



| | |
|--------------|---|
| Title | CRT表示におけるデジタルX線像の評価-基礎的及び臨床的検討- |
| Author(s) | 伊藤, 善之; 石垣, 武男; 佐久間, 貞行 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(8), p. 1024-1031 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/20759 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

CRT 表示におけるデジタル X 線像の評価

—基礎的及び臨床的検討—

名古屋大学医学部放射線医学教室

伊藤 善之 石垣 武男 佐久間貞行

（昭和62年11月16日受付）

（昭和63年1月11日最終原稿受付）

The Evaluation of Digital X-ray Images on CRT Monitor Display

Yoshiyuki Itoh, Takeo Ishigaki and Sadayuki Sakuma

Department of Radiology, Nagoya University School of Medicine

Research Code No. : 208.1

Key Words : Digital X-ray image, CRT monitor display,
Computed radiography

We have described fundamental and clinical evaluation of displayed images on CRT.

In fundamental study Funk chart and Burger's phantom were photographed using both conventional radiography and computed radiography (FCR). Conventional images were digitized using film-digitizer and displayed on the monitor of total digital imaging system, TDF-500AS. FCR images were also displayed on the monitor. And both images were compared. The results were summarized as follows.

1) In resolution power using Funk chart, there was no significant difference between digitized conventional film images and FCR images on the CRT (2.58 lp/mm). However, conventional film images were superior in resolution to both monitor images (3.93 lp/mm).

2) In the visibility using Burger's phantom digitized conventional film images on the monitor was improved by image processing like as contrast-enhancement, spatial frequency enhancement and optical magnification and approached to that of conventional film images. On the other hand there was no significant difference between FCR film images and FCR monitor images.

In clinical study we compared FCR film images to FCR monitor images using the ROC analysis of the detectability of abnormal shadows of the lung by three experienced radiologists.

Average ROC curves showed slight superiority of FCR film images to FCR monitor images. However, the ROC curve of FCR monitor images was superior to that of FCR film in one observer who was familiar to the monitor viewing of TDF-500AS. Monitor images will take the place of film images, though further technical advancements of the system, for example more precise pixel size, digital storage and transport of images are required.

緒 言

イメージングプレートを用いたコンピュータラジオグラフィーの開発や、デジタイザ入力による従来の X 線フィルム画像のデジタル化に伴ない、

フィルム画像を用いないで、CRT 画像表示による観察が可能となった。

今回、CRT 画像とフィルム画像とを基礎的及び臨床的に検討し、CRT 画像による診断の実用化の

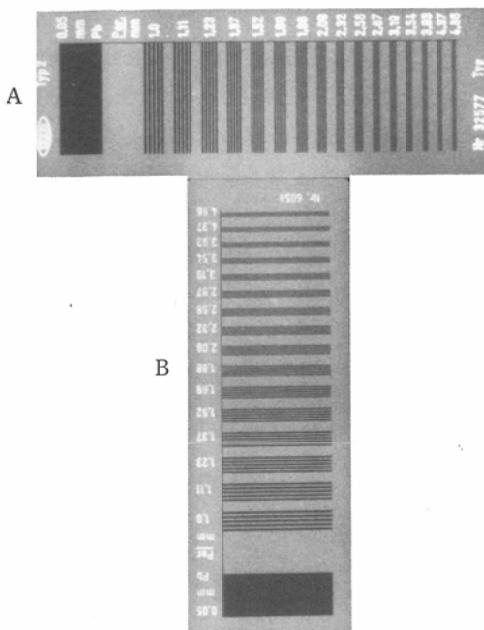


Fig. 1 A digital radiograph of Funk chart No. 32577 (A), No. 6059 (B)

A is parallel to the scanning line.
B is vertical to the scanning line.

