

Title	FCR(Fuji Computed Radiography)による乳房撮影像の処理条件の検討
Author(s)	中田, 美保子
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1989, 49(4), p. 454-467
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18032
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

FCR (Fuji Computed Radiography) による 乳房撮影像の処理条件の検討

京都府立医科大学放射線医学教室（主任：村上晃一教授）

中 田 美 保 子

（平成元年1月17日受付特別掲載）

（平成元年2月13日最終原稿受付）

A Study of Image Processing Condition of Mammography Using FCR (Fuji Computed Radiography)

Mihoko Nakata

Department of Radiology, Kyoto Prefectural University of Medicine
(Director: Prof. Kouichi Murakami)

Research Code No. : 208.1

Key Words : Mammography, Fuji computed radiography,
Image processing condition

Image processing conditions of mammography using FCR (Fuji Computed Radiography) to detect mass shadow, marginal finding and microcalcification of breast cancer were examined.

The subjects of the examination for mass shadow and marginal finding were 25 cases out of 55 breast cancers operated from December 1986 to August 1988. Three surgeons and two radiologists evaluated processing conditions. The optimum conditions of spatial frequency enhancement were RN(1 or 3) RT(P) RE(1.0) for mass shadow and RN(7) RT(P) RE(2.0) for marginal finding under routine gradational enhancement condition.

ROC curves obtained from the phantom with a granule of aluminum were used to optimize image processing condition for microcalcification. It was shown that GT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(9)RT(F) RE(4.0) gave the best detectability among five image processing conditions.

I. 緒 言

わが国の乳癌の死亡率は欧米と比較して低いが、1986年の乳癌死亡数は5,164人（女5,127人，男37人）で、女の乳癌死亡数は1965年の1,966人に比べ約20年間で2.6倍に増加している¹⁾。乳癌の画像診断には、X線検査、超音波検査、サーモグラフィ等があるが、このうちX線検査の重要性はいうまでもない。X線乳房撮影の主体はフィルムマンモグラフィとゼロラジオグラフィである。両者とも低エネルギーのX線を用いるために被曝線量が多い。フィルムマンモグラフィではノンスク

リーンフィルムから片面増感紙+片面乳剤フィルムや両面増感紙+両面乳剤フィルムの使用により被曝線量の軽減が図られているが、ノンスクリーンフィルムに比べ鮮鋭度は劣る²⁾³⁾。ゼロラジオグラフィはフィルムマンモグラフィにはない辺縁効果や広いラチチュードを有している。辺縁効果によりフィルムマンモグラフィでは描出困難なわずかなコントラストの差が明瞭になり、また、広いラチチュードにより広い範囲を一定の濃度の中で描出できる⁴⁾⁵⁾。しかし、増感紙を用いることができず被曝線量の軽減には限界がある。

乳癌の X 線診断^{6)~8)}の直接所見には腫瘤影と微細石灰化がある。腫瘤影で重要なことは腫瘤影辺縁の不整像の有無で、不整像、特に spicula が明瞭なものは癌と診断でき、また spicula は認めないが、その辺縁が凹凸不整、comet sign、輪郭のボケやはみ出しを有する場合も癌が強く疑われる。微細石灰化は非浸潤癌や触知不能乳癌等の場合に重要である⁴⁾⁸⁾⁹⁾。石灰化像の各粒子の大きさは 2 mm 以上のものから 90 μ m 程度のものであり、 μ m 単位の微細な石灰化像ほど癌との相関が高いとされている。さらに微細石灰化像の個々の性状では辺縁がギザギザして不整な形、大小・濃淡の差が多彩であるもの、数は多く局所的に密集しているもの、線状配列のものは癌の確率が高い¹⁰⁾。脂肪成分が少なく結合織が発達した乳腺内の腫瘤影の検出能はゼロラジオグラフィのほうが優れており、微細石灰化でもゼロラジオグラフィのほうが優れているといわれているが⁵⁾、ノンスクリーンフィルムに比べ解像力が劣り、辺縁効果の強調された画像では読影の妨げになることもある。これらに対し近年開発された CR (computed radiography) は X 線像の検出に蛍光増感紙/フィルム系の代わりにイメージングプレートが使用されコンピュータ処理して X 線画像を取出すので、種々の画像処理が可能であり目的に応じた画像を得ることができる。今回著者は乳癌の腫瘤影、腫瘤の辺縁像及び微細石灰化の各々がみやすい CR 画像処理条件について、腫瘤については症例で微細石灰化についてはファントムを用いて検討したので報

告する。

II. Fuji Computed Radiography

(FCR) について (Fig. 1)^{11)~13)}

FCR はイメージングプレート (IP)、画像読取機、画像処理機、画像記録機の 4 つの主な機構より構成されている。乳房用の IP は一般撮影用の IP に比べ鮮鋭度を向上させたもので HR (high-resolution) と呼ばれている。感度は約 1/4 である。画像読取機のレーザービームのスポットサイズは 100 μ m であり走査線密度は 10本/mm である。画像処理機はデジタル化された電気信号をコンピュータにより階調処理、空間周波数処理、サブトラクション、重ね合わせ等の処理を診断目的に応じて施すことができる。階調処理の条件を決める変換曲線は階調タイプ (GT)、回転中心 (GC)、回転量 (GA)、階調シフト (GS) の 4 個のパラメータにより決定される (Fig. 2)。GT には A から O

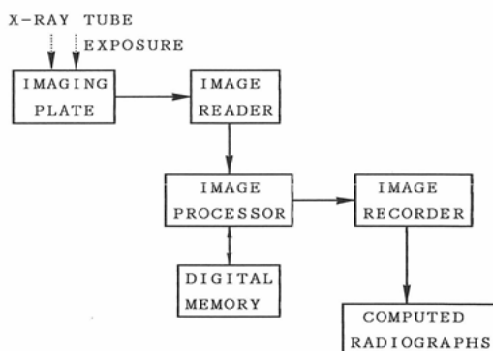


Fig. 1 A basic block diagram of the computed radiography process.

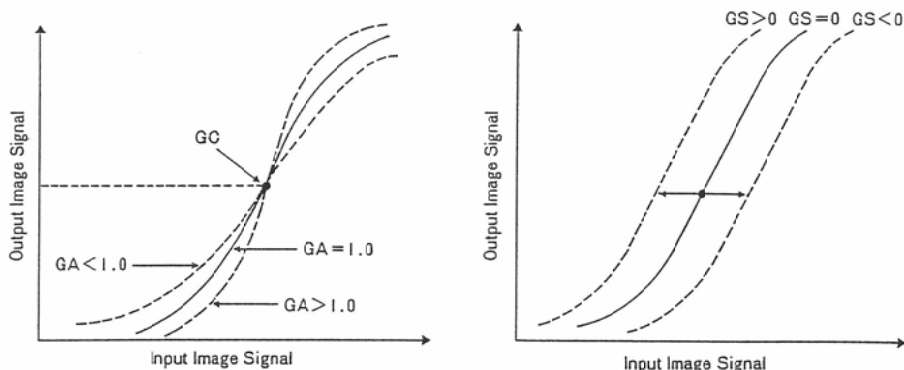


Fig. 2 Parameters of gradational enhancement.

Table 1 Relation between RN and peak spatial frequency.

