



Title	乳癌診断におけるCRマンモグラフィの有用性に関する研究-CRとフィルムスクリーン系との対比-
Author(s)	北浜, 博之
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1991, 51(5), p. 547-560
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19205
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

乳癌診断における CR マンモグラフィの有用性に関する研究

—CR とフィルムスクリーン系との対比—

栃木県立がんセンター画像診断部

北 浜 博 之

（平成 3 年 1 月 10 日受付）

（平成 3 年 3 月 15 日最終原稿受付特別掲載）

Efficacy of Storage Phosphor-Based Digital Mammography in Diagnosis of Breast Cancer

—Comparison with Film-Screen Mammography—

Hiroyuki Kitahama

Department of Diagnostic Imaging, Tochigi Cancer Center

Research Code No. : 521.9

Key Words : Breast cancer, Computed radiography,
Mammography, Microcalcification, ROC

The aim of this study is to present efficacy of storage phosphor-based digital mammography (CR-mammography) in diagnosis of breast cancer.

Ninety-seven cases with breast cancer including 44 cases less than 2 cm in macroscopic size (t1 cases) were evaluated using storage phosphor-based digital mammography (2000 × 2510 pixels by 10 bits).

Abnormal findings on CR-mammography were detected in 86 cases (88.7%) of 97 women with breast cancer. Sensitivity of CR-mammography was 88.7%. It was superior to that of film-screen mammography. On t1 breast cancer cases, sensitivity on CR-mammography was 88.6%. False negative rate in t1 breast cancer cases was reduced by image processing using CR-mammography.

To evaluate microcalcifications, CR-mammograms and film-screen mammograms were investigated in 22 cases of breast cancer proven pathologically the existence of microcalcifications and 11 paraffin tissue blocks of breast cancer.

CR-mammography was superior to film-screen mammography in recognizing of microcalcifications. As regards the detectability for the number and the shape of microcalcifications, CR-mammography was equivalent to film-screen mammography.

Receiver operating characteristic (ROC) analysis by eight observers was performed for CR-mammography and film-screen mammography with 54 breast cancer patients and 54 normal cases. The detectability of abnormal findings of breast cancer on CR-mammography (ROC area=0.91) was better than that on film-screen mammography (ROC area=0.88) ($p<0.05$). Efficacy of storage phosphor-based digital mammography in diagnosis of breast cancer was discussed and demonstrated in this study.

I. はじめに

近年のコンピューター技術の進歩は目ざましいものがあり医用画像の分野では従来のアナログ方式のX線写真に代わりデジタルラジオグラフィの有用性が報告されている^{1)~3)}。デジタルラジオグラフィを用いた乳癌診断の有用性に関する報告は散見⁴⁾⁵⁾されているが切除標本上腫瘍断面最大径が2.0cm以下の乳癌(以下t1乳癌とする)、微小石灰化を呈する乳癌に対する詳しい検討は少ない^{6)~8)}。外科的にも早期乳癌には乳房温存術式⁹⁾が適応されるようになってきておりt1乳癌発見の重要性が増してきている。

本研究ではイメージングプレートを用いたデジタルラジオグラフィ(以下CRとする)による乳癌診断の有用性を評価する目的で、t1乳癌、および微小石灰化を呈する乳癌についてその臨床所見、病理学的所見とマンモグラフィ(以下MMGとする)の所見との対比検討を行った。MMGの検討は従来からあるフィルムスクリーン系のMMG(以下FILM-MMGとする)とCRを用いたMMG(以下CR-MMGとする)の両者の所見についての読影で行った。

II. 対象および方法

対象は1986年9月より1990年3月までの間に栃木県立がんセンターにおいて手術が施行され、病理組織学的に乳癌と診断された97例である。対象者の年齢は24~88歳でその平均年齢は50.9歳であった。性別は全例女性である。また病理組織型の内訳は浸潤性乳管癌91例(硬癌47例、充実腺管癌22例、乳頭腺管癌22例)浸潤性小葉癌3例、髄様癌1例、粘液癌1例、非浸潤性乳管癌1例である。