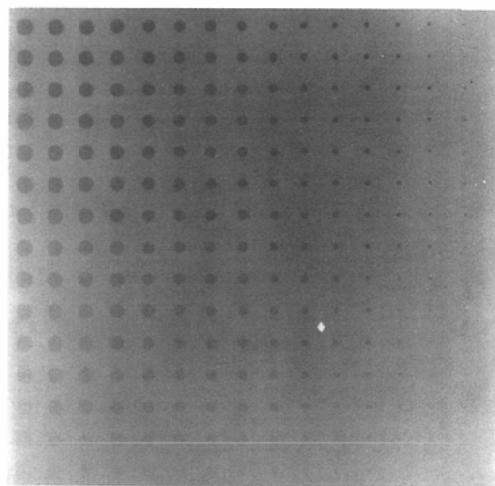


Fig. 3 A radiograph of Burger's phantom (concave type) The holes in each horizontal column are equal in depth but vary in diameter between 8mm and 1mm in 15 steps of 0.5mm, those in each vertical diameter but vary in depth between 8mm and 1mm in 15 steps of 0.5mm.

Table 1 Exposure factors of Test chart and Burger's phantom

- 1) Test chart (Funk No 6059, No 32577)
FFD 120cm, 80kVp, 50mA, 0.1s
focal spot X-ray tube : 1mm × 1mm
film size : 25.4 × 30.5cm (Fuji NIF RX)
intensifying screen : Fuji RX high screen standard
Imaging plate : 25.2 × 30.3cm (CR)
- 2) Burger's phantom
 1. conventional film
 - a) FFD 120cm, 80kVp, 50mA, 0.13s
 - b) FFD 120cm, 80kVp, 50mA, 0.10s
 - film size : 25.4 × 30.5cm (Fuji NIF RX)
intensifying screen :
Fuji RX high screen standard
 2. FCR
 - a) FFD 120cm, 80kVp, 50mA, 0.10s
 - b) FFD 120cm, 80kVp, 10mA, 0.07s
 - Imaging plate : 25.2 × 30.3cm

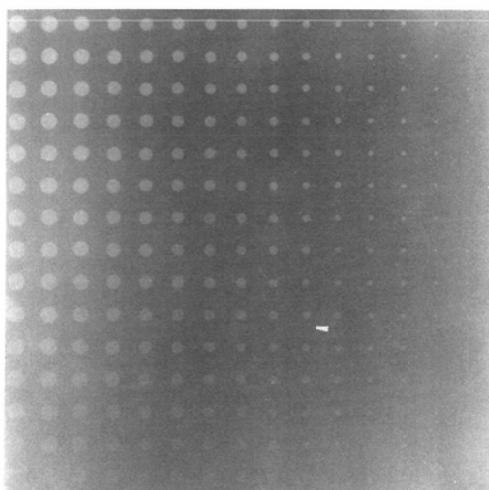


Fig. 2 A radiograph of Burger's phantom (convex type). The rods in each horizontal column are equal in thickness but vary in diameter between 8mm and 1mm in 15 steps of 0.5mm, those in each vertical diameter but vary in thickness between 8mm and 1mm in 15 steps of 0.5mm.

可能性について検討した。

対象および方法

使用した装置は、イメージングプレートを用いた Fuji Computed Radiography (FCR) (富士メディカル) 及び画像蓄積装置として TDF-500AS (東芝) を使用した。TDF-500AS の画像観察 CRT モニタは走査線数 1,635 本で表示画素数 1,024 ×

1,536本である。これにより従来のフィルムをデジタイザ入力させデジタル画像化して、CRT 画像上で観察できる。FCR は TDF-500AS と光ディスクを介して接続されており、FCR についても、CRT 上で、階調処理、周波数処理、反転、ズーミング等を行うことにより任意の領域を好適条件下で観察できる。