RN	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spatial frequency (cycle/mm)	0.09	0.13	0.18	0.25	0.35	0.50	0.71	1.00	1.41	2.00

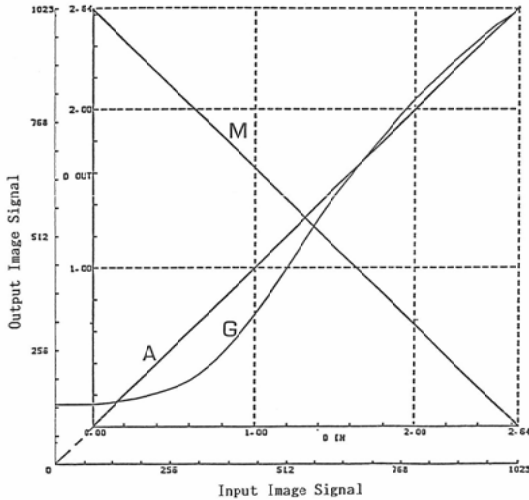


Fig. 3 Gamma curves of GT A, G and M.

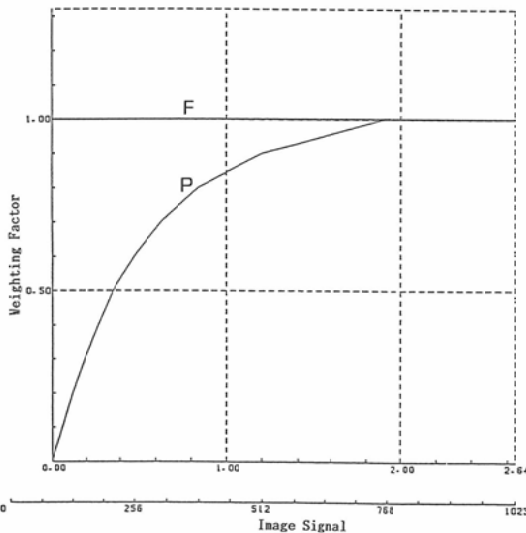


Fig. 4 Beta curves of RT P and F.

まで15種類あるが、特に乳房の場合は乳腺や病巣の多い低濃度域のコントラストを高くし辺縁の高濃度域の濃度を低くしたGがよく用いられる。今

回の検討ではG以外に周波数処理のみの傾向を知るために直線階調曲線Aや反転階調曲線Mも用いた (Fig. 3)。空間周波数処理の条件を決める周波数応答の形状はコントラストを強調する周波数帯域を表わす周波数ランク (RN)、強調係数の関数形を規定する周波数タイプ (RT)、周波数強調度 (RE) の3個のパラメータにより決定される。RNは0から9までで、各々の周波数帯域はTable 1の通りである。RTは8種類であるが、通常Pを用い、反転階調曲線Mの場合はFを用いた (Fig. 4)。

III. 症例の検討

1986年12月から1988年8月までにFCRで乳房撮影した症例のうち手術が施行され病理組織学的に乳癌と診断された症例は55例である。年齢は29歳から80歳で全例女性である。病理組織分類は乳頭腺管癌33例、硬癌13例、充実腺管癌9例である。撮影装置はX線高電圧装置東芝KXO-850型X線管球DRX-B1146-Moを用いており、撮影条件は電圧30kVp前後、電流10mA、時間3.2秒、FFD70cmで撮影方向は頭足方向、側方向の2方向である。画像処理装置はFCR-201でイメージングプレートはHR(8×10インチ)を用いた。画像収録はAuto modeでパラメータはGT (A) GA (1.0) GC (0.6) RN (5) RT (P) RE (3.0) とGT (G) GA (1.2) GC (0.6) RN (5) RT (P) RE (1.0) で出力画像濃度はGSにより調節した。GSの値は大部分の症例でGT (A) の場合は0.00、GT (G) の場合は0.25または0.30であった。上記の画像処理で手術所見と比較して存在部に腫瘤影が描出されているものは42例 (77%) で全く描出されていないものは13例である。腫瘤影の描出されている症例のうち、腫瘤の辺縁の性状が半周以上ははっきりしており手術での腫瘍の大きさ及び所見と一致した症例 (辺縁像：鮮明) は26例で、半

Table 2

(a) Relation between tumor shadow, marginal finding and age.

FCR		Age		Total
		-40	41-	
Tumor shadow	Marginal finding			
clear	clear	3	23	26
clear	unclear	3	13	16
unclear	unclear	5	8	13
Total		11	44	55

(b) Relation between tumor shadow, marginal finding and histological type.

FCR		Histological type			Total
		Papillo-tubular carcinoma	Scirrhus carcinoma	Solid-tubular carcinoma	
Tumor shadow	Marginal finding				
clear	clear	15	8	3	26
clear	unclear	10	3	3	16
unclear	unclear	8	2	3	13
Total		33	13	9	55

(c) Relation between tumor shadow, marginal finding and tumor size.

FCR		Tumor size (mm)			Total
		-20	21-50	51-	
Tumor shadow	Marginal finding				
clear	clear	10	14	2	26
clear	unclear	5	11	0	16
unclear	unclear	5	8	0	13
Total		20	33	2	55

周以上または全くはっきりしない症例（辺縁像：不鮮明）は16例である。Table 2 に年齢，病理組織型，腫瘤径（最大径）と腫瘤影及び腫瘤の辺縁像との関係を示す。40歳以下では乳腺の退縮が乏しく，乳腺が密な陰影を呈するため腫瘤とのコントラストがつきにくく，腫瘤影が描出されない割合が高いが，今回の症例でもやはりこの傾向があった（Table 2(a)）。病理組織型と腫瘤影，腫瘤の辺縁像では硬癌が他の2種に比べやや描出されやすかった（Table 2(b)）。腫瘤の大きさと腫瘤影，腫瘤の辺縁像の描出については最大径50mm以下では無関係であった（Table 2(c)）。通常の画像処

Table 3 Relation between tumor shadow, marginal finding and microcalcification.

FCR		Microcalcification		Total
		+	-	
Tumor shadow	Marginal finding			
clear	clear	7	19	26
clear	unclear	6	10	16
unclear	unclear	7	6	13
Total		20	35	55

理で微細石灰化が認められた症例は55例中20例（36%）である。Table 3 に腫瘤影及び腫瘤の辺縁像と微細石灰化の有無の関係を示す。腫瘤影が全く描出されていないのに微細石灰化が存在するのは7例である。今回の症例55例中では腫瘤影と腫瘤の辺縁像で癌が疑われたのは29例（53%），微細石灰化のみで癌が疑われたのは7例（13%）で，両者より疑われたものは13例（24%）で，両者とも描出されていないものは6例（11%）であった。

IV. 腫瘤についての画像処理条件の検討

1. 対象

腫瘤が描出されている症例42例のうち，辺縁像が鮮明なもの26例中16例，辺縁像が不鮮明なもの16例中9例，計25例の頭足方向，側方向の画像のうちよりよく腫瘤が描出されている撮影方向の画像について検討した。症例の内訳はTable 4 に示す通りで症例番号順に読影者に提示した。

2. 検討方法

腫瘤影及び腫瘤の辺縁像がよりみやすい処理条件について検討した。処理条件の変化方法は，

(1) 階調処理の影響を少なくするために階調曲線が直線のAを用い，階調処理はGT (A) GA (1.0) GC (0.6) のままでRNを1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, REを1.0または3.0と変化させて腫瘤影及び腫瘤の辺縁像がみやすい条件を検討した。

(2) 乳房用階調曲線Gを用い，階調処理はGT (G) GA (1.2) GC (0.6) のままで(1)の周波数処理の傾向を参考にRNを変化させ検討した。

(3) (1)の階調曲線Aで症例ごとに選ばれた

Table 4 25 cases of breast cancer.

