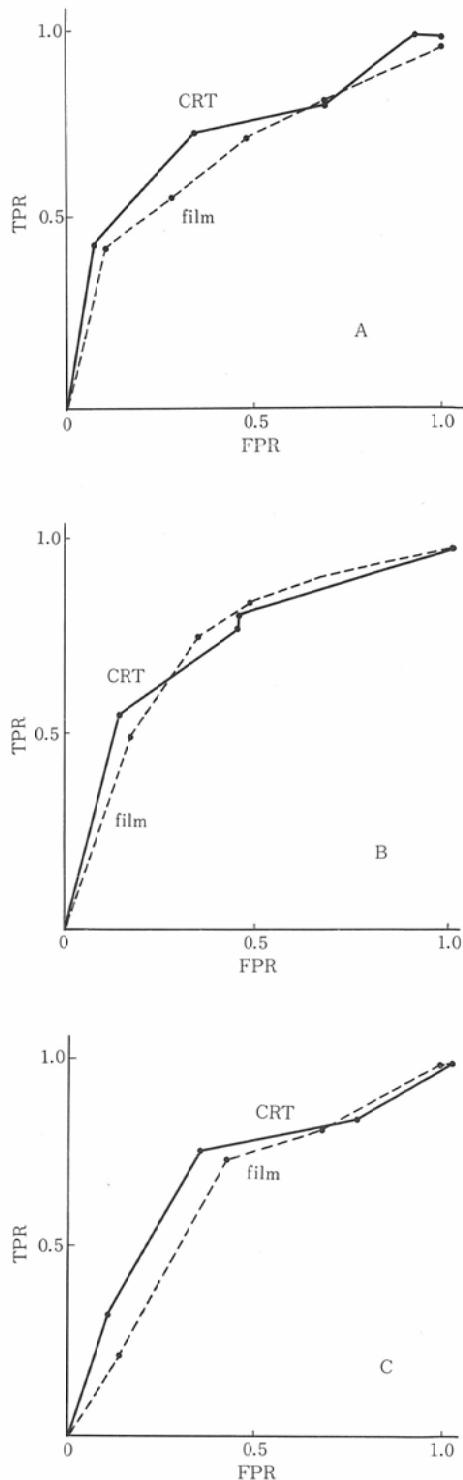


Fig. 6 ROC curves of radiologist A, B and C. No statistical significant difference between CRT image with 200 micron pitch and film image

