



Title	胸部単純X線撮影におけるFCR(Fuji Computed Radiography)の画像評価-基礎的および臨床的検討-
Author(s)	小田, 純一
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1990, 50(12), p. 1485-1498
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19089">https://hdl.handle.net/11094/19089</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# 胸部単純X線撮影におけるFCR (Fuji Computed Radiography) の画像評価

—基礎的および臨床的検討—

新潟大学医学部放射線医学教室 (主任：酒井邦夫教授)

小 田 純 一

(平成2年3月19日受付)

(平成2年5月15日最終原稿受付)

## The Experimental and Clinical Evaluation of Digital Chest Radiography Using FCR (Fuji Computed Radiography)

Jun-ichi Oda

Department of Radiology, Niigata University School of Medicine

(Director: Prof. Kunio Sakai)

---

Research Code No. : 509.9

---

Key Words : *Computed radiography, Chest radiography, ROC curve, Image processing*

---

Image quality of digital chest radiography using FCR (Fuji Computed Radiography) was evaluated experimentally and clinically, comparing with the conventional radiography using regular film-screen system (F-S system).

1. In experimental study, Burger's phantom and Hawlet chart were used. The results were as follows:

1) Almost same amount of incident X-ray exposure was necessary for FCR to obtain the same resolution power as F-S system.

2) Contrast enhancement processing did not improve resolution power in FCR. It was improved by the processing of spatial frequency enhancement in the range of lower than 0.5 c/mm, but was decreased by the same processing in the range of higher than 0.5 c/mm.

2. In clinical study, chest radiograms of FCR and F-S system which were taken at the same day were evaluated. The results were as follows.

1) Firstly, the visibility of abnormal shadows which were classified into nine types was evaluated subjectively by two chest-radiologists. As the results, FCR was superior to F-S system in visibility of the lesions overlapping mediastinum and diaphragm, calcifications and bone lesions. FCR was, however, inferior to F-S system in visibility of ground glass shadows, fine reticular shadows and granular shadows.

2) In the second step, the detectability of those interstitial shadows was evaluated using ROC curve analysis. As the results, FCR was statistically inferior to F-S system in detectability of those interstitial shadows.

## I. はじめに

Fuji Computed Radiography(以下 FCR)<sup>1)</sup>の画像評価についてはすでに多くの報告がなされ、種々の撮影法においてその基礎的画像特性ならびに臨床的有用性の検討が行なわれている。胸部単純撮影についてもいくつか報告されているが<sup>2)~8)</sup>、正常構造や腫瘤影の描出能の検討が主体であり、また異常像の描出に関するものでもファントムを利用した報告がほとんどであり、その他の陰影についての報告や実際の臨床画像を用いたの検討はあまり行われていない<sup>7,8)</sup>。

胸部単純撮影の臨床的役割のもっとも大きな点は種々の疾患の初期診断であり、その意味では胸部単純写真は正常構造や腫瘤影を良好に示現するのみでは不十分であり、種々の異常陰影を診断に耐えうる形で描出することが要求される。従って胸部単純撮影の画像を評価する際には、腫瘤影のような一部の陰影のみについて検討を加えてもその画像を総合的に評価したことにはならず、それをもって臨床的な有用性を判定することはできない。

我々の施設では、1987年10月に FCR を導入してから一定の試行期間を経て1988年7月より胸部単純撮影を全面的に FCR のみに切り替えているが、この過程のなかで胸部単純撮影の種々の陰影を対象として、従来のフィルム・スクリーン系の撮影と FCR 画像を比較した基礎的・臨床的検討を行ない若干の知見を得たので報告する。

## II. 対象および方法

### 1. 基礎的検討

FCR の解像力をみるために二つのファントムによる検討を行った。濃度分解能を検討するものとしてパーガーファントム(京都科学標本社製)

を使用し、空間分解能を検討するものとしてハウレット・チャート(フジ写真フィルム工業社製)を使用した。

### (1) 撮影・処理方法

管電圧は80kVp(フィルタ-2mmAl, HVL 7.2 mmAL)で、撮影距離は180cmとしチャートおよびファントムはカセットに密着して撮影した。FCR 撮影ではイメージングプレートとして ST-II(周波数処理による解像力の変化に関する検討では ST-III)を使用し、プレートサイズは大角サイズのみとした。階調処理・入射 X 線量による解像力の変化に関する検討では、周波数処理は行わず、読み取りラチチュードは1.0、階調処理は直線階調とした。また、周波数処理を変える場合は入射 X 線量は0.60mRに限定し、階調処理は直線階調で GA 1.0、読み取りラチチュードは1.0とした。いずれも画像処理はすべて CR-201で行った。従来法の撮影は、増感紙-フィルム系として BM-3/RX と BH-3/RX を使用し、それぞれ素地濃度が0.85となるように0.60mR, 0.42mRを照射した。

### (2) 画像評価法

読影は経験4年以上の診療放射線技師4名により行われ、FCR 撮影および従来法の撮影とも6枚の同一撮影・処理条件のフィルムを読影し、パーガーファントム、ハウレット・チャートともその50%検出限界の標本サイズをもって表示した。

## 2. 臨床的検討

種々の理由で胸部 X 線検査が必要とされた患者445名を対象とし、単純撮影背腹正面像を従来法と FCR の両方法で同日に撮影し、得られたフィルムを検討対象とした。撮影処理条件を Table 1 に示す。なお、FCR 撮影はすべて CR-501を使用し

Table 1 Exposure factors, film-screen system and processing factors of conventional radiography and FCR

Exposure factors		Film-Screen system/Processing factors							
Conventional	140kVp, 100mA, phototimed	Screen: GRENEX G-4, Film: Fuji-HRS							
FCR	110kVp, 200mA, 0.05sec	Lt. side	GA	GT	GC	GS	RN	RT	RE
		Rt. side	1.0	E	1.6	-0.26	4	R	0.5
			0.9	A	0.8	-0.16	4	Q	3.5