Case	Age	Marginal finding	Tumor size(mm)	Histopathological type
1	64	clear	27×14×30	scirrhous carcinoma
2	50	clear	10×15×14	scirrhous carcinoma
3	57	clear	about 30	papillotubular carcinoma
4	44	clear	35×25×?	solid-tubular carcinoma
5	55	unclear	22×16×18	papillotubular carcinoma
6	80	clear	25×23×16	papillotubular carcinoma
7	44	clear	23×21×24	papillotubular carcinoma
8	37	clear	18×16×13	papillotubular carcinoma
9	29	unclear	35×40×25	solid-tubular carcinoma
10	55	clear	13×11×18	papillotubular carcinoma
11	36	unclear	40×25×?	solid-tubular carcinoma
12	48	clear	24×18×16	scirrhous carcinoma
13	42	unclear	28×25×17	solid-tubular carcinoma
14	45	unclear	23×19×23	scirrhous carcinoma
15	51	clear	18×18×8	papillotubular carcinoma
16	55	clear	30×25×25	papillotubular carcinoma
17	59	unclear	15×15×15	papillotubular carcinoma
18	49	unclear	18×15×9	papillotubular carcinoma
19	61	clear	17×13×12	solid-tubular carcinoma
20	67	clear	25×17×16	papillotubular carcinoma
21	40	unclear	about 35	scirrhous carcinoma
22	72	clear	10×10×6	papillotubular carcinoma
23	53	clear	35×30×25	papillotubular carcinoma
24	55	unclear	15×10×10	papillotubular carcinoma
25	53	clear	9×10×10	scirrhous carcinoma

RN, RE を用いて反転曲線 M の画像を求め、それと(1), (2)で選ばれた A 及び G 各々の画像のうちで最もみやすい階調曲線の種類について検討した。

腫瘍の辺縁像が不鮮明な症例 9 例に対し

(4) 腫瘍影について、(1) から (3) で選ばれた周波数処理条件、階調曲線の画像で GA を変えて検討した。

(5) 腫瘍の辺縁像について、(1) から (3) で選ばれた RN, 階調曲線の画像で RE を変えて検討した。

画像評価は経験16年以上で乳癌専門の外科医 3 名、経験 8 年以上の放射線科医 2 名を含む 5 名により行われた。(1) (2) (4) (5) の判定基準は通常の処理条件の画像に対し、優れる・5, やや優れる・4, 優劣なし・3, やや劣る・2, 劣る・1 で採点した。なお、画像処理条件が読影者にはわからないようにした。

3. 結果

(1) 階調曲線 A について RN5, RE3.0 の画像を基準にした症例ごとの 5 名のスコアの合計数を Fig. 5 に示す。腫瘍影については RN が 5 より小さいほうがスコアが高く、RE も 1.0 より 3.0 のほうが軽度スコアが高かった。辺縁像の鮮明、不鮮明の症例の間に差はみられなかった (Fig. 5(a))。腫瘍の辺縁像については、RN が 5 より大きいほうがスコアが高かったが、RN が 8 以上では下降傾向であった。RE は 1.0 より 3.0 のほうがスコアが明らかに高かった。辺縁像の鮮明、不鮮明の症例の間に差はみられなかった (Fig. 5(b))。

(2) (1) の結果より階調曲線 G については RN を 1, 3, 4, 5, 6, 7 と変化させ、RE を 1.0 または 1.5 として検討した。G について RN5, RE1.0 の画像を基準にしたスコアの合計数を Fig. 6 に示す。A の場合と同様の傾向があり、腫瘍影については RN1, 3 のスコアが高く (Fig. 6(a))、腫瘍の辺縁像については RN7 のスコアが高かった (Fig. 6(b))。A の場合に比べ症例ごとのスコアの

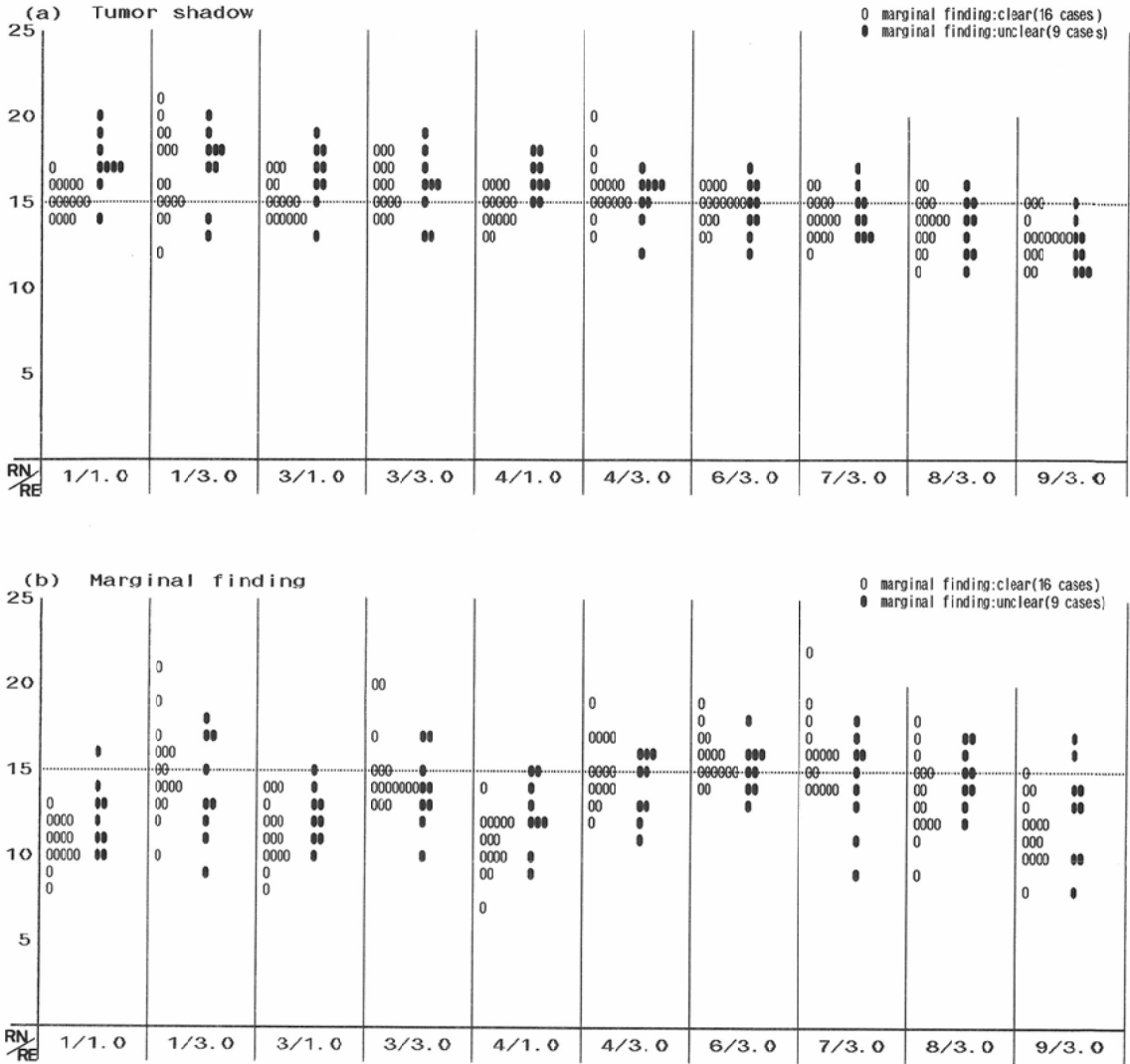


Fig. 5 Cumulative score of five observers in 25 cases on condition that GT is A and that RN and RE are changed.