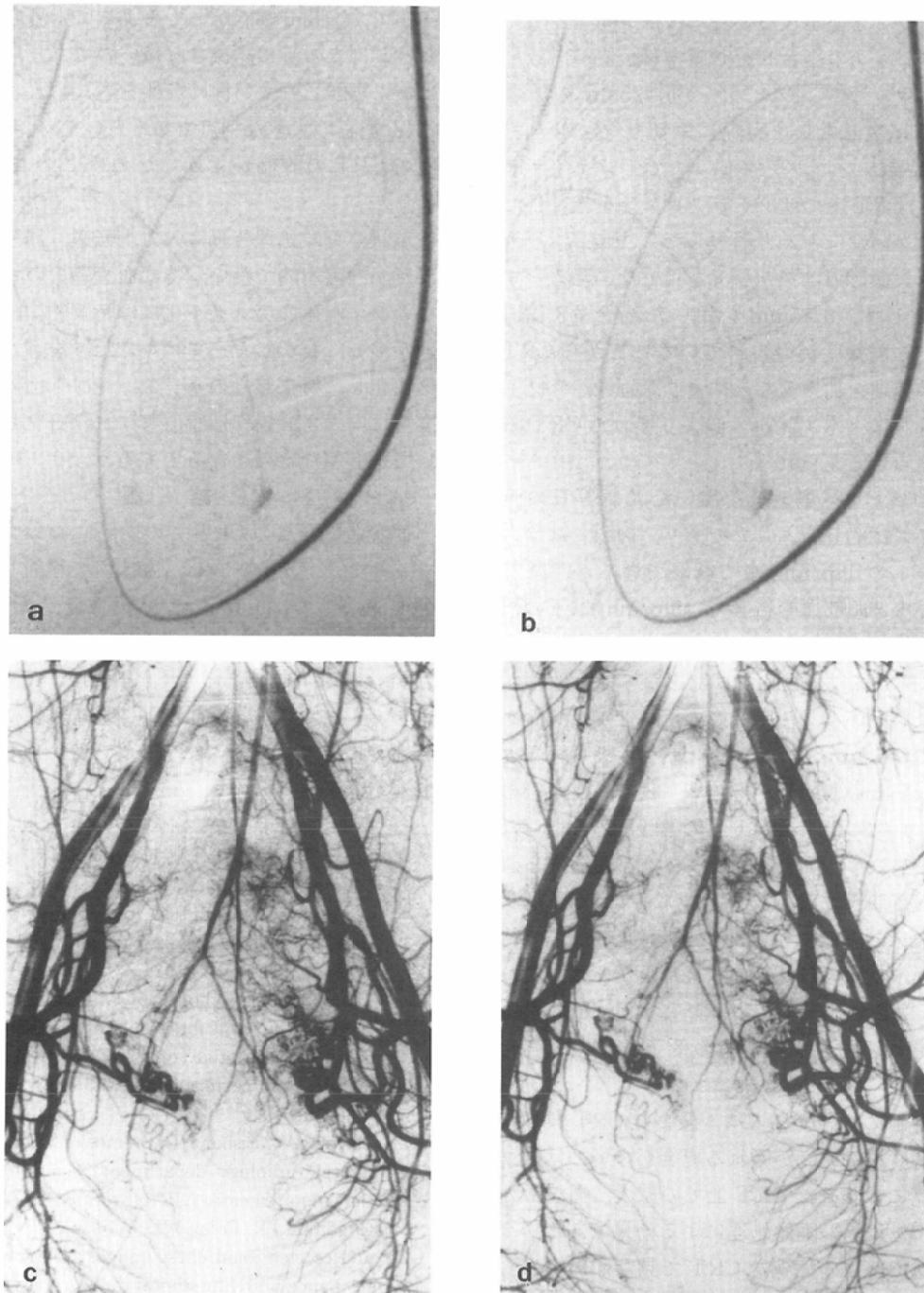


Fig. 7 a, vascular phantom CRT subtraction image with 150 micron pitch, b, vascular phantom CRT subtraction image with 125 micron pitch, c, CRT subtraction image of malignant schwanoma with 150 micron pitch, d, CRT subtraction image of malignant schwanoma with 125 micron pitch, Moire strips are less on 125 micron pitch image

た。グリッドを使用する場合には格子間隔とサンプリングピッチの組合せを考慮する必要がある。計算上はサンプリングピッチが0.125mmの整数倍であれば生じない、実際に六切りフィルムで0.125mmのサンプリングピッチでデジタイザーに入力し、CRT上でサブトラクションを施行したが、モアレ縞はほとんど消失した。(Fig. 7)それに対し拡大撮影ではグリッドを用いないためモアレ縞は生じず、0.15mmを用いた場合約3.2lp/mm以上の鮮鋭度が得られていることからCRT上で画像処理を加えることにより原画像、サブトラクション像ともフィルム像より優れたCRT診断が行えると考えられる。

通常のフィルム増感紙を用いたX線写真の画素のサイズは約6ミクロンであり、肉眼ではテストチャートの10lp/mmまで認識できるが、岡部ら¹¹⁾によると頭部血管造影では5lp/mm以下の情報量が全情報量の98.2%を占めるという。そしてMTFに関しては5lp/mm以上となても改善がみられないという。注腸造影のデジタルラジオグラフィでは0.1mmのピクセルサイズで原画像と変わらないという報告がある¹²⁾。我々の臨床例の評価では約3.2lp/mm以上の鮮鋭度であったCRT像ではフィルム像に劣らない評価が得られた。そして腹部血管造影を対象にしたROC解析による臨床的評価では0.2mmの画素サイズで約3.0lp/mmの解像力でも有意差がなかった。これらよりCRTでの血管造影診断には5lp/mmの鮮鋭度があれば大きな診断率の低下はないと言える。