この97例のうちt1乳癌は44例45.4%であった。t2(腫瘍径2.1cm以上で皮膚、胸筋に波及しないもの)は47例48.5%、t3(皮膚または胸筋に波及するもの)は6例6.1%であった。

1. 検討項目

検討項目は、(1) CR-MMGにおける異常像と組織型との対比、(2) t1乳癌診断におけるCR-MMGの有用性、(3) 腫瘍断面とFILM-MMG及びCR-MMGにおける異常像との対比、(4) 微小

石灰化を呈する乳癌の描出能、および、(5) 乳癌異常像検出におけるFILM-MMGとCR-MMGとのROC¹⁰⁾解析である。

(1) CR-MMGにおける異常像と組織型との対比:

CR-MMGにおける異常像についてはEgan¹¹⁾、岡崎¹²⁾らの分類を参考にした。腫瘍陰影辺縁の不整像の明瞭なものをinfiltrative pattern、腫瘍陰影の境界の不明瞭なものをintermediate pattern、腫瘍陰影の境界の明瞭なものをcircumscribed pattern、微小石灰化像が主体で腫瘍陰影のはっきりしないものをcalcification pattern、異常像の認められないものをnegative、とした。これら異常像と組織型について検討した。

CR-MMG撮影条件は管電圧27~33kVp、管電流50mAs、FFDは607mmである。

撮影方向は頭尾方向(cranio-caudal position)と内外方向(medio-lateral position)の2方向撮影を基本とした。

(2) t1乳癌診断におけるCR-MMGの有用性:

乳癌97例中t1乳癌症例44例についてsensitivity、組織型とCR-MMGおよびFILM-MMGにおける異常像との関係を検討した。

(3) 腫瘍断面とFILM-MMG及びCR-MMGにおける異常像との対比:

ホルマリン固定後の切除乳房を約1cm厚の切除切片にしそのうちで最も明瞭に腫瘍が描出されている34例34切片についてCR-MMG、FILM-MMG撮影を行った。腫瘍断面の形態は乳癌取り扱い規約¹³⁾に従い限局型、中間型、浸潤型、分類不能型としCR-MMGとFILM-MMGとの比較検討を行なった。

撮影条件はCR-MMG撮影時電圧25kVp、電流10mA、(10mAs)、FILM-MMG撮影時、電圧26kVp、電流10mA、(16mAs)を基本として行った。

34例34切片について腫瘍断面のホルマリン固定後の写真とCR-MMG、FILM-MMG撮影像を比較した。画像の評価は系列範疇法¹⁴⁾を用い5段階で評価した(Fig. 1)。

5段階評価のスコアは3群に分類した。すなわち肯定群(5、4)中間群(3)否定群(2、

1. フィルム番号

2. 読影者

3. CR は Film と比較して全体的に見やすい

たいへんみやすい	みやすい	ふつう	ややみにくい	みにくい
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

4. CR は Film で見えなかった所見が写っている

おおいにそう	そう	どちらともいえない	そうでない	まったくちがう
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

5. CR では Film で見えにくかった所見が見やすくなっている

おおいにそう	そう	どちらともいえない	そうでない	まったくちがう
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

6. CR は Film と比較して腫瘍断面をよく反映している

おおいにそう	そう	どちらともいえない	そうでない	まったくちがう
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

微小石灰化影のあるときは以下を記入

7. CR は Film と比較して微小石灰化影の存在認識は？

たいへんよい	よい	どちらともいえない	ややわるい	わるい
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

8. CR は Film と比較して微小石灰化影の数描出能は？

たいへんよい	よい	どちらともいえない	ややわるい	わるい
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