た大角サイズでの撮影であり、画像出力は1/2縮小2画像方式を用いた。

### 1) スコア法による検討

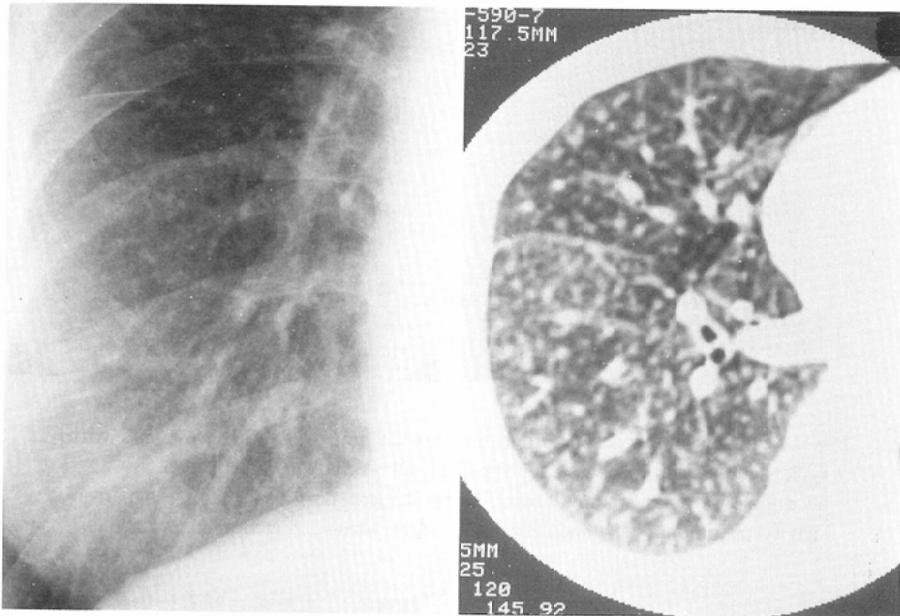
対象患者445名の中から有所見者95症例154所見を選び出し、9所見：①粒状影(5mm未満)、②網状影・スリガラス様陰影、③浸潤影、④斑状・索状影(陳旧性炎症様の陰影)、⑤結節・腫瘤影(5mm以上)、⑥骨病変、⑦気管・気管支病変、⑧石灰化、⑨その他(リンパ節腫大、胸膜病変・プラ等)に分類し、それぞれの所見について従来法とFCR法の示現能の優劣を5段階評価で主観的に判定した。5段階評価のスコアは、-2点：FCRでは診断に困難を感じる、-1点：FCRでは病変の性状が少し分かりにくい、0点：FCR・従来法とも同等、+1点：従来法では病変の性状が少し分かりにくい、+2点：従来法では診断に困難を感じる、とした。本法によるスコア判定は2名の胸部専門の放射線科医が行った。

次いで代表的な肺野病変を有する7症例を対象とし、胸部診断経験3年以上の放射線科医5名による同様な5段階評価法による主観的な検討を行った。

### (2) ROC解析による検討

CT、経気管支肺生検および臨床経過から間質性病変の確認されている症例のうち、胸部単純写真での病変確認が比較的困難であると考えられた症例30症例を有所見群とし、臨床経過から間質性病変は存在しないと判断された30症例を無所見群としてROC解析を行った。有所見症例の選択は無作為ではなく、所見が比較的確認しにくい症例が選ばれたことから、間質性陰影としては淡い網状影・スリガラス影・びまん性粒状影のいずれかの所見を呈する症例が選択され、所見の指摘が容易な粗い網状影や索状影を呈する症例は除かれた。従って疾患としては初期の特発性間質性肺炎・過敏性肺臓炎・サルコイドーシス・薬剤性肺炎・甲状腺癌の微小肺転移などの症例が選択された。代表的な症例のCT像と胸部単純写真(従来法)をFig. 1に示す。

読影は6年以上の臨床経験と3年以上の胸部診断経験を有し、解析の対象として選択された症例の胸部単純写真に接する機会を持たなかったと判断された放射線科医6名が行った(このうちFCRによる胸部診断経験が一年以上あるものが3名含



a

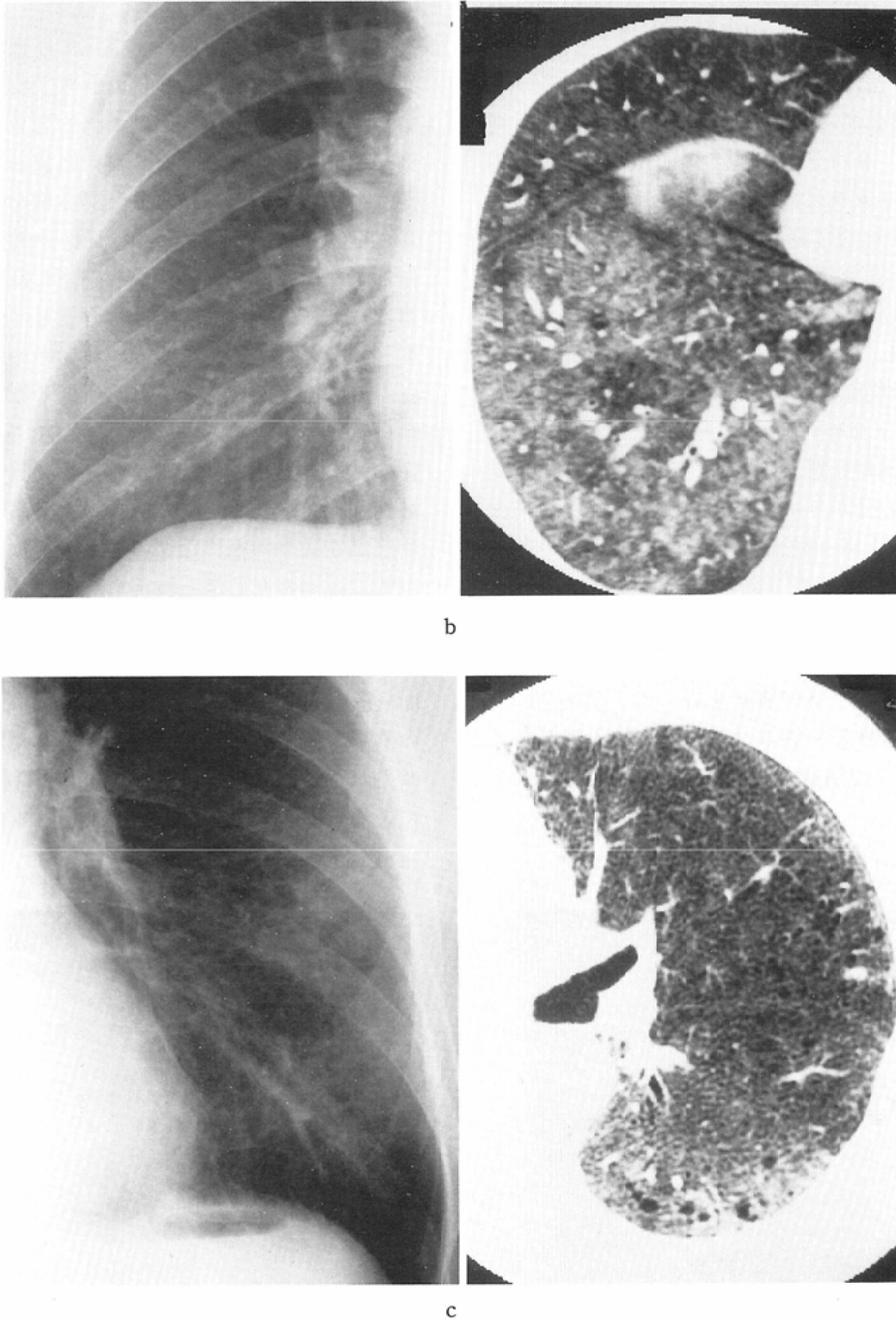


Fig. 1 Conventional chest radiograms and CT images in three patients with typical interstitial diseases used for ROC curve analysis.  
 a) diffuse granular shadow (sarcoidosis). b) ground glass shadow (hypersensitivity pneumonia). c) fine reticular shadow (drug induced pneumonia).