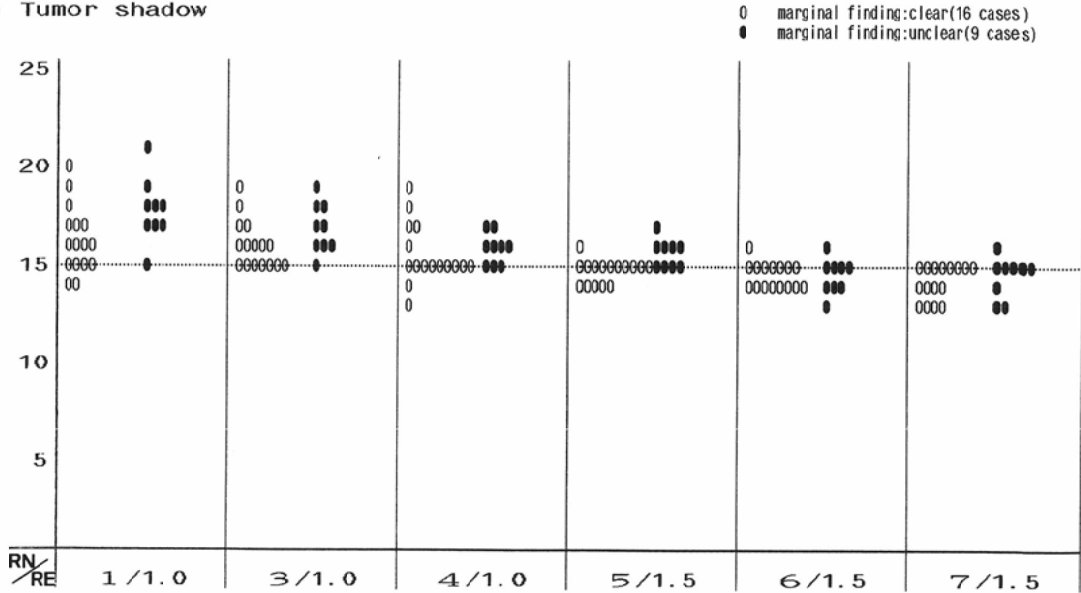
ばらつきが少なく、腫瘤影、腫瘤の辺縁像のみやすい条件の傾向がより明らかであった。

(3) 階調曲線 A, G, M の各々の画像のうち最もみやすいと答えられた階調曲線別頻度を Table 5 に示す。2つ選択した場合には両者に加算している。腫瘤影、腫瘤の辺縁像ともに階調曲線 G が最も多く選ばれており、腫瘤の辺縁像の鮮明、不鮮明には無関係であった。腫瘤の辺縁像については M もかなり選ばれているが、反転像は読影者の好みがあり、ゼロラジオグラフィに慣れている者

に好まれるようであった。

(4) 腫瘤影について階調曲線 G, RN 1または3の画像で GA を1.2, 1.5, 2.0と変化させて検討した。GA の変化についての評価は5名ともほぼ一致しており、GA が大きいほど腫瘤影がみやすくなったものは9例中5例で、変わらないものは2例、みにくくなったものは2例であった。GA を大きくしても腫瘤がみやすくなるとは限らず、全体にガラガラするだけで、腫瘤と周囲とのコントラストに変化がみられない場合があった。

(a) Tumor shadow



(b) Marginal finding

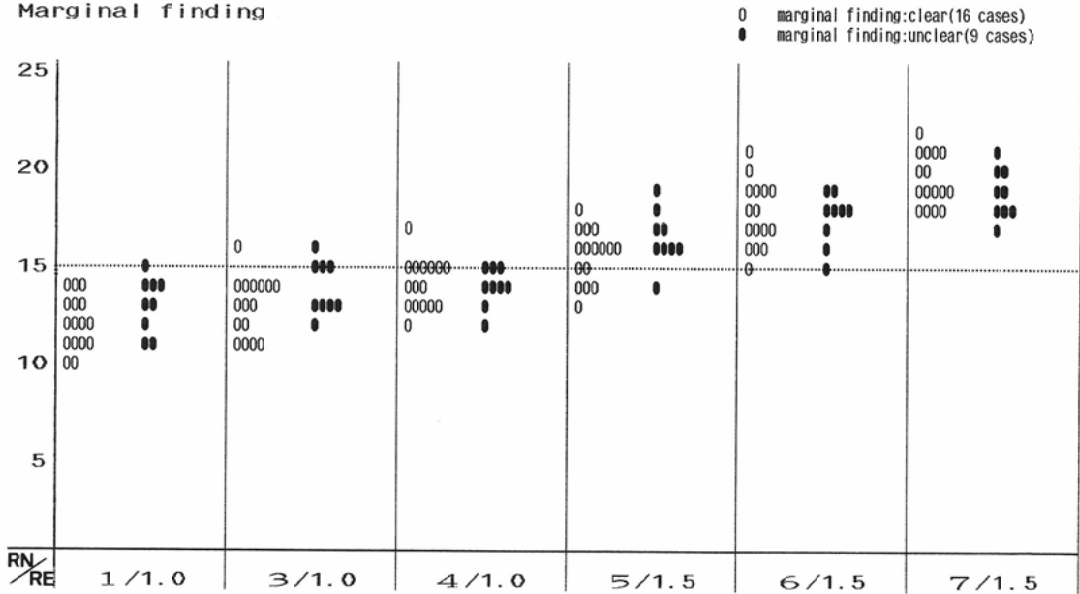


Fig. 6 Cumulative score of five observers in 25 cases on condition that GT is G and that RN and RE are changed.

(5) 腫瘍の辺縁についてGT (G), GA (1.2), RN (7)の画像でREを1.5, 2.0, 3.0と変化させて検討した, RE 1.5の画像を基準にしたスコアの合計数を Fig. 7 に示す. 1.5よりも2.0のほうが腫瘍の辺縁はみやすいという結果が得られた. 3.0については9例中7例で2.0の場合以上の評価で

あったが, 2例ではむしろ劣るという結果であった. REを3.0にするとガラガラした画像になり, 読影者の評価に差がみられた.

4. 症例

Case 5(Fig. 8): 55歳, 右側乳腺C領域に存在する22×16×18mm大のpapillotubular carci-

Table 5 Frequency of each GT chosen by five observers in 25 cases.