1) 基礎的検討

画質の比較は、空間解像力をみる目的で FUNK のテストチャート No. 6059 と No. 32577 をまた、濃度分解能をみる目的で、バーガーファントム凸型、凹型の 2 種類を用いた。それぞれのチャート及びバーガーファントムを従来のフィルムで撮影し、TDF-500AS のフィルムデジタイザで画像入力し、フィルムと CRT 画像とを比較した。またイメージングプレートを用いて上記のチャートを同様に撮影し FCR フィルムと、その CRT 画像についても比較した (Fig. 1, 2, 3)。

FUNK のチャートでは、2 個のチャートの一方が、CRT の走査線に平行の向きになるようにおたがいに垂直に置き撮影し、それぞれの解像力を肉眼により求めた。CRT 画像は、ズーミング処理で拡大させ、その解像力について検討した。バーガーファントムでは、2 種類の撮影条件で、フィルムと CRT 画像では、拡大、周波数処理、白黒反転等の画像処理をおこない識別曲線を求めた。チャートとファントムの撮影条件は Table 1 に示す。

2) 臨床評価

20 例の FCR 胸部単純正面像をフィルム像と CRT 画像に記録しそれぞれ画質の評価を ROC 解析により検討した。

胸部単純正面像にて、肺野を左右及び気管分岐部下端上下の 4 ブロックに分け、さらに肺野が心陰影と重なる領域と横隔膜下領域の 2 ブロック計 6 ブロックに分けて全例合せて 120 ブロックについてそれぞれのブロック内の異常影の有無を検討した。ブロック内の異常影の確定診断は X 線 CT、断層撮影、および臨床経過をもとにして行った。観察者は 3 名の放射線専門医で、異常影の確信度は、信号理論に基づき¹⁾5 段階とし、ROC 解析をおこなった。3 名の放射線科医のうち 2 名は、

CT や超音波断層での CRT 画像には慣れているがここで用いた TDF-500AS の CRT 観察は初めてである。他の 1 名は TDF-500AS の CRT 観察にもある程度経験もあり慣れている。CRT 画像上の操作については、著者の一人伊藤が、観察者の指示に従って操作した。

FCR フィルム像で、左画像 (従来の単純写真に近い処理)、右画像 (周波数処理を行ったもの) を観察させ、CRT 画像では、従来のフィルムに近い処理を加えた画像と、拡大、階調処理、白黒反転を加えた画像を観察させた。観察時間は制限しなかった。

結 果

1) テストチャート

従来のフィルム上でのチャートの解像力は縦、横方向ともに、3.93lp/mm であり解像力に差は認めなかった。デジタイザで入力した CRT 画像の解像力は、ズーミング処理を行なわなかった場合、縦 1.37lp/mm、横 2.09lp/mm だが、拡大するに従い、だいに解像力は改善され、縦横方向の解像力に差はなくなり、2.58lp/mm と一定になった (Fig. 4)。これに対して FCR フィルムの解像力

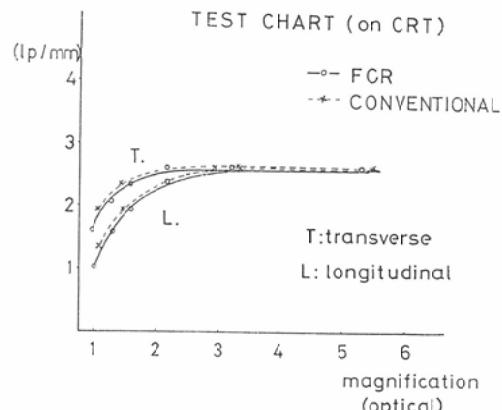


Fig. 4 Relationship between resolution power and optical magnification ratio obtained by using FUNK chart on the CRT.

Comparison between digitized conventional images and FCR images on the CRT. In resolution power there was no significant difference between the both images (2.58lp/mm). T; T is parallel to the scanning line. L; L is vertical to the scanning line.