まれる)。読影時間は一分以内とし、上記三種類の  
 間質性陰影以外の所見（腫瘤影、浸潤影など）は

無視し、これらの間質性陰影の存在についてのみ  
 判定するように注意が与えられた。読影に際して

は臨床情報は一切与えなかったが、読影者からの要請があれば年齢のみは伝えた。また読影は二回に分けて行われ、初回は60症例のFCRか従来法かのフィルム of のいずれかを無作為に選択して得られた60枚を読影し、二回目は三週間後に残りの60枚を読影した。判定は5段階評定法により行った。

III. 結 果

1. 基礎的検討

(1) ハウレット・チャートによる解像力の検討  
 ハウレット・チャートにおける、入射 X 線量と画質値 (Image Quality) との関係を図. 2 に示す。FCR 画像では特性曲線の傾きを変える階調処理である GA (回転量) を変化させた場合の画質値、従来法では“方法”の項で述べた一定の線量

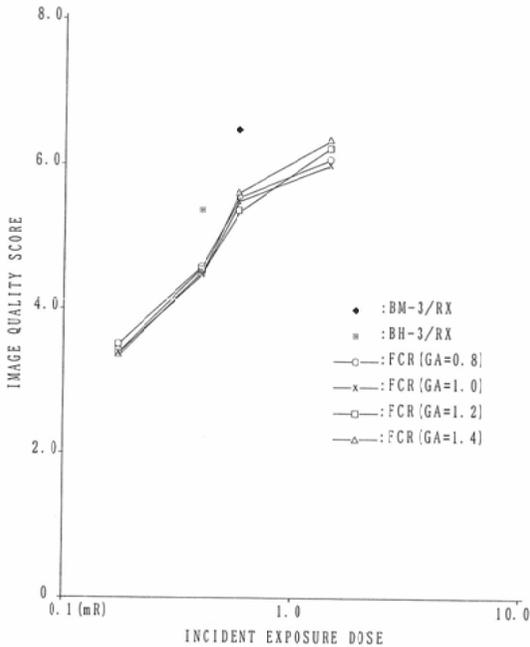


Fig. 2 Comparison of the detectability between conventional radiography and FCR using Hawlet chart in different incident exposures. FCR was processed by contrast enhancement procedure with different weight value (GA=0.8, 1.0, 1.2, 1.4).

により撮影されたフィルムでの値を表示してある。画質値とは Table 2 のように空間周波数と対数関係にある値で、ハウレット・チャートによる検出能に相当する<sup>9)</sup>。

FCR 画像では入射 X 線量が多くなるほど画質値が高くなる傾向がみられるが、同一線量における従来法と比べると、BM-3/RX、と BH-3/RX のいずれの場合でもより低い画質値となっている。また、階調処理である GA を変えても検出能にはほとんど変化のないことがわかる。

(2) バーガー・ファントムによる解像力の検討  
 入射 X 線量を変えて、バーガー・ファントムを撮影し、縦軸に50%検出限界のファントムの厚みをと、横軸に標本サイズ (穴の直径) をとると Fig. 3 のようになる。

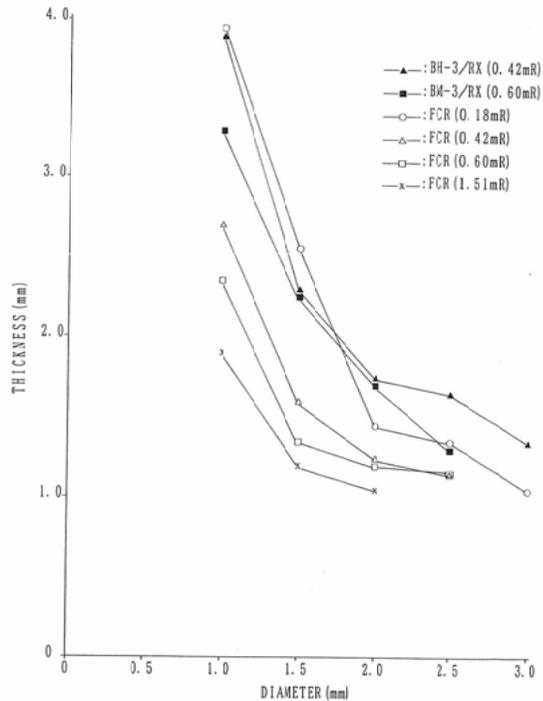


Fig. 3 Comparison of the detectability between conventional radiography and FCR using Burger's phantom in different incident exposures.

Table 2 Relationship between image quality score and spacial frequency

Image quality score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spacial frequency (L/mm)	0.5	0.6	0.7	0.83	1.0	1.19	1.43	1.72	2.0	2.35

ハウレット・チャートでの検討結果と同様に FCR 画像では入射 X 線量が増加するとともに検出能が高くなる傾向が認められる。しかし同一 X

線量では、従来法の BM-3/RX, BH-3/RX のいずれよりも高い検出能を示しており、BH-3/RX (0.42mR で撮影) の場合はほぼ 1/2 の線量である 0.18mR で撮影した FCR 画像と同等の検出能で

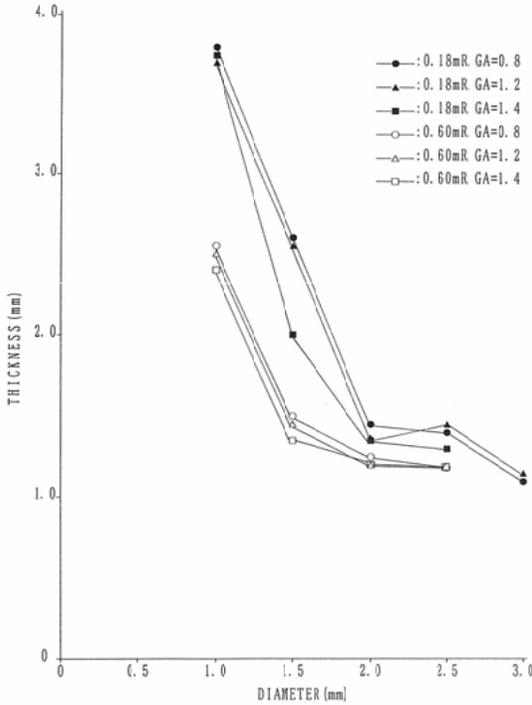


Fig. 4 Comparison of the detectability of FCR using Burger's phantom which was processed by contrast enhancement procedure with different weight value (GA=0.8, 1.2, 1.4).