(a) Tumor shadow

GT \ Marginal finding	clear(16 cases)	unclear(9 cases)	Total
A	6	6	12
G	49	26	75
M	12	7	19
Equivalence	19	11	30
Total	86	50	136

(b) Marginal finding

GT \ Marginal finding	clear(16 cases)	unclear(9 cases)	Total
A	2	2	4
G	50	30	80
M	29	13	42
Equivalence	3	4	7
Total	84	49	133

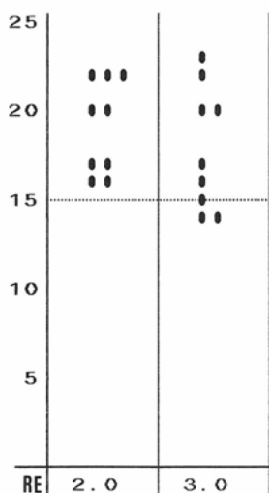


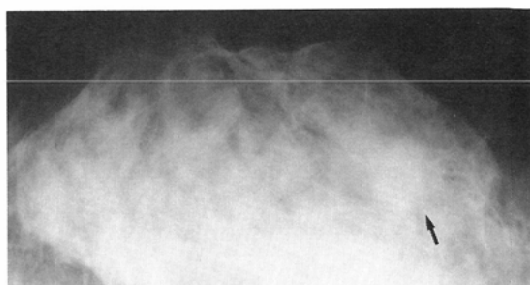
Fig. 7 Cumulative score of five observers in 9 cases on condition that RE is changed.

noma である。腫瘍影は認められるが、辺縁像は不鮮明である。(a)の条件はRN(5)RE(1.0)で(b)の条件はRN(1)RE(1.0)である。(a)に比べ(b)のほうが腫瘍影と周囲とのコントラストが増強している。

Case 25 (Fig. 9) : 53歳, 左側乳腺 AC 領域に
平成元年 4月25日



a



b

Fig. 8 Case 5: Mass shadow
(a) Original image (RN 5). (b) Spatial frequency enhancement changing RN from 5 to 1.

存在する9×10×10mmのscirrhous carcinomaである。腫瘍辺縁に著明なspiculaを認める。(a)の条件はRN(5)RE(1.0)で、(b)の条件はRN(7)RE(2.0)である。(a)に比べ(b)のほうが腫瘍の辺縁像はより鮮明である。

V. 微細石灰化についての画像処理条件の検討

実際の症例ではどのくらいの大きさの微細石灰化が画像にどのように描出されるのかを比較検討することは手技上困難である。そこでファントムを試作しROC曲線を求め、微細石灰化の検出しやすい処理条件について検討した。

1. ファントムについて

厚さ2mmの亚克力でできた深さ10mmの皿を2個(A, B)用意した。Aの皿には微細石灰化と組織等価物質¹⁴⁾のアルミニウムの細粒180μm大1個を両面粘着テープで皿の底に固定し、その周囲に200μm径の亚克力繊維数本を網目状に分布させ固定し、オリーブ油を深さ5mmになるように満たした。Bの皿には200μm径の亚克力

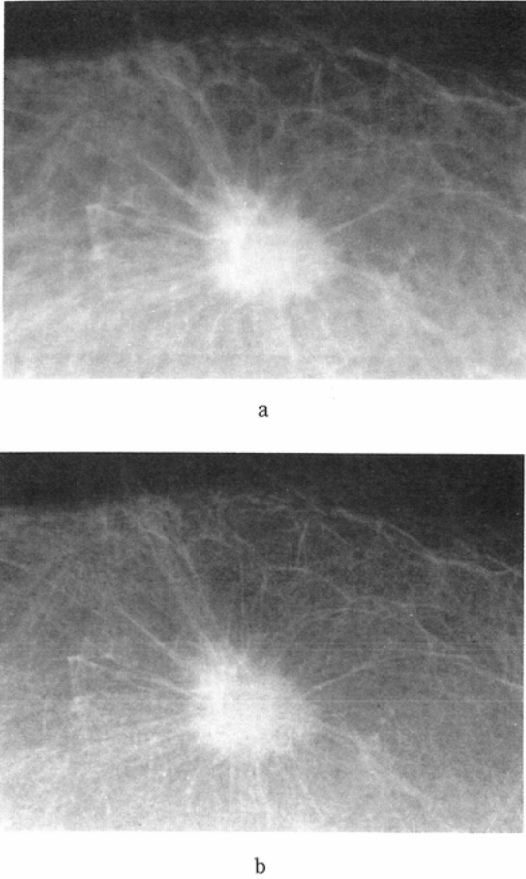


Fig. 9 Case 25: Marginal finding
(a) Original image (RN 5). (b) Spatial frequency enhancement changing RN from 5 to 7.

繊維数本のみをAと同じように網目状に分布させオリーブ油を深さ5mmになるように満たした。A, Bとも資料の周囲に気泡が付かないように注意した。これらの皿を各々30mm厚みのアクリル板で挟み、32kVp, 10mA, 3.2秒の条件で撮影した。

2. 方法

処理条件は通常の条件つまりGT(A)GA(1.0)GC(0.6)RN(5)RT(P)RE(3.0)とGT(G)GA(1.2)GC(0.6)RN(5)RT(P)RE(1.0)の他にGT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(5)RT(F)RE(3.0), GT(G)GA(1.2)GC(0.6)RN(9)RT(P)RE(2.0), GT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(9)RT(F)RE(4.0)の5種類であ

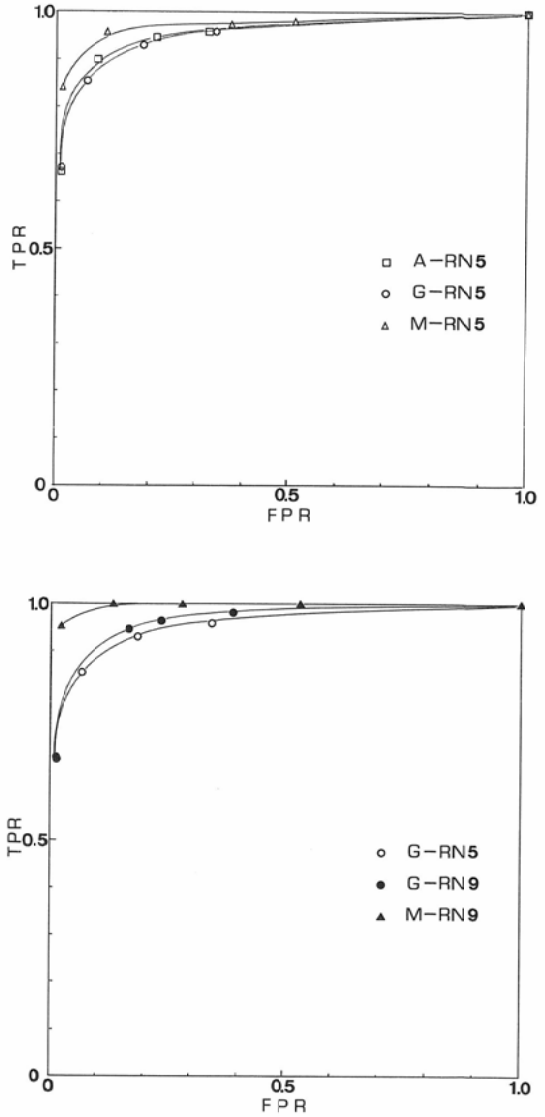


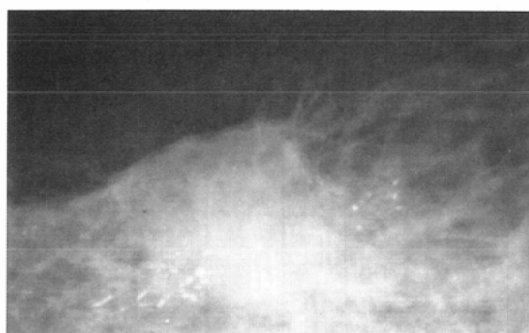
Fig. 10 Pooling ROC curves by eight observers for the detectability of microcalcification.