は、縦2.09lp/mm、横2.58lp/mmであり、走査ビームと平行となった場合、その解像力は劣化した。一方FCRのCRT画像の解像力は、ズーミング処理を行なわない場合、CRTの走査線のため、縦1.11lp/mm、横1.52lp/mmと劣化したが、拡大するに従い改善され、縦・横方向に差はなく、2.58lp/mmで一定となった(Fig. 4)。更にFig. 4に示す如く、CRT上では、デジタイザ入力した従来のフィルムとFCRとの間には、解像力に関しては、有意な差は認められなかった。

2) バーガーファントム

従来のフィルム画像とデジタイザで入力したCRT画像との比較では、画像処理を加えないCRT画像では明らかにその可視領域は減少し、識別能は劣化した(Fig. 5、凹型ファントムの場合)。CRT画像に拡大処理を加えると識別能は多少改善された。しかし階調処理を加えコントラストをつけてやればCRT上での識別能は改善され、フィルムのそれに近づいた(Fig. 6)。凸型ファントムについても、ほぼ同様の結果となった。階調処理の効果は、凹型についての傾向がみられた。

FCRフィルム画像とFCRのCRT画像では、

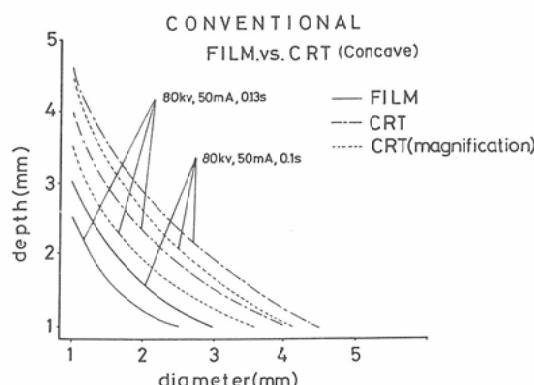


Fig. 5 Comparison of the visibility between the conventional radiograph and its digitized image on the CRT using Burger's phantom (concave type)

The conventional image was superior to the digitized monitor, although the monitor image was improved by optical magnification. Diameter ; diameter of the holes (1~8mm, step of 0.5 mm), Depth ; depth of the holes (1~8mm, step of 0.5mm)

識別曲線には、ほとんど差がみられなかった(Fig. 7)。バーガーファントム凸型像をCRT画像上で、白黒反転すると識別能は良くなるが、階調処理に比べやや劣った(Fig. 8)。

3) ROC 解析による臨床評価

観察者別のROC曲線でみるとTDF-500-ASのCRT観察に慣れた者(Fig. 9)ではむしろCRTの方が優れていた。これに対してCRT観察の経

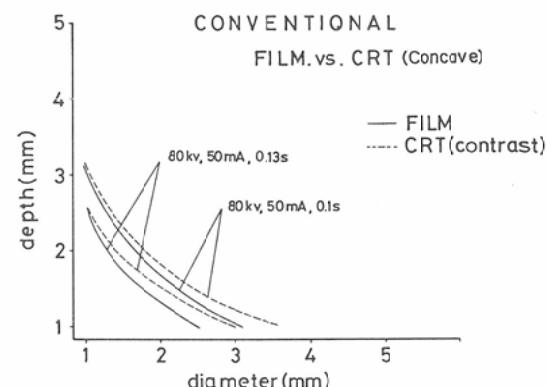


Fig. 6 Comparison of the visibility between the conventional radiograph and its digitized image on the CRT using Burger's phantom (concave type)

The visibility of the monitor image was improved by contrast-enhancement processing and approached to that of the conventional radiograph.

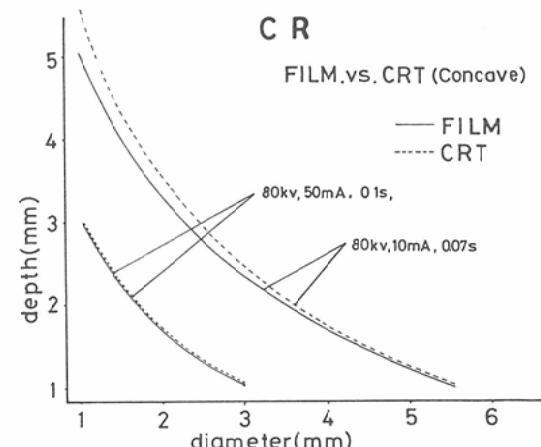


Fig. 7 Comparison of the visibility between FCR film image and FCR monitor image. There was no significant difference between the both images.