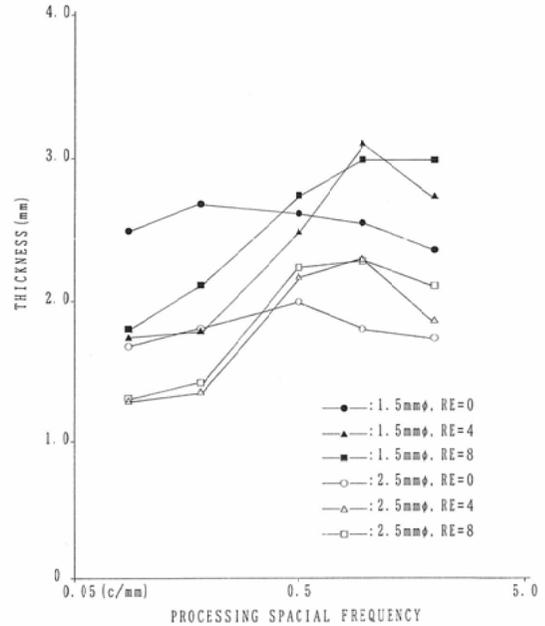


Fig. 5 Comparison of the detectability of FCR using Burger's phantom which was processed by spatial frequency enhancement procedure with different weight value and different cycle (RE=0.4, 8).

Table 3 Results of subjective comparative evaluation of detectability between conventional and FCR films in the interpretation of nine types of abnormal chest X-ray findings

Types of abnormal findings	No. of findings	Total scores #
granular shadow (<5mm)	24	- 16
reticular and ground glass shadow	14	- 12
infiltrative shadow	15	-4
patchy and strand like shadow	40(4)*	-3(+3)*
nodular and mass shadow (5mm≤)	29(4)*	0(+3)*
bony lesion	9(2)*	+5(+2)*
lesion of trachea and large bronchus	3	+4
calcification	10	+ 12
others	10	+2

\* : Number in parenthesis indicate scores of lesions behind the mediastinum and diaphragm.

# : Total subjective scores of two chest-radiologists. Each finding was scored by the following criteria. -2: Conv.>>FCR, -1: Conv.>FCR, 0: Conv=FCR, +1: Conv.<FCR, +2: Conv.<<FCR.

あった。

階調処理 (GA) を変えた場合の FCR 画像の検出能の変化は Fig. 4 に示すとおりである。階調処理は解像力の向上には寄与しないことがわかる。

1.5mm および 2.5mm の 2 種類のサイズの標本について、周波数強調度 (RE) を変えた場合の検出能の変化を Fig. 5 に示す。横軸は FCR の周波数処理において強調する空間周波数レベルを対数値で表示してある。1.5mm, 2.5mm のいずれの場合も低周波数領域を強調した場合に検出能の向上がみられ、高周波数領域を強調した場合にはむしろ検出能が低下する傾向が認められる。この検出能の逆転は 0.5c/mm (FCR における周波数ランク (RN): 5 にあたる) 付近を境にしておこっている。また、強調度 (RE) を 4 から 8 と強くしてもそれ以上の検出能の向上は認められない。

## 2. 臨床的検討

### (1) スコア法による検討

従来法と FCR の同日撮影で異常所見のみられた 95 症例 (154 所見) について、胸部専門放射線科医 2 名による両撮影法の主観的優劣評価の結果を Table 3 に示す。FCR 画像は、縦隔・横隔膜に重

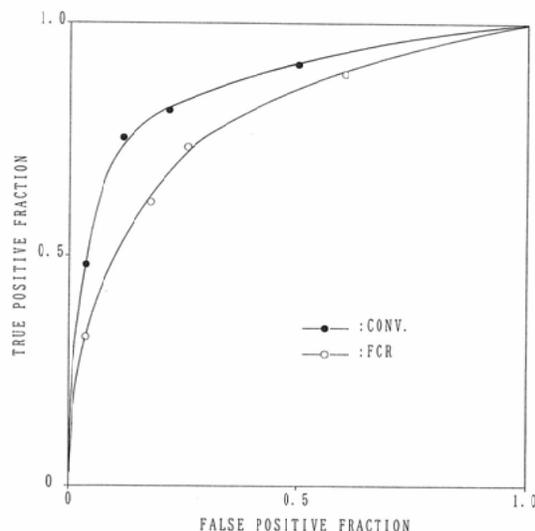


Fig. 6 ROC curves show the performance of six radiologists in the detection of interstitial infiltrate using conventional radiography and FCR. The difference in accuracy was statistically significant ( $p < 0.005$ ).

なる部分や太い気管・気管支の病変の示現についてはスコアが高く、従来の撮影よりも優れている傾向がみられ、また石灰化や骨病変の示現性にも優れていた。しかし 5mm 未満の粒状影や網状・スリガラス影ではスコアが低く、FCR はこのような陰影の検出能において従来の撮影よりも劣るといふ結果であった。

同様に、代表的な肺野病変を有する 7 症例を対象とした 5 名の放射線科医による主観的な 5 段階評価の結果を Table 4 に示す。石灰化を伴った結節影と腫瘤影では FCR 画像が優れていたが、その他の淡い網状影、淡い浸潤影、スリガラス影、粗い網状影、び漫性粒状影 (5mm 未満)、では FCR が従来の撮影に比し劣っている傾向がみられ、Kolmogorov-Smirnov test ではび漫性粒状影で有意な差が認められた ( $p < 0.025$ ).

### (2) ROC 解析による検討

6 名の放射線科医による読影結果をまとめたものを Fig. 6 に示す。有意差の検定は ROC 曲線下の面積を利用する McNeil らの方法に従った<sup>10)11)</sup>。従来法の診断確度が FCR による診断よりも明らかに高いことを示している ( $p < 0.005$ ).

経験年数によって分けた場合は、胸部診断経験 5 年以上のグループ (3 名: 経験 23 年, 12 年, 6 年), 5 年未満のグループ (3 名: 経験 4 年, 3 年, 3 年), いずれにおいても従来法が FCR よりも診断確度が高いという結果であった (Fig. 7)。ただし統計的に有意差がみられたのは 5 年未満のグ

Table 4 Results of subjective comparative evaluation of detectability between conventional and FCR films in the interpretation of typical pulmonary abnormalities

Case No.	Type of abnormal findings	Average score ( $\pm$ S.D.)#
1	nodular shadow with calcification	+0.2 $\pm$ 1.16
2	fine reticular shadow	-0.8 $\pm$ 0.40
3	patchy infiltrative shadow	-0.6 $\pm$ 0.80
4	ground glass shadow	-0.4 $\pm$ 0.48
5	coarse reticular shadow	-0.6 $\pm$ 1.20
6	mass shadow	+0.6 $\pm$ 0.48
7	diffuse granular shadow	-1.4 $\pm$ 0.48*

\*: statistically significant ( $p < 0.025$ )