る。1つの処理条件について信号を含むイメージ(アルミニウムの粒を含むAの皿の画像)と信号を含まないイメージ(Bの皿の画像)を各々20枚作製した。全てのフィルム濃度はGSにより0.8前後になるように調整した。信号検出理論に基づき¹⁵⁾, (1)絶対に信号はない, (2)おそらくない, (3)不明, (4)おそらくある, (5)絶対に信号はあるの5段階評定法を用い、ROC解析を行った。観察者は放射線医8名で観察した。観察の方法は

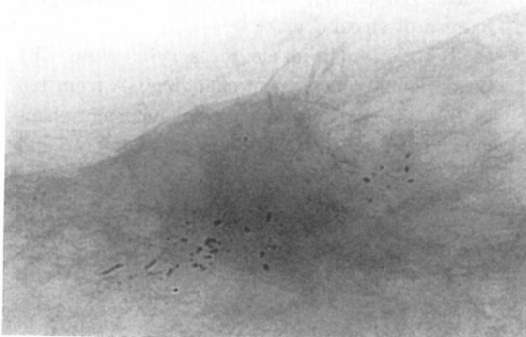
同一ジャウカステンで観察距離は制限せず、観察時間は1枚20秒以内とした。観察に先だって観察者に、信号は2個以上は存在しない、200枚のフィルムがありこのうち100枚が信号を含み残りは雑音だけである、反転像は200枚中80枚含まれており信号が反転して描出されるものが40枚あると説明した。

3. 結果

Fig. 10 に処理条件別検出能に対する ROC 曲線を示す。通常の処理条件 2 種の検出能には差はほとんどみられず、M の場合も RN 5 の時は通常に比べ軽度高いだけである。RN を 5 から 9 に変えた時、GT が G の場合よりも M の場合のほうが検出能の上昇は大きく、5 種類のうち最も検出能が高かった。



a



b

Fig. 11 Case 19: Microcalcification

(a) GT(G)GA(1.2)GC(0.6)RN(5)RT(P)RE(1.0).

(b) GT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(9)RT(F)RE(4.0).

4. 症例

Case 19(Fig. 11) : 61歳, 左側乳腺 C 領域に存在する17×13×12mmの solid-tubular carcinoma である。腫瘍内外に微細石灰化を認める。(a) の条件は通常の GT (G) GA (1.2) GC (0.6) RN (5) RT (P) RE (1.0) で、(b) の条件は GT (M) GA (1.0) GC (0.6) RN (9) RT (F) RE (4.0) である。(a) に比べ(b) のほうが腫瘍内の微細石灰化はみやすく、形状もより鮮明である。

VI. 考 察

放射線写真の画像形成システムの基本的な目的は、最小限の X 線量によって診断に必要な情報が容易に検出できる画像を形成することである。Rossmann の提唱した放射線診断過程¹⁶⁾では exposing, recording, visual detection, recognition に分類されており、これらが連結して画像形成から診断に至る。このうち前二者は画質つまり鮮鋭度、粒状度、コントラスト等により評価される。鮮鋭度はレスポンス関数、粒状度は Wiener スペクトル、コントラストは H & D 曲線によって評価される。後二者は人の視覚系によるもので、肉眼で観察し、パターン認識と診断経験とにより情報処理が行われる。この視覚系の評価も画像形成システムの上で重要な要因となるが、必ずしも前二者の画質とは相関しない。今回は乳癌の X 線診断に重要な所見である腫瘍影、腫瘍の辺縁像及び微細石灰化を視覚系で検出しやすい FCR の画像処理条件について検討した。視覚評価の場合、上述したように観察者の教育、経験が大きく影響するので今回は乳癌の画像診断に熟練した 5 名の医師により評価した。

腫瘍については、まず周波数処理のみを変えて検討した。通常の処理条件では 0.5c/mm を強調しているが、腫瘍影については通常よりも低い周波数を強調したほうがみやすいという結果であった。階調処理では直線階調曲線 A、反転階調曲線 M よりも乳房用階調曲線 G のほうがよかった。腫瘍影の描出で特に問題になってくるのは発達した乳腺組織や結合織の中に腫瘍が存在する場合である。この場合コントラストの増強が重要である¹⁷⁾。コントラストの増強には階調処理の回転量 (GA)

を増加させればよいと考えられるが、今回の症例でGAを増加することによりみやすくなったもの9例中5例で、変わらないもの2例、みにくくなったもの2例で、必ずしも改善されるとは限らなかった。Fig. 12はくさび形の亚克力板の上に定着液で乳剤を取除いた20mm径のX線フィルム1枚を重ね、32kVp, 10mA, 3.2秒で撮影した像である。円形フィルムの両端の亚克力板の厚みは各々40mm, 30mmである。(a)の条件はGT (A) GA (1.0) GC (0.6) RN (5) RT (P) RE (3.0)である。(b)はGAを1.0から2.0に変化させた像で、(a)に比べ円形の信号の右縁は検出しやすいが、左縁は(a)よりも検出しくくなっている。このようにGAを増加しても亚克力板の厚みが異なると信号が識別しにくくなることがある。症例の結果と合わせるとGAの変化は