9. CR は Film と比較して微小石灰化影の形態認識能は？

たいへんよい	よい	どちらともいえない	ややわるい	わるい
☐	☐	☐	☐	☐
5	4	3	2	1

Fig. 1 CR 画像評価ワークシート

1) として評価した。

(4) 微小石灰化を呈する乳癌の描出能：

1) 摘出標本による検討

乳癌手術前に同一症例に対して CR-MMG, FILM-MMG 撮影を行い、かつ摘出標本の CR, FILM 撮影を行った34例のうち病理組織学的に石灰化の確認された18例について術前像及び摘出標本像を用い CR-MMG, FILM-MMG における微小石灰化像の描出能の検討を行った。

2) 腫瘍断面の検討

前述の切除切片34例中 X 線写真上微小石灰化像を伴った13例については微小石灰化像の存在認識、数描出能、形態認識能についても評価を行った。

画像評価は系列範疇法¹⁴⁾を用い 5 段階で評価した。

3) パラフィンブロックによる検討

Millis¹⁵⁾らの方法を参考にし微小石灰化像を有する11例の乳癌標本のパラフィンブロックを CR-MMG 及び FILM-MMG で撮影しその各々について微小石灰化像の描出数、大きさを比較検討した。微小石灰化像の大きさは10倍拡大スケールルーペ (peak 社製) で計測した。パラフィンブロック11例の X 線面像の評価として系列範疇法¹⁴⁾にて評価を加えた。画像評価は画像診断部医師 5 名 (経験 5 ~ 14 年) で行った。

撮影条件を CR-MMG 撮影時電圧24kVp, 電流10mA (10mAs) FILM-MMG 撮影時, 電圧23kVp, 電流10mA (18mAs) に設定した。FFD は FILM-MMG 撮影時601mm, CR-MMG 撮影時607mm である。

4) 臨床症例の検討

病理組織学的に石灰化の確認された乳癌症例のうち、同一症例に対して CR-MMG, FILM-MMG 撮影を行い、かつ微小石灰化像の描出されている22例について腫瘍断面、パラフィンブロックの検討と同様に微小石灰化像の存在認識、数描出能、形態認識能について検討し、さらに読影しやすさについても評価を加えた。画像評価は腫瘍断面、パラフィンブロックの検討と同様に系列範疇法¹⁴⁾を用いた。

撮影条件は CR-MMG 撮影時管電圧27~33 kVp, 管電流50mAs, FILM-MMG 撮影時30~34 kVp, フォトタイマーを使用し管電流は35~80 mAs である。

FFD は FILM-MMG 撮影時620mm, CR-MMG 撮影時607mm である。

(5) 乳癌異常像検出における FILM-MMG と CR-MMG との ROC 解析：

乳癌例97例中 CR-MMG, FILM-MMG の両者を撮影し得た54例、(平均年齢52.9歳)と正常例54例 (平均年齢39.4歳) 計108例を対象とし、CR-MMG, FILM-MMG との比較を ROC 解析を用い検討した。

組織型は浸潤性乳管癌50例 (硬癌28例, 乳頭腺管癌12例, 充実腺管癌10例), 浸潤性小葉癌 3 例, 粘液癌 1 例である。

乳癌54例のうちt1乳癌は24例44.4%であった。t2乳癌は25例46.3%，t3乳癌は5例9.3%であった。ROC解析における乳癌異常像の画像評価は5段階評価を行った。すなわち108症例についてそれぞれ乳癌を示唆する異常像が1. 絶対に無い，2. 無いと思う，3. どちらとも言えない，4. 有ると思う，5. 絶対に有る，の基準で評価した。読影は画像診断部医師4名（経験4～14年），乳腺外科医師1名（経験16年）放射線科技師3名の計8名で行った。

観察時間は1画像につき約15秒でCR-MMG，FILM-MMGそれぞれ独立して観察を行った。

ROC解析にはROC曲線下の面積を計測し評価を行った。

有意差検定はWilcoxonの対応のある検定法を用いた。

撮影条件はCR-MMG撮影時管電圧27～33 kVp，管電流50mAs，FILM-MMG撮影時30～34 kVp，フォトタイマーを使用し管電流は35～80 mAsである。