#: average subjective scores of five radiologists

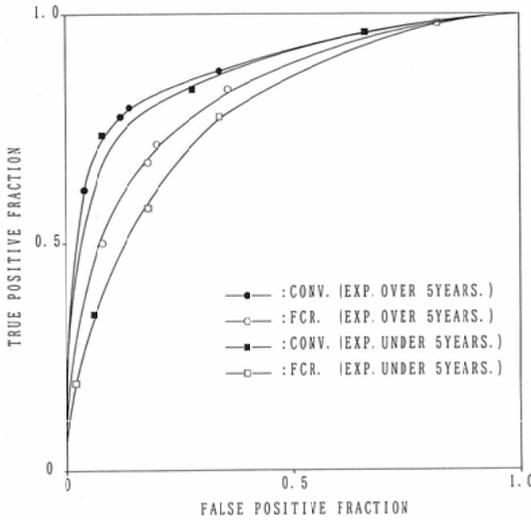


Fig. 7 ROC curves show the performance of two groups of radiologists classified by the length of clinical experience in the detection of interstitial infiltrate. The difference in accuracy between conventional radiography and FCR was statistically significant ( $p < 0.005$ ) only in the group with less than five years experience.

グループのみであった( $p < 0.005$ ). また、経験年数による診断確度の違いという面のみを見た場合は、従来法でも FCR でも経験 5 年以上のグループが 5 年未満のグループよりも少し診断確度が高いという傾向がみられ、この差は FCR の場合によりはっきりしていた。しかし FCR、従来法のいずれでも統計学的な有意差はなかった。

FCR による胸部診断経験 (1 年以上) の有無で分けた場合では、経験有りのグループ (3 名: いずれも FCR の経験は 1 年, 胸部診断経験は 12 年, 6 年, 3 年) でも、経験なしのグループ (3 名: 2 名は FCR の経験全くなし, 1 名は経験半年, 胸部診断経験は 23 年, 4 年, 3 年) でも、いずれの場合も有意差をもって ( $p < 0.05$ ) 従来法による診断確度が FCR よりも高かった (Fig. 8). FCR 経験の有無による診断確度の違いという面のみを見た場合は、従来法でも FCR でもその診断確度にほとんど違いはみられなかった。

#### IV. 考 察

##### 1. 基礎的検討に関して

FCR の検出能に関する基礎的な検討はすでに

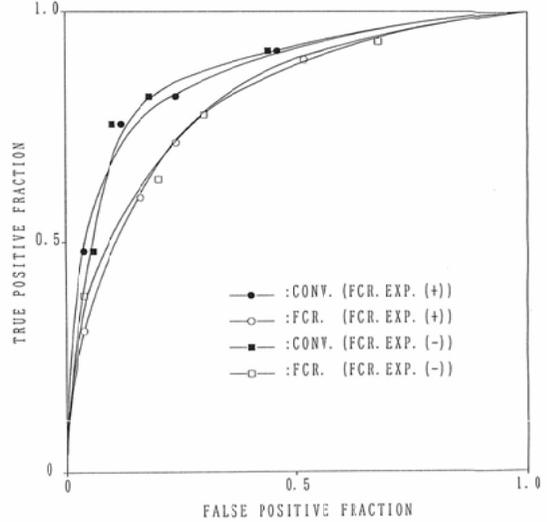


Fig. 8 ROC curves show the performance of two groups of radiologists classified by the presence or absence of clinical experience of FCR diagnosis. The differences in accuracy between the two groups were not demonstrated.

いくつか報告がなされている<sup>12)~14)</sup>。三原らはハウレットチャートを用いた検討で、FCR の検出能は入射 X 線量と相関し、その検出能の変化には粒状性の変化がもっとも大きく関与しており、低コントラストで微細な被写体の観察には FCR の場合は従来法よりもむしろ大きな線量を必要とすると述べている<sup>12)</sup>。今回の我々の入射 X 線量と検出能との関係をみた検討でも同様な結果が得られており、ハウレットチャートによる検討では同一線量では FCR の方が従来法に比しその検出能が劣っていた。またパーガーファントムによる検討では、同一線量では従来法よりも少し優れた検出能を示したが、それも 1/2 の線量となるとほぼ同等となった。ハウレットチャートとパーガーファントムで検出能に若干の違いがでたのは、パーガーファントムの場合その検出能に濃度分解能の関与する部分が多いことから、FCR の特長である広いラテチュードが低コントラスト領域での検出能を向上させているためと考えられた。しかし、いずれにしても入射 X 線量が減少するとその検出能が低下する傾向は明らかであり、従来のフィルム・スクリーン系と同等な解像力を得ようとするなら

ば、少なくとも従来法と同等な入射 X 線量が必要と考えられた。

また、今回我々は画像処理が検出能に与える効果についても検討したが、階調処理は検出能にほとんど影響を与えることがなく、周波数処理はその強調する周波数により検出能が異なってくるという結果であった。

土井は FCR に使われているようなポケマスク法による周波数処理について、増強する周波数領域 (FCR における周波数ランク: RN) とその強調する度合 (FCR における、強調度: RE) によってその検出能は複雑に変化するが、ある程度以上の高周波数領域を強調するとその検出能はむしろ低下する傾向がある、と述べている<sup>15)</sup>。今回の我々のパーガーファントムを使っての検討でも同様な傾向が認められ、この検出能が逆転するレベルは標本サイズにはほとんど関係なく、0.5c/mm (RN: 5) の領域であることも明らかとなった。この検出能の逆転の原因ははっきりしないが、パーガーファントムの穴のサイズは最小が、1.0mm であり FCR が RN: 5 を越えて強調しているのはこれよりもさらに小さいレベルであることから、使用したファントムに特有な現象である可能性も考えられる。しかし Fig. 5 で示した 1.5mm, 2.5mm の二種類の場合よりもっと大きいサイズでも同様な RN: 5 を境とした検出能の逆転がみられており、検討した標本サイズと強調する空間周波数との関係によってたまたま生じた現象とは考えにくい。また我々の経験では、実際の臨床画像を用いて周波数処理を加えた場合にも、高周波数領域を強調した際には画像のザラつきが目立ち画質が劣化してくる印象があることから、この高周波数領域での周波数強調がもたらす解像力の低下という現象は普遍的なものであると考えられる。

## 2. 臨床的検討に関して

我々は臨床的な検討として、最初に従来法と FCR 画像の病変示現能について主観的な優劣比較を行った。最初の検討をあえて主観的なものとした理由は、臨床画像の画質の判定には種々の画像解析の手段よりも、日常診療において常に臨床