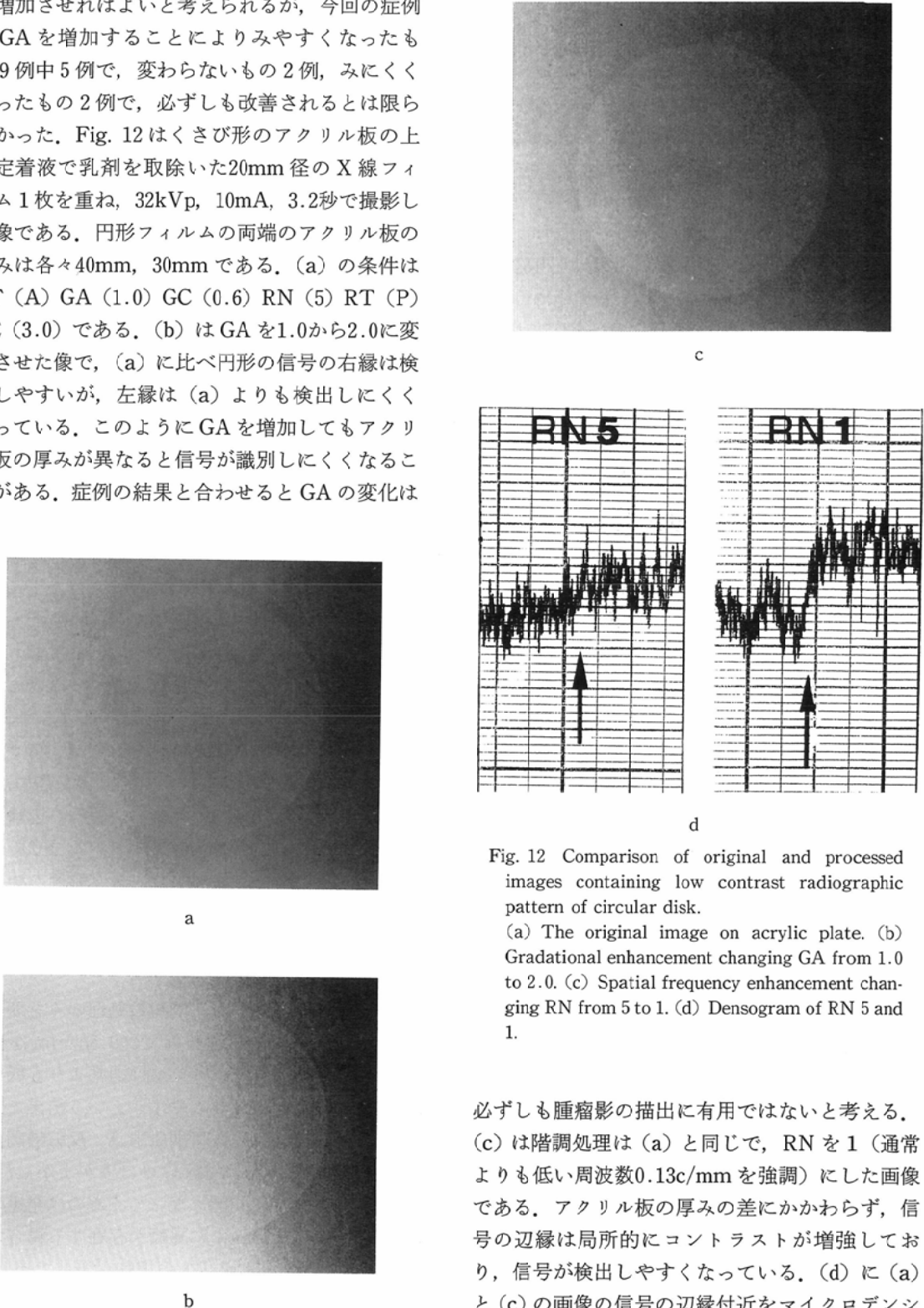


Fig. 12 Comparison of original and processed images containing low contrast radiographic pattern of circular disk.

(a) The original image on acrylic plate. (b) Gradational enhancement changing GA from 1.0 to 2.0. (c) Spatial frequency enhancement changing RN from 5 to 1. (d) Densogram of RN 5 and 1.

必ずしも腫瘍影の描出に有用ではないと考える。(c)は階調処理は(a)と同じで、RNを1(通常よりも低い周波数0.13c/mmを強調)にした画像である。亚克力板の厚みの差にかかわらず、信号の辺縁は局所的にコントラストが増強しており、信号が検出しやすくなっている。(d)に(a)と(c)の画像の信号の辺縁付近をマイクロデンシ

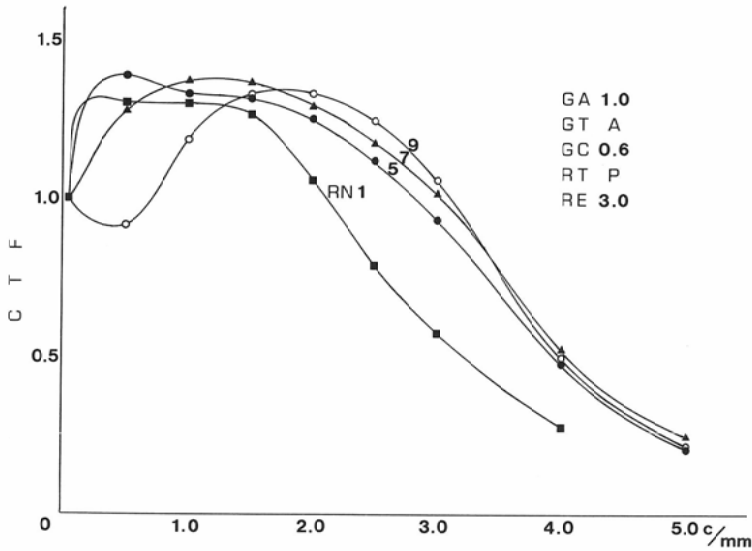


Fig. 13 Contrast transfer function (CTF) of FCR on condition that RN is changed.

トメータ (サクラ PDM5タイプ B・BR), スリット 300×10 (高さ×幅) μm で走査した時の波形を示す。ゼロラジオグラフィの辺縁効果に相当する現象がみられ、強調する周波数が低いほうが明らかである。このように強調する周波数を通常より下げることにより、もとのダイナミックレンジを保持したまま、辺縁効果を増強させ腫瘍影の描出を向上させることができる¹⁸⁾¹⁹⁾。腫瘍の辺縁像については通常よりも高い周波数を強調しているほうがみやすく、強調度もある程度強いほうがみやすいという結果であった。腫瘍影と同様、階調タイプは A, M よりも G のほうがよかった。腫瘍の辺縁像には鮮鋭度が大きく影響すると考えられる。症例の検討では RN7 が最もよい結果であった。Fig. 13 に GT (A) GA (1.0) GC (0.6) RT (P) RE (3.0) で RN を 1, 5, 7, 9 と変化させた時の CTF (Contrast Transfer Function) を示す。40mm の厚みのアクリル板の上に矩形波チャートに対し垂直になるように配置し、32kVp, 10mA, 3.2秒で撮影し、上記のマイクロデンシトメータでスリット $300 \times 10 \mu\text{m}$ で走査した。CTF の値は通常の条件である RN 5 に比べ RN 1 のほうが全体に小さい。RN 7 のほうが RN 5 より 1.0 c/mm 以上で大きく、さらに RN 9

のほうが RN 7 より 2.0 c/mm から 4.0 c/mm で大きい。しかし RN 9 は 1.5 c/mm 以下で小さく、低い周波数領域から高い周波数領域まで広い範囲にわたって CTF が大きいものは RN 7 の場合であり、これは視覚評価と合致する。階調処理の回転量 (GA) は先に述べたようにバックグラウンドの影響が強く、GA の変化による描出能改善には限界がある。空間周波数の変化は粒状度にほとんど影響がないが、GA 及び強調度を増すと粒状度は増加し、ギラギラした画像になる²⁰⁾。この画像については読影者の評価に差がみられた。以上より階調処理は GT (G) GA (1.2) GC (0.6) のままで、腫瘍影の描出については RN (1 または 3) RT (P) RE (1.0)、腫瘍の辺縁像の描出については、RN (7) RT (P) RE (2.0) が適していると考ええる。症例のうち腫瘍影、微細石灰化とともに描出されなかった 6 例に対し、腫瘍影描出の処理条件に変えて検討してみたが、腫瘍影は描出されなかった。これは画像処理以前の撮影時における散乱線が主因と考えられる。FCR 画像は増感紙/フィルム系に比べてみやすくなるが、従来みえなかったものがみえるようになるという効果はほとんどないといわれており²¹⁾²²⁾、画像処理で改善される可能性にはやはり限界があると考えられる。