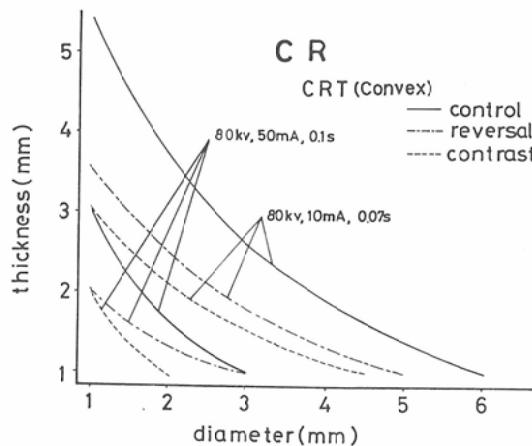


Fig. 8 Comparison of the visibility between FCR film image and FCR monitor image (convex type)

The visibility was improved a little by reversal mode and more improved by contrast-enhancement processing.

control; image near to conventional film, contrast; contrast-enhancement processing, reversal; reversal mode, Diameter; diameter of the columns (1~8mm, step of 0.5mm), Thickness; thickness of the columns (1~8mm, step of 0.5mm)

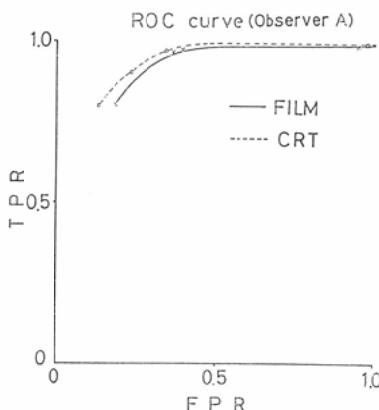


Fig. 9 ROC curve of the observer A, who was familiar to the monitor display of TDF-500A
The ROC curve of monitor image was superior to that of FCR film image in the detectability of abnormal shadows.

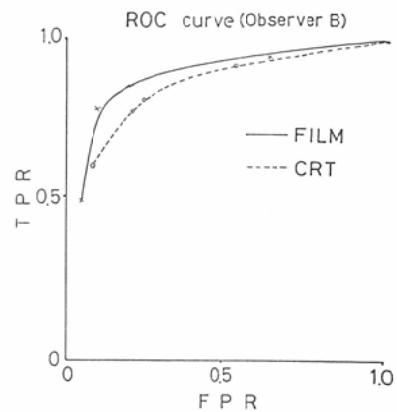


Fig. 10 ROC curve of the observer B

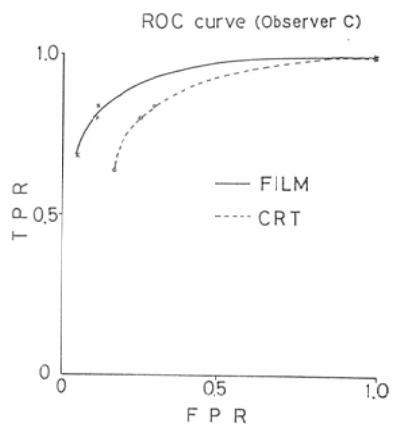


Fig. 11 ROC curve of the observer C
The observers, A and B were unfamiliar to the monitor display of TDF-500A. The ROC curves of FCR film image of them were superior to them of monitor.