画像に接している経験豊かな診断医の印象をもっとも重視すべきであると考えたからである。この検討の結果、縦隔や横隔膜などの正常構造に重なる病変や石灰化については、すでに報告されているように、FCR は従来法に比し所見を良好に描出していた。しかし、通常の肺野病変については、従来法と同等かむしろ劣っている面もみられ、特に小さい粒状影や間質性陰影とよばれる網状・スリガラス影についてはこの傾向が顕著であるという結果であった。この主観的な検討の結果は、その後行った 5 名の放射線科医に対するアンケート結果によっても支持され、ある程度の客観性を有していることが確認された。また、当施設で胸部撮影を全面的に FCR に変更して三カ月後に臨床各科の医師を対象として調査したアンケート結果でも、これらの間質性陰影が見にくいこととフィルムサイズが 1/2 であることが FCR の欠点として挙げられており、放射線科医だけでなく他科の医師もこのような傾向があることを認めている<sup>16)</sup>。我々はさらに、これらの FCR では描出不良であると考えられた陰影のうち特に所見が微妙である、薄い網状影、スリガラス影、び漫性粒状影に注目して臨床症例を使った ROC 解析を行ったが、これらの陰影については FCR では診断確度も低下することが確認された。

FCR の肺野病変の診断能に注目した報告はあまり多くはないが、ROC 解析を利用したものとして本邦では鬼塚、孫田の報告がある<sup>5)</sup>。鬼塚は疑似陰影を用いて肺胞性陰影、間質性陰影、腫瘤影という多彩な陰影に対する診断能を、FCR と従来法を比較して検討し、肺胞性陰影については FCR ではその診断能に問題があるが、その他の陰影については従来法と FCR では違いはないとしている。また孫田は、疑似腫瘤を用いて腫瘤影のサイズの違いによる診断能を、同様に FCR と従来法を比較して見ており、5mm 径と 8mm 径の腫瘤では診断能に差はないが 3mm 径の腫瘤については従来法が FCR よりも診断能が劣ると結論している。今回の我々の検討では、これらの報告とは若干異なった結果となっている。この原因として考えられるもっとも大きな点は、いずれの報告も

ROC 解析の対象として臨床画像ではなく胸部ファントムと疑似陰影を使っているという点である。通常の胸部ファントムでは肺野には心陰影、大血管陰影、骨陰影が重なっているだけで、実際の胸部写真でみられるような末梢の肺血管や、気管支、肺胞構造などがなく画像工学的には、いわゆる“ノイズ”がほとんどない肺野となっている。しかし実際の胸部単純写真で病変を見出していく場合には、これら肺野の正常な微細構造と異常影との判別がしばしば問題となり、特に今回我々が検討対象としたような小さい粒状影や、スリガラス影、淡い網状影などの読影においては、これらの正常構造の“ノイズ”から“シグナル”としての病変をどの程度検出できるかという点が大きなポイントとなってくる。上記の報告はこの“ノイズ”のない状態での実験結果であり、そのため実際の臨床画像で検討した我々の結果とは異なったものとなったと考えられる。

臨床画像におけるノイズの問題については土井の報告がある<sup>15)17)</sup>。土井はボケマスク法による周波数処理の効果をみる実験において、間質性陰影を強調するような処理を加えたと肺野の正常構造までも強調する結果となり、周波数処理を加える前の画像よりも診断能が低下してしまったという結果を提示し、臨床画像を構成しているこれら正常構造のノイズの問題に言及している。この結果からもわかるように、胸部写真の診断能を検討する際にはこの正常構造の持つ“ノイズ”の問題は避けて通れないものであり、従って、標本としては多少均質性や、客観性に欠けるきらいはあるものの、胸部写真の診断能の検討、特に我々が今回検討したような、正常構造との判別が困難であるような陰影の診断能の検討には、実際の臨床画像を用いるべきであると考えられる。

欧米では、FCR の導入がまだそれほど進んでいないため FCR 画像の評価に関する報告は少ないが<sup>7)8)</sup>、最近 Schaefer らは、CT で確認された異常陰影 (135例, 244所見) について、FCR 画像と従来法のフィルムを使った ROC 解析を行い、全体としては FCR と従来法に診断能の違いはないが、縦隔に重なる病変と 2cm 以上の腫瘤影に関し

ては、FCR の診断能が従来法に比し有意に高いと報告している<sup>8)</sup>。しかしこの報告では、有意差はないものの 2cm 以下の腫瘤影では従来法の診断能が FCR よりも少し高い傾向を示しており、その点では我々の検討と矛盾するものではない。また、対象となった異常所見には我々が今回注目したような間質性陰影は 19 所見しか含まれておらず、全体の診断能に影響を与えるには至らなかったものと考えられる。

FCR や CRT 画像などのデジタル画像の診断能については、いわゆる“慣れ”の要素も関与してくるといわれているが<sup>17)</sup>、今回の我々の ROC 解析の結果では FCR による診断経験が一年程度ではその診断確度が向上しているということはなく、また従来法での診断年数が長い場合もそれによって FCR での診断確度が低下するという傾向も認められず、むしろ経験年数が長ければ従来法でも FCR でもわずかではあるが診断確度が高くなっていった。今回の ROC 解析は FCR 診断経験の有無と、経験年数による違いを、独立した要素として比較検討したわけではないが、FCR の診断経験が一年程度では、それまでの従来法による経験年数の違いによって生じる診断確度の差をこえる程の“慣れ”とはなっていないということはいえるであろう。しかし、この“慣れ”の要素は単純に評価できるものではなく、それまでの従来法による経験年数と FCR の経験年数、画像に対する好みなどが複雑に関わってくると思われる。実際 FCR 導入後二年半を経過した現在では、ここで検討したような間質性陰影を含む微妙な異常所見を把握することが以前よりも容易となってきたという印象を我々は持っており (FCR による胸部撮影系を ST-II から ST-III に全面的に変更したことにもよると思われるが)、一年程度ではなく今後はより長い年数の FCR 診断経験が診断能にもたらす影響についても検討すべきであると考えている。

### 3. FCR の診断能低下の原因について

FCR 画像が、このように間質性陰影について診断能が低下する原因としては、①サンプリングピッチが 0.2mm であること、②イメージングプ

レート自体およびシステム全体を通して生じるノイズがあること, ③画像処理の過程で失われる情報の存在, ④縮小画像であること, などが挙げられる。

サンプリングピッチの問題についてはフィルムデジタイザーや他のCRシステムを用いた検討が多く行われており<sup>18)~26)</sup>, 1.0~0.1mmの間でいろいろな報告がみられるが, 種々の陰影についてのそれぞれの報告を総合すると, 従来法とほぼ同等な診断能を得るには0.1mm程度のサンプリングピッチが必要であるが, 処理速度や必要とされるメモリー容量およびコストと臨床的に必要とされる診断能の程度を考えあわせると, 0.2mm程度のサンプリングピッチが適当であろうとするシカゴ大学のグループの意見が現状では妥当なところではないかと考えられる<sup>17)22)</sup>. FCRのシステムも通常の胸部撮影ではこれと同等な0.2mmのサンプリングピッチを使っているが, 我々がフィルムデジタイザー(フジメディカル社製:FDR-641型, サンプリングピッチ0.2mm, 画像出力形式はFCRと同様)による画像とFCR画像, および従来法のフィルムの解像力を報告と同様にファント