FFDはFILM-MMG撮影時620mm，CR-MMG撮影時607mmである。

撮影方向は頭尾方向（cranio-caudal position）と内外方向（medio-lateral position）の2方向撮影を基本とした。

2. 使用装置

撮影装置はX線高電圧装置東芝MGU-01，ベリリウム窓付モリブデン回転陽極X線管球，焦点の大きさは通常0.6×0.6mm，拡大spot撮影時には

0.1×0.1mmを使用した。CR-MMG撮影にはアルミ移動グリッド4：1を使用し，イメージングプレートは六切りHR，フィルムはCR633を使用した。FILM-MMG撮影にはグリッド無し，増感紙Min-Rスクリーン感度100，フィルムはKodak Min-Rを使用した。

現像機はCR-MMG撮影時FPR421（富士フィルム社製），FILM-MMG撮影時FPR-4000（富士フィルム社製）を使用した。現像温度はCR-MMG撮影時約33.1℃，FILM-MMG撮影時約33.8℃である。

現像時間は共に90秒である。

3. 画像処理装置

画像処理はCR-201（Fuji-Film社製），TDF-500A（東芝社製）を使用した。Imaging plateは10×5inch，2510×2000×10bit，matrix 0.1mm per pixelを使用した。CRTモニターはTDF-500A 20inch，走査線1635本，1024×1538×8bit matrix，per pixelを使用した。

4. 画像処理条件

画像収録はAuto収録で行い階調処理に周波数処理を加えたGA：1.1，GT：G，GC：0.6，GS：0.3，RT：P，RN：4，RE：1.0を基本とした。

III. 結 果

1. CR-MMGにおける異常像と組織型との対比

異常像と組織型についてTable 1に示す。乳癌97例中95例97.9%にCR-MMG上に異常像を認めた。異常像のうち乳癌と正診し得たものは86例で

Table 1 Correlation between CR mammographic appearance and histologic type of breast cancers

Histologic type	CR mammographic appearance					Total
	Infiltrative	Intermediate	Circumscribed	Calcification	Negative	
Scirrhus	26	12(1)	3(1)	4(1)	2(2)	47(5)
Solid-tub.	9(1)	6(1)	6(1)	1	0	22(3)
Papillotub.	8	2	4(2)	8	0	22(2)
Medullary	0	0	1(1)	0	0	1(1)
Mucinous	1	0	0	0	0	1
Lobular	2	1	0	0	0	3
Noninvasive	0	1	0	0	0	1
Total	46(1)	22(2)	14(5)	13(1)	2(2)	97(11)

() : false negative case

sensitivity 88.7% (86/97) であった。

infiltrative pattern は硬癌症例の55.3% (26/47), 充実腺管癌の40.9% (9/22) に多く認められた。intermediate pattern は充実腺管癌の27.3% (6/22), 硬癌の22.5% (12/47) に多い傾向があった。circumscribed pattern は充実腺管癌の27.2% (6/22), 乳頭腺管癌の18.2% (4/22) に多く見られた。calcification pattern は乳頭腺管癌の36.4% (8/22) に多かった。

2. t1乳癌診断における CR-MMG の有用性

t1乳癌症例の CR-MMG による sensitivity を

Table 2 Sensitivity of CR mammogram according to tumor size in t1 cases

	t		Total
	-1.0cm	1.1-2.0cm	
Sensitivity	6/10(60%)	33/34(97.1%)	39/44(88.6%)

Table 2 に示す。1cm 以下では10例中6例60%, 1.1-2.0cm で34例中33例97.1%, total では44例中39例88.6%の sensitivity であった。

5例は false negative 症例であった。

組織型と CR-MMG 及び FILM-MMG との関係を Table 3 に示す。CR-MMG と FILM-MMG に差は認めない。

3. 腫瘍断面と FILM-MMG 及び CR-MMG における異常像との対比

腫瘍断面の形態と CR-MMG と FILM-MMG との比較検討を Table 4 に示す。

浸潤型は100% (5/5), 中間型は50% (2/4), 限局型は31.3% (5/16) の症例で MMG 異常像と一致していた。腫瘍断面形態と MMG 異常像の一致しなかった症例においても CR-MMG, FILM-MMG の異常像の描出は全く同じ傾向であった。