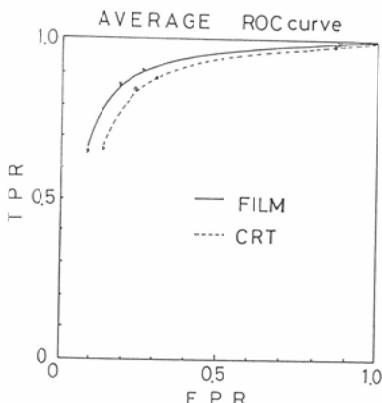
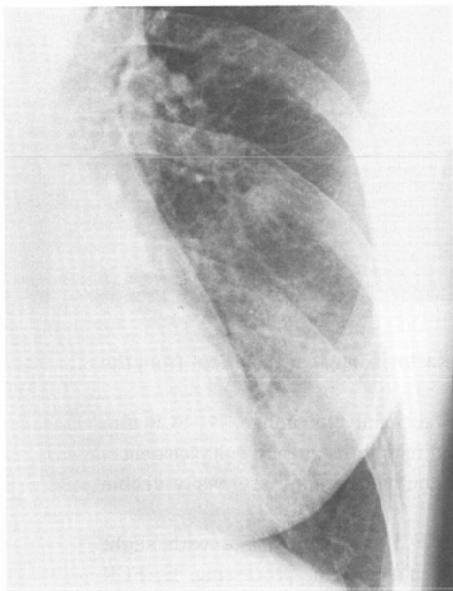


Fig. 12 Average ROC curves
Average ROC curves showed slight superiority of FCR film image to FCR monitor image.

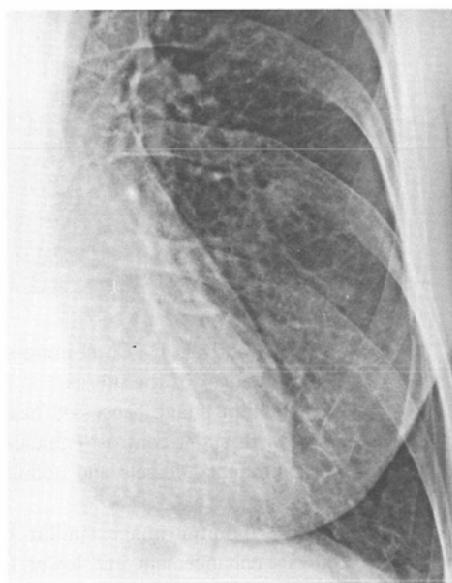
てCRT観察の場合は自由に画像処理が出来る点が有利であるとの事であった。子宮頸癌肺転移例のFCRフィルム像(Fig. 13, A-B)とCRT像(Fig. 13, C-F)を比べても、フィルム像の2画像と同様の処理を行ったCRT像はフィルム像と比べても変わりはなくしかも容易に反転・ズーミングや周波数・階調処理が行え有用であった。

考 察

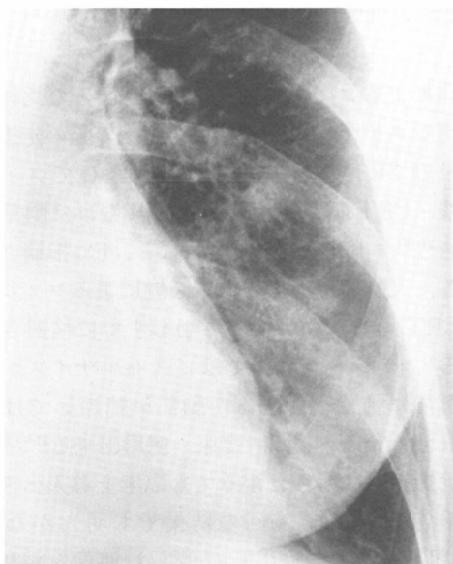
映像情報を蓄積しその他の患者情報と関連づけて活用する picture archiving and communication system for medical application (PACS)を実現するためにはモニター面での読影が情報量