ムを使って比較した結果では, 解像力は従来法, FCR, デジタイズ画像の順で優れており, FCRはデジタイズ画像よりも解像力は良好であった<sup>27)</sup>. しかし, この両者の実際の臨床画像はかなり異なっており, 当然のことながらデジタイズ画像の方がFCRよりも従来法に近い画像であり, 淡い陰影や間質性陰影はむしろデジタイズ画像の方がFCRよりも良好に示現している印象であった. 従って, フィルムデジタイザーによる検討結果をそのままFCRに適用することには多少問題があると思われる. 我々は実際六つ切りサイズのST-IIIを利用したサンプリングピッチ0.1mm, ライフサイズでの胸部単純写真の診断能をROC解析を用いて検討しているが, 間質性陰影についての診断能には明らかな向上がみられ, サンプリングピッチが間質性陰影の診断能に影響を与えていることは確かなようである<sup>28)</sup>.

イメージングプレート自体の特性が診断能に与えている影響がどの程度あるかは不明であるが, 我々が従来使用していたST-IIと新しくFCR-7000用に開発されたST-IIIを基礎的に比較検討した結果では, ST-IIIの方が同一照射線量でも発

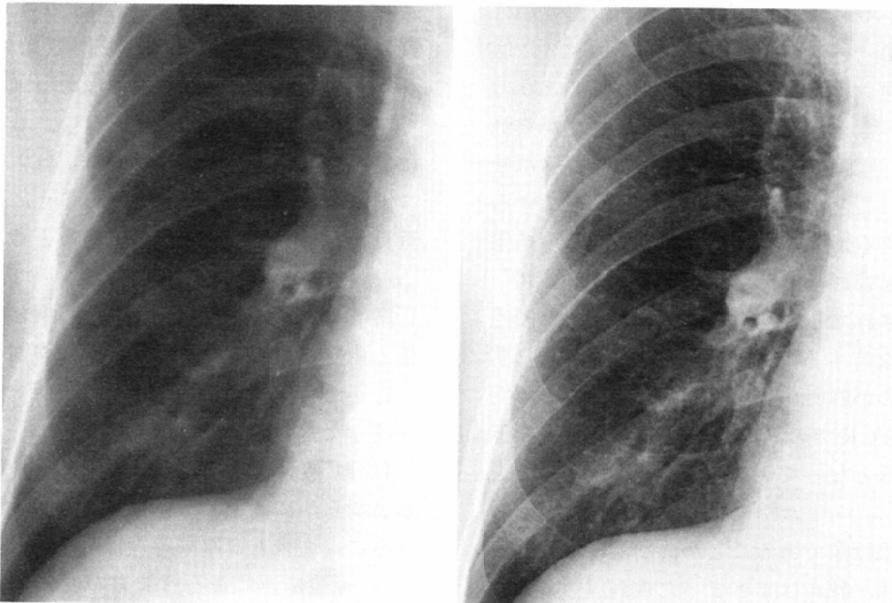


Fig. 9 FCR image that was unprocessed-(a). and processed with ordinary processing procedure-(b).

光量が60%多く、鮮鋭度、粒状性も改善されており、ハウレットチャートの検出能も明らかに向上していた<sup>29)</sup>。臨床的な検討はまだ行っていないが、この基礎的検討の結果からはイメージングプレートの ST-II から ST-III への変更が、間質性陰影の診断能を改善する可能性はあると考えられる。

画像処理の過程で失われる情報の存在について十分言及した報告はない。Fig. 9 に FCR のほぼ無処理の画像と、実際に処理されて提供されている左画像を示す。無処理の画像は広いラチチュードを有するイメージングプレートの特徴のためコントラストのついていない、血管影の辺縁も不鮮明な鮮鋭度のあまり高くない画像である。これにある程度の階調処理と周波数処理を加えることにより血管影も鮮明となった通常の画像が得られる訳である。ところで、間質性陰影、特に淡い網状影や、スリガラス影の診断で重要な所見として従来よりいわれていることは、血管影の“ボケ”の存在である。この“ボケ”は血管周囲にび漫性に広がる病変によって生ずる肺野濃度の上昇をもたらすものであり、この濃度の上昇は特に一定の空間周波数やはっきりした辺縁を有する陰影ではない。従って、このような病変を有する画像は FCR においては、ボケマスク法による周波数処理が行われる段階で、バックグラウンドのボケマスク信号として処理され、その情報が落されてしまうのではないかと考えられる。もともと鮮鋭度がそれほど高くない原画像を画像処理によって鮮明にせざるを得ないことから、FCR は“ボケ”をできるかぎり排除するように設計されており、その結果このような血管影をボケさせる陰影は“ノイズ”として排除されてしまうのである。実際、び漫性間質性陰影を有する FCR 画像は従来法に比し明らかに血管影が鮮明に認められており、この鮮明さがむしろ FCR での間質性陰影の診断確度を低下させる一因となっている可能性は十分あると思われる。

画像が縮小画像であることが診断能に与える影響については、我々はまとまった検討は行っていない。しかし数例の代表的な間質性陰影を有する症例について、サンプリングピッチ0.2mmの

FCR ライフサイズフィルムを作成し、通常の1/2サイズの FCR フィルムと比較してみた結果では、び漫性粒状影の症例が縮小画像よりもみやすくなっていた。従って画像の縮小の問題に関しては、上述したようなサンプリングピッチと併せた検討ばかりではなく、別個な独立した問題としても検討してみる必要があると考えている。

FCR は臨床応用されているデジタルラジオグラフィックとしては、現在のところおそらくもっとも優れた画質を有しているもののひとつであり、PACS への応用、CAD(Computer-Aided Diagnosis) への応用など大きな付加価値を有する可能性のあるシステムである。しかし、付加価値がいくら大きくともその画像が従来よりも診断確度を低下させるものであってはならない。その意味では、今回の我々の検討結果は FCR 画像が胸部単純撮影においてはその診断能を従来よりも低下させる可能性があることを示しており、FCR の臨床応用には多少の問題点があることを示唆する結果となった。我々がここに挙げたような診断能低下の原因の中には、解決するために多くのコストと時間がかかるものもあり、それによる診断能向上がどの程度の臨床的意義を有するものであるかを評価することも必要である。このように、FCR の画質改善という問題には考慮すべき要因が多くあり、それら全ての要因を考えながら画質を改善していくということは容易ではない。しかし、我々は FCR が開発思想もユニークでありその持つ付加価値にも高いものがあるからこそ、より優れた画質と診断能を追求すべきであると考えている。