臨床評価においてフィルム像よりCRT像のほうが鮮鋭度、対比度が優れる場合が多いのは観察者の視覚に合わせたCRT上の拡大、周波数処理、階調処理等の画像処理による効果である。今回の検討で多数の症例をCRTで見た印象では、高周波を軽度強調したのが見やすかった。階調に関しては観察する部分のフィルムの濃度によって様々であるという印象であった。1つのCRT画面では最高256階調の表示が可能であり、条件を変えれば1024階調まで可能であるが、人の目に実際に認識されるのはせいぜい数十階調でしかない。

そして、空間分解能がいくらよくても濃度差が少なければ人の目に認識されないのであり、人の目に最も認識しやすい様に条件を変えられることはCRT観察の大きな利点であるといえる。今回の検討でCRTの評価がよかったのはこのことによる。

現状の画像処理装置は入力、転送、観察に時間がかかり実用的でない。特に血管造影の場合は全てのフィルムのデジタル化には時間的、経済的問題が多い。しかしキーフィルムだけを選んでデジタル化し、将来装置のハード、ソフト面の性能をさらに向上させ操作性を改善すれば日常臨床においても有用なものとなるであろう。

6. 結 語

血管造影写真のCRTでの診断についてテストチャート、ファントーム、臨床例で検討した。普通血管造影では0.15mm、拡大血管造影では0.2mmのサンプリングピッチでフィルム像に劣らない診断が可能であった。0.125mmのサンプリングピッチが得られ、CRTの走査線もこれに見合って増せばフィルムに全く劣らない血管造影診断が可能となる。

文 献

- Foley WD, Wilson CR, Keyes GS: The effect of varying spatial resolution on the detectability of diffuse pulmonary nodules. Assessment with digitized conventional radiography. Radiology 141: 25-31, 1981
- Macmahon H, Vyborny CJ, Metz CE: Digital radiography of subtle pulmonary abnormalities: An ROC study of the effect of pixel size on observer performance. Radiology 158: 21-26, 1986
- Seeley GW, Fisher HD, Stempski MO: Total digital radiology department: Spatial resolution requirements. AJR 148: 421-426, 1987
- Goodman LR, Foley WD, Wilson CR: Digital and conventional chest images: Observer performance with film digital radiography system. Radiology 158: 27-33, 1986
- Lams PM, Cocklin ML: Spatial resolution requirements for digital chest radiographs: An ROC study of observer performance in selected cases. Radiology 158: 1119, 1986
- 福久健二郎、松本徹、飯沼武、他：胸部X線写真的CRT表示による読影診断, Medical Imag-

- ing Technology, 5: 49-60, 1987
- 7) 小林 博, 関谷 漢, 武山 明, 他: ローカル医用画像ファイリングシステム Medifile-1000 の使用経験, 映像情報, 6: 630-634, 1987
- 8) 稲本一夫: "PACS" その実用化へのアプローチ, 日本放学会誌, 43: 1536-1541, 1987
- 9) 前田知穂: PACS—21世紀への医療への布石—, 臨放, 31: 1383-1391, 1986
- 10) 遠山担彦, 赤木直樹, 久保嘉彦, 他: デジタル画像の画像処理と画質変化—デジタル化のマト
-
- リクス数およびピクセルサイズ, 日本放学会誌, 43: 1728-1732, 1987
- 11) 岡部哲夫: 放射線技術における自動化の諸問題, 日本放学会誌, 43: 152-158, 1987
- 12) Kastan DJ, Ackerman LV, Feczkko PJ: Digital gastrointestinal imaging: The effect of pixel size on detection of subtle mucosal abnormalities. Radiology 162: 853-856, 1987