乳癌における石灰化像の出現頻度は病理学的には約50%から63%である⁴⁾²³⁾。フィルムマンモグラフィでの石灰化像の頻度は秋貞(36%)²⁴⁾、岡崎(39.4%)⁸⁾、井上(35%)²⁵⁾である。石灰化の検出率はフィルム画像の質的水準をみる1つの指標になる²⁵⁾が、今回のFCRの石灰化像の頻度は36%でフィルムマンモグラフィに劣らないと考えられる。HRのイメージングプレートの読取りサンプリング密度は10画素/mmで微細石灰化の描出できる大きさには限界がある。さらにCRでは微細石灰化の輪郭がぼやけ、癌の特徴とされる不整像、大小不同を描出するのが難しいといわれている²⁶⁾。今回はより微細な石灰化の検出しやすい処理条件についてROC曲線を用いて検討した。実際の症例では大小の石灰化が密集しており、個々の石灰化について画像と病理像とを対比させることは困難である。従って、今回はアルミニウムの細粒を用いたファントムを使用した。微細石灰化についてはコントラストよりも鮮鋭度、粒状度が重要な因子である¹⁴⁾。周波数ランク(RN)は全て同じ5(0.5c/mm)にして比較してみると、通常の条件のA、Gに比べ反転曲線Mのほうがやや検出能が高かった。これは反転曲線の場合、信号がバックグラウンドより暗くなり視覚的にみやすくなるためである²⁷⁾。G階調、M階調について周波数処理のRNを5から9にしてみると両者とも検出能が高くなり、特にMでの変化が大きかった。RN9にするとCTFのグラフで解るように低い周波数の構造の鮮鋭度が軽減され、一見サブトラクションに類似した像が得られる。これと同時に高い周波数の構造の鮮鋭度が増強できるわけである。RN9の場合高い周波数領域のCTFの上昇は少なく強調度を増加する必要があるが、上述したように強調度を増加すると粒状度も増加するため増加の程度が難しい。今回は階調曲線Mの場合REを3.0から4.0に、Gの場合1.0から2.0にして検出能の改善がみられた。ファントムを使った検討では微細石灰化の描出はGT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(9)RT(F)RE(4.0)が通常条件よりも適していると考えられる。

VII. 結 語

乳癌の腫瘤影、腫瘤の辺縁像及び微細石灰化のみやすいFCRの画像処理条件について検討した。腫瘤影、腫瘤の辺縁像については1986年12月から1988年8月までの乳癌の症例55例中の25例を用い、5名の外科医、放射線科医が評価した。階調処理条件は通常のGT(G)GA(1.2)GC(0.6)のまま、周波数処理条件は腫瘤影についてはRN(1または3)RT(P)RE(1.0)、腫瘤の辺縁像についてはRN(7)RT(P)RE(2.0)が適していた。微細石灰化についてはアルミニウムの細粒を使ったファントムを試作し、ROC曲線を求め検討した。GT(M)GA(1.0)GC(0.6)RN(9)RT(F)RE(4.0)が通常の処理条件よりも検出能が高かった。

稿を終えるにあたり、本研究の御指導、御校閲をいただいた京都府立医科大学放射線医学教室村上晃一教授に深謝致します。また、御協力いただいた本学第一外科学教室小島 治先生、澤井清司先生、第二外科学教室安村忠樹先生、ならびに放射線医学教室の諸先生方、放射線技師の方々に感謝致します。

文 献

- 1) 人口動態統計, 厚生省大臣官房統計情報部編, 1965-1986年
- 2) Kimme-Smith C, Bassett LW, Gold RH, et al: Mammographic dual-screen-emulsion-film combination: Visibility of simulated microcalcifications and effect on image contrast. *Radiology* 165: 313-318, 1987
- 3) Oestmann JW, Kopans DB, Linetsky L, et al: Comparison of two screen-film combinations in contact and magnification mammography: Detectability of microcalcifications. *Radiology* 168: 657-659, 1988
- 4) Millis RR, Davis R, Stacey AJ: The detection and significance of calcifications in the breast: A radiological and pathological study *Br J R* 49: 12-26, 1976
- 5) 井上善弘: 乳房の検査法. 放射線医学大系, 10, 101-113, 中山書店, 1986
- 6) 松江寛人, 廣田映五, 村松幸男, 他: 乳腺診断アトラス-X線・超音波と病理. 金原出版
- 7) 井上善弘: 乳房の腫瘍及び類似疾患. 放射線医学大系, 10, 156-172, 中山書店, 1986
- 8) 岡崎正敏, 阿部荘一, 光島 徹, 他: 乳癌のX線診断—微細病変を中心に—, 臨放, 23: 611-619, 1978

- 9) 岡崎正敏：早期乳癌（非浸潤癌）の乳房 X 線像による検討，代謝，20：891—901，1983
- 10) Egan RL： Intramammary calcifications without an associated mass in benign and malignant diseases. Radiology 137：1—7，1980
- 11) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al： Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. Radiology 148：833—838，1983
- 12) 高野正雄：新しい、Computed Radiography Fuji Intelligent Diagnostic X-ray system, 画像診断，12：202—207，1982
- 13) FCR テクニカルレビュー，富士写真フィルム
- 14) Stanton L, Lightfoot DA, Boyle JJ, et al： Physical aspects of breast radiography. Radiology 81：1—16，1963
- 15) Goodenough DJ, Rossman K, Lusted LB： Radiographic applications of receiver operating characteristic (ROC) curves. Radiology 110：89—95，1974
- 16) Rossmann K： The spatial frequency spectrum： A means for studying the quality of radiographic imaging systems. Radiology 90：1—13，1968
- 17) 松江寛人，村松幸男，阿南充洋，他： xeroradiography と computed radiography, 画像診断，8：790—798，1988
- 18) 土井邦雄： デジタルラジオグラフィの現状と将来，日本放技术誌，40：581—604，1984
- 19) Ishida M, Frank PH, Doi K, et al： High quality digital radiographic images： Improved detection of low-contrast objects and preliminary clinical studies. Radiographics 3：325—338，1983
- 20) 米田和夫，人見佳男，川瀬滋人，他： FCR (Fuji Computed Radiography) system の画質評価，映像情報，17：927—932，1985
- 21) 蜂屋順一，是永建雄，似鳥俊明，他： Fuji Computed Radiography の臨床応用 映像情報，15：1029—1036，1983
- 22) 蜂屋順一，是永建雄，桜井堅二，他： 輝尽性蛍光体を用いたコンピュータドラジオグラフィ，医学のあゆみ，127：1199—1206，1983
- 23) 森田豊彦，菅野晴夫，井川洋二，他： 乳癌組織内の微小石灰沈着一組織学的検索一，癌の臨床，13：798—808，1967
- 24) 秋貞雅洋： 乳腺撮影 (Mammography) に関する研究—(第1編)—1000例の臨床的研究一，日医放会誌，26：29—47，1966
- 25) 井上善弘： mammography でどこまで読影すべきか，画像診断，8：777—784，1988
- 26) Narimatsu A, Kawai C, Hachiya J： Breast and thyroid. Computed Radiography, 77—83
- 27) 山下一也，橋本一夫，森川 薫： CRT 観察系におけるデジタル画像の ROC 解析，日放技术誌，42：989—997，1986