腫瘍断面形態の描出に関して CR-MMG, FILM-MMG の両者に差は認められなかった。系

Table 3 Comparison of CR mammographic appearance and film-screen mammographic appearance in histologic type of t1 breast cancers

Histologic type	Mammographic appearance										Total
	Infiltrative		Intermediate		Circumscribed		Calcification		Negative		
	CR	FILM	CR	FILM	CR	FILM	CR	FILM	CR	FILM	
Scirrhus	14	14	7	7	1	1	2	2	1	1	25
Solid-tub.	1	1	5	5	4	4	0	0	0	0	10
Papillotub.	5	5	0	0	0	0	1	1	0	0	6
Medullary	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
Lobular	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Noninvasive	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	20	20	14	14	6	6	3	3	1	1	44

Table 4 Correlation between mammographic appearance and macroscopic classification of resected breast cancers

Macroscopic type	Mammographic appearance								Total
	Infiltrative		Intermediate		Circumscribed		Calcification		
	CR	FILM	CR	FILM	CR	FILM	CR	FILM	
Circumscribed	1	1	7	7	5	5	3	3	16
Intermediate	2	2	2	2	0	0	0	0	4
Infiltrative	5	5	0	0	0	0	0	0	5
Unclassified	3	3	4	4	0	0	2	2	9
Total	11	11	13	13	5	5	5	5	34

Table 5 Results of method of successive category for specimen radiography

Questions Compared with film-screen mammography,	Yes		Intermediate	No	
	5	4	3	2	1
Q1 CR is easy to interpret.			●		
Q2 CR is easy to recognize abnormal findings that are invisible on film-screen mammogram.					●
Q3 CR is easy to recognize abnormal findings that are unclear on film-screen mammogram.			●		
Q4 CR faithfully mirrors the macroscopic appearance.			●		

Table 6 Comparison of CR mammography and film-screen mammography in the detection of malignant microcalcifications

Case	Preoperative mammography		Specimen mammography	
	CR	FILM	CR	FILM
1	+	+	+	+
2	+	+	+	+
3	+	+	+	+
4	+	+	+	+
5	+	+	+	+
6	-	-	+	+
7	+	+	+	+
8	+	+	+	+
9	+	+	+	+
10	+	+	+	+
11	+	+	+	+
12	+	+	+	+
13	+	+	+	+
14	+	+	+	+
15	+	+	+	+
16	+	+	+	+
17	+	+	+	+
18	+	+	+	+

+ : positive for microcalcifications

- : negative for microcalcifications

列範疇法による画像評価を Table 5 に示す。Table 5 に示す通り読影のしやすさ(Q1), 断面形態の反映(Q4)の評価は共に中間群(intermediate)でCR-MMG, FILM-MMGの両者に差は認めなかった。またCR-MMGではFILM-MMGで見えないものが写っている(Q2)という質問に対しての評価は否定群(No)でFILM-MMGで見えないものがCR-MMGで写っていることは無かった。

4. 微小石灰化を呈する乳癌の描出能

(1) 摘出標本による検討

術前および摘出標本を用いたCR-MMG, FILM-MMGにおける微小石灰化像の描出能を Table 6 に示す。微小石灰化像をCR-MMG, FILM-MMGにて17例で描出し得たが1例において術前MMGにて(-), 摘出標本(+)であった。

(2) 腫瘍断面の検討

CR-MMGとFILM-MMGを比較した系列範疇法による画像評価を Table 7 に示す。微小石灰

Table 7 Results of method of successive category for microcalcifications on specimen radiography

Questions Compared with film-screen mammography,	Yes		Intermediate	No	
	5	4	3	2	1
Q1 CR is easy to recognize existence of microcalcifications.	●				
Q2 CR is easy to detect number of microcalcifications.			●		
Q3 CR is easy to recognize shape of microcalcifications.			●		