## V. 結 語

胸部単純撮影における FCR 画像を従来法の撮影法と比較して、基礎的・臨床的に検討した。

1. ハウレットチャートとパーガーファントムを使った基礎的検討では、

1) FCR 画像の解像力は入射 X 線量が減少すると明らかに低下し、従来法と同程度の解像力を得るには従来とほぼ同等な線量が必要であった。

2) 画像処理による解像力の変化の検討では階調処理による解像力の向上はみられず、周波数処理では0.5c/mm以下の低周波数領域を中心とし

た周波数強調では解像力の向上がみられたが、それ以上の高周波数領域を強調した場合はむしろ解像力が低下する傾向が認められた。

## 2. 実際の臨床画像を用いた臨床的検討では

1) 95症例154所見を9所見パターンに分類し、従来法とFCRでの病変示現能を主観的に評価した結果、石灰化・骨病変や縦隔・横隔膜に重なる陰影ではFCRが従来法に比し病変を良好に示現していたが、5mm以下の粒状影、網状・スリガラス影についてはFCRの方が従来法に比しその示現が不良であった。

2) びまん性粒状影、淡い網状影、スリガラス影を有する症例30例と、これらの陰影を有していない症例30例を用いたROC解析では、FCRの診断確度が従来法に比し明らかに低下し、この傾向はFCRによる診断経験の有無、胸部診断の経験年数の多少に関わらず同様に認められた。

3) これらの陰影の診断能がFCRで低下する原因として、サンプリングピッチや画像の縮小等いくつかの問題点が挙げられ、今後さらに検討を要すると考えられた。

稿を終えるにあたり、今回の研究につき御指導、御校閲を賜った、新潟大学医学部放射線医学教室：酒井邦夫教授に感謝いたします。また、本研究のための撮影、基礎的研究に多大な御尽力を下さった長沢 弘技師長をはじめとする放射線部技師の方々、並びに臨床的研究の調査に御協力下さった、椎名 真講師をはじめとする当放射線医学教室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

本研究の一部は第48回日本医学放射線学会総会（1989, 神戸）において発表した。

## 文 献

- 1) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al: Computed radiography utilizing scanning laser luminescence. *Radiology* 148: 833-838, 1983
- 2) 桜井賢二, 蜂屋順一, 是永健雄, 他: デジタル化胸部撮影について—正常胸部および低線量での比較—, *日本医放会誌*, 44: 11-21, 1984
- 3) 高島 力: Computed radiography (FCR) を用いた肺癌集検について, *肺癌*, 27: 341-347, 1987
- 4) 伊藤善之, 石垣武男, 佐久間貞行: 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—, *日本医放会誌*, 48: 1024-1031, 1988
- 5) 鬼塚英雄: 輝尽性蛍光体イメージングプレートを用いた胸部デジタルラジオグラフィの診断能, *日本医放会誌*, 49: 177-190, 1989
- 6) 孫田誠三: CRT画像における胸部ファントム腫瘍影の存在診断能について—フィルムスクリーン画像・FCRハードコピー像との比較—, *日本医放会誌*, 49: 1038-1046, 1989
- 7) Fajardo LL, Hillman BJ, Pond GD, et al: Detection of pneumothorax: Comparison of digital and conventional chest imaging. *AJR* 152: 475-480, 1989
- 8) Schaefer CM, Greene R, Oestmann JW, et al: Digital storage phosphor imaging versus conventional film radiography in CT-documented chest disease. *Radiology* 174: 207-210, 1990
- 9) 川村義彦, 鈴木 洵, 渡辺典男: X線撮影系におけるハウレットチャート評価の導入と撮影システム確立への試み, *日放技学会東京部会誌*, 7: 23-31, 1982
- 10) Hanley JA, McNeil BJ: The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143: 29-36, 1982
- 11) Hanley JA, McNeil BJ: A method of comparison in the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology* 148: 839-843, 1983
- 12) 三原一博, 船橋正夫, 安部勝人, 他: FCR (Fuji Computed Radiography) システムを用いてX線撮影を行なう場合の照射線量と検出能の関係について(ハウレットチャートを用いて), *富士メディカルフォーラム*, 160: 14-20, 1989
- 13) 魚谷宗司, 安部勝人, 船橋正夫, 他: 照射線量を変化させたときのFCB7000システムの検出能(サンプリングピッチと画像縮小率の影響を中心に), *富士メディカルフォーラム*, 161: 47-53, 1989
- 14) 東田善治, 松本政典, 吉岡仙弥, 他: コンピューテッドラジオグラフィ(CR)による低コントラスト物質の検出能に関する研究, *日本医放会誌*, 49: 1411-1419, 1989
- 15) 土井邦雄: X線画像の信号検出と視覚特性の重要性, *日放技学会誌*, 43: 694-729, 1987
- 16) 秋田眞一, 小田純一, 椎名 真, 他: CR画像の臨床評価—臨床各科医師に対するアンケート調査結果の分析—, *臨放*, 35: 483-488, 1990
- 17) 土井邦雄: デジタルラジオグラフィの基礎と将来の可能性, *日本医放会誌*, 49: 1-14, 1989
- 18) Fraser RG, Breathnach E, Barnes GT: Digital radiography of the chest: Clinical experience with a prototype unit. *Radiology* 148: 1-5, 1983
- 19) Huebener K-H: Scanned projection radiography of the chest versus standard film radiology: A comparison of 250 cases. *Radiology*

- 148: 363-368, 1983
- 20) Foley WD, Wilson CR, Keyes GS, et al: The effect of varying spatial resolution on the detectability of diffuse pulmonary nodules. *Radiology* 141: 25-31, 1981
- 21) Lams PM, Cocklin ML: Spatial resolution requirements for digital radiographs: An ROC study of observer performance in selected cases. *Radiology* 158: 11-19, 1986
- 22) MacMahon H, Vyborny CJ, Metz CE, et al: Digital radiography of subtle pulmonary abnormalities: An ROC study of the effect of pixel size on observer performance. *Radiology* 158: 21-26, 1986
- 23) 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
- 24) Chakravorty DP, Breatnach 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
- 25) 西谷 弘, 本田 浩, 松浦啓一: X線フィルムの空間周波数圧縮による画像の視覚評価に関する検討—フォトプリンター出力画像について—, *日本医放会誌*, 44: 1294-1297, 1984
- 26) 山崎克人: 胸部 X線写真のデジタル化画像に関する研究, *日本医放会誌*, 49: 327-334, 1989
- 27) 野口栄吉, 田中 孝, 上田弘之, 他: デジタル化画像の画質評価, *日放技学会誌*, 45: 568-569, 1989
- 28) 秋田眞一, 小田純一, 酒井邦夫, 他: 胸部単純撮影における FCR ライフサイズ画像の評価, *日本医放会誌*, 50(第 49 回日本医学放射線学会学術発表会抄録集), S205, 1990.
- 29) 田中 孝, 野口栄吉, 上田弘之, 他: CR イメージング・プレート ST-II と ST-III の基礎的検討, *日放技学会誌*, 46: 1990 (掲掲予定)