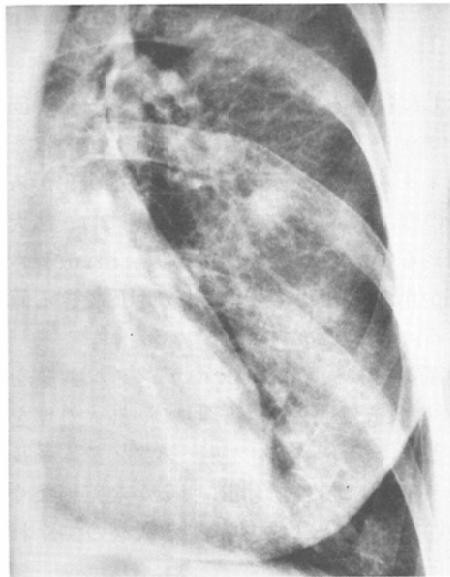
A



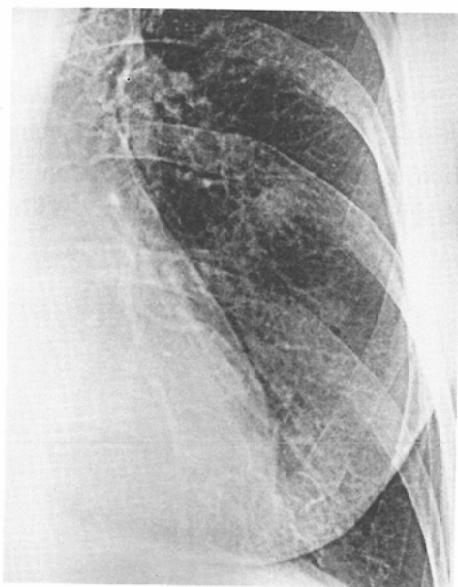
B



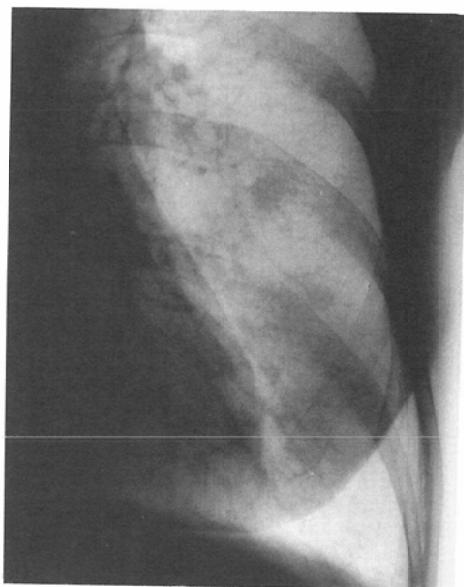
C



D



E



F

Fig. 13A, B, C, D, E, F Chest images of a metastatic lung cancer patient from the cervical cancer of the uterus

A; FCR film image processed near to conventional film image, B; FCR film image with slight contrast-enhancement and middle frequency enhancement. The pulmonary vessels and nodules under the heart image are easily visible comparing with A.

C; FCR monitor image similar to A, D; FCR monitor image with slight contrast-enhancement and lower frequency enhancement processing, E; FCR monitor image with slight contrast-enhancement and higher frequency enhancement processing, F; FCR monitor image with reversal mode

There is no significant difference between film and monitor images. On reversal image F, pulmonary nodules are more clearly visible than on C.

の減少なしに行えることが必須条件である。今回のテストチャートによる実験では CRT 画像は、従来のフィルム画像に比しその解像力に劣化がみられたものの、FCR フィルムとの比較では、拡大処理を加えることにより、解像力の劣化は改善され、2.58lp/mm となり、臨床に十分応用できる値と思われる。

今回の基礎的検討で、FCR のデジタル画像を CRT 上で周波数処理、階調処理及び、拡大処理を行なうことにより従来のスクリーンフィルム系及び、FCR フィルム像の画質間に明らかな差がなくなったわけであり CRT 画像による観察のすぐれた面と言える。