化像の存在認識 (Q1) の評価は肯定群 (Yes) で CR-MMG が優れ、数 (Q2) 及び形態認識 (Q3) の評価は中間群 (Intermediate) で両者間に差は認められなかった。

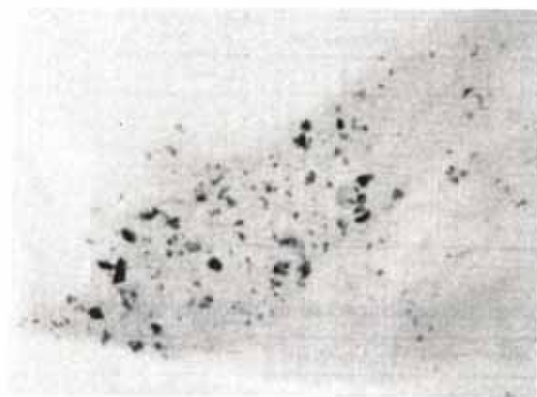
(3) パラフィンブロックによる検討

成績は Table 8 に示す通りである。CR-MMG では 100μ 程度の微小石灰化像は FILM-MMG に比較してボケのため実物大より大きめに描出される傾向が見られた (Fig. 2a, b)。

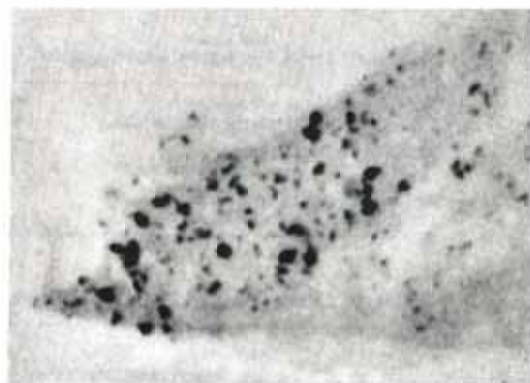
系列範疇法による画像評価を Table 9 に示す。微小石灰化像に関する存在認識 (Q1) は肯定群 (Yes) で FILM-MMG と比較して CR-MMG の方が優れ、微小石灰化像の数 (Q2)、形態 (Q3)

Table 8 Detectability of microcalcifications on paraffin tissue block radiography

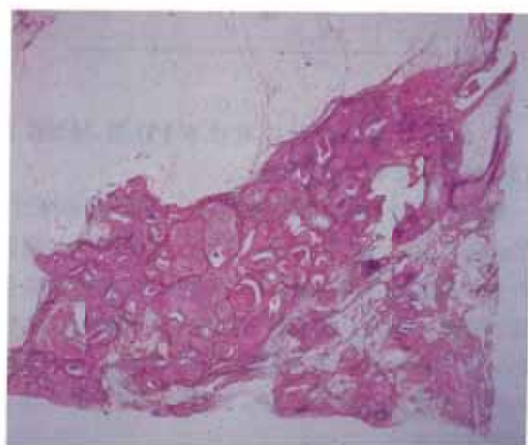
Case	No. of microcalc.	Size (minimum-maximum μ)	
		CR	FILM
1	CR $\approx$ FILM	200-700	200-700
2	CR $\approx$ FILM	200-800	100-800
3	CR $\approx$ FILM	200-400	100-400
4	CR $\approx$ FILM	200-500	100-500
5	CR $\approx$ FILM	200-1,000	150-1,000
6	CR $\approx$ FILM	200-700	200-500
7	CR $\approx$ FILM	200-600	200-600
8	CR $\approx$ FILM	200-500	150-500
9	CR $\approx$ FILM	200-500	200-500
10	CR $\approx$ FILM	200-500	200-500
11	CR $\approx$ FILM	200-500	100-500



a



b



c



d



e

Fig. 2 Paraffin tissue brock radiography of the malignant calcifications, comedo carcinoma.