従来のフィルム画像とそのフィルムのデジタル

化によるフィルム像或は CRT 像との比較では、デジタイザによるデジタル化の際の走査の精度及び CRT の表示画素数に關係してフィルム画像・CRT 画像で劣化がみられる事は胸部単純撮影^{2)~6)}や消化管撮影⁷⁾⁸⁾において既に指摘されている。又胸部デジタル撮影装置によるフィルム像と CRT 画像についての評価もすでに検討されている⁹⁾。デジタル画像ではピクセルサイズが空間分解能に強く影響するが胸部単純撮影では最小限 2.5lp/mm あれば、臨床上使用出来る^{2)~4)6)}。消化管撮影ではもっと粗くても臨床上導入出来るとの報告もある⁷⁾。今回の結果でも明らかなように CRT 画像での検出能の高低は、画像を観察する経験とも相関する³⁾。従って CRT 観察に慣れれば、

簡単な操作により周波数・階調処理の他拡大、白黒反転もその場で自由に行なえる利点があるため、2画像表示のみのFCRフィルム画像よりはさらに多くの情報をCRT画像上で得られると考えられる。

今回用いたTDF-500ASシステムでは、CRTの表示画素数やソフト面での多くの改良点が要求される。特に肺の微細病変の解析や血管造影への応用の点では更に高い周波数領域の解像が必要である。このような画像蓄積・診断装置をさらに改良することにより、同時多発的に光ディスクに蓄積した多数種類の画像を必要時に再現して種々の画像処理を加え観察しこれに臨床情報を合せて検討することにより総合診断に向けてのPACSの実現化が可能となるであろう。

結論

CRT画像の評価を従来のフィルム像とFCRフィルム画像とで、テストチャートを用いて基礎的検討した結果、従来のフィルム像をデジタル入力したCRT画像は従来のフィルムと比べて、拡大、階調処理、周波数処理を行なってもやや劣るもの、FCR画像とは差がなく、又FCRではフィルム像とCRT像の間に有意な差は認めなかった。

胸部X線画像を用いたROC解析による臨床上の評価では、CRT画像に慣れている者ではフィルムより優っていた。画像蓄積装置のソフト面での改良やCRT画像における表示マトリックスの向上が必要であるがCRT画像はフィルムによる観察に代り得ると考えられた。

文 献

- 1) Swets JA: ROC analysis applied to the evaluation of medical imaging techniques. *Invest Radiol* 14: 109-121, 1979
- 2) 川平幸三朗、西谷 弘、松尾博基、他: フィルムからデジタル画像として入力する場合の空間分解能に関する検討—CRT出力画像について—、日本医学会誌、44: 854-856, 1984
- 3) Lams PM, Cocklin ML: Spatial resolution requirements for digital chest radiographs: An ROC study of observer performance in selected cases. *Radiology* 158: 11-19, 1986
- 4) MacMahon H, Vyborny CJ, Metz CE, Doi K, Sabeti V, Solomon SL: Digital radiography of subtle pulmonary abnormalities: An ROC study of the effect of pixel size on observer performance. *Radiology* 158: 21-26, 1986
- 5) Goodman LR, Foley WD, Wilson CR, et al: Digital and conventional chest images: Observer performance with film digital radiography system. *Radiology* 158: 27-33, 1986
- 6) Seeley GW, Fisher HD, Stempski MO, et al: Total digital radiology department: Spatial resolution requirements. *AJR* 148: 421-426, 1987
- 7) Kastan DJ, Ackerman LV, Frezko PJ: Digital gastrointestinal imaging: The effect of pixel size on detection of subtle mucosal abnormalities. *Radiology* 162: 853-856, 1987
- 8) Ishigaki T: Highmagnification X-ray television fluoroscopy. *Nagoya Med J* 21: 61-68, 1976
- 9) Chakraborty DP, Breathnach ES, Yester MV, et al: Digital and conventional chest imaging: A modified ROC study of observer performance using simulated nodules. *Radiology* 158: 35-39, 1986