(a) Malignant calcifications are well seen on film-screen mammogram (FILM-MMG). (b) CR-mammogram (CR-MMG) shows same distribution of the malignant calcifications on the film-screen mammogram (FILM-MMG) but shades off these shape. (c) Microscopic findings of calcification. (x1) (d) Preoperative film-screen mammogram (FILM-MMG) of this case. (e) Preoperative CR-mammogram (CR-MMG) in same case as (d) is easy to recognize microcalcifications.

Table 9 Results of method of successive category for microcalcifications on paraffin tissue brock radiography

Questions Compared with film-screen mammography,	Yes		Intermediate		No	
	5	4	3	2	1	
Q1 CR is easy to recognize existence of microcalcifications.		●				
Q2 CR is easy to detect number of microcalcifications.			●			
Q3 CR is easy to recognize shape of microcalcifications.				●		

Table 10 Results of method of successive category for microcalcifications on mammography

Questions Compared with film-screen mammography,	Yes		Intermediate		No	
	5	4	3	2	1	
Q1 CR is easy to interpret.		●				
Q2 CR is easy to recognize existence of microcalcifications.		●				
Q3 CR is easy to detect number of microcalcifications.				●		
Q4 CR is easy to recognize shape of microcalcifications.				●		

の評価は中間群 (Intermediate) で CR-MMG, FILM-MMG の両者で差は認めなかった。

(4) 臨床症例の検討

系列範疇法による画像評価を Table 10 に示す。読影のしやすさ (Q1) 微小石灰化像に関する存在認識 (Q2) は肯定群 (Yes) で FILM-MMG と比較して CR-MMG の方が優れ、微小石灰化像の数 (Q3)、形態 (Q4) の評価は中間群 (Intermediate) で CR-MMG, FILM-MMG の両者で差は認めなかった。

5. 乳癌異常像検出における FILM-MMG と CR-MMG との ROC 解析

読影者別の ROC 解析結果を Table 11 に示す。Table 11 に示す通り CR-MMG に携わった経験の長い者は FILM-MMG より良い成績を得る傾向が認められた。放射線技師でも CR-MMG に携わった経験の長い者は CR-MMG に携わった経験の短い医師より CR-MMG が良い成績を得る傾向が認められた。

乳癌異常像検出について ROC 解析にて CR-

Table 11 Area under receiver-operating-characteristic (ROC) curves for eight observers and two techniques

Observer	Experience *		Area under ROC curves	
			FILM ★	CR ★
Radiologist	1	4	0.90	0.98
	2	1	0.84	0.83
	3	4	0.90	0.94
	4	2	0.92	0.90
Breast surgeon	5	4	0.93	0.97
Radiotechnician	6	4	0.92	0.95
	7	4	0.86	0.86
	8	1	0.84	0.90
Overall			0.88	0.91

* : years of experience in practicing CR-MMG

★ : significant ($p < 0.05$)

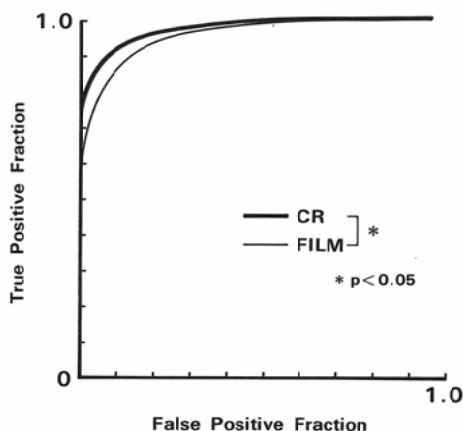


Fig. 3 ROC curves of mammograms with breast cancer. The ROC curve of CR-mammogram (CR-MMG) is superior to that of film screen mammogram (FILM-MMG) in the detectability of breast cancers. ($p < 0.05$)

MMG, は FILM-MMG と比較して有意差 ($p < 0.05$) を認めた (Fig. 3).

IV. 考 案

乳癌の診断には従来より X 線乳房撮影が用いられ, その診断率が高いと言われている¹⁶⁾. 近年のフィルム, 増感紙などの改善に伴いより詳細な診断ができるようになってきた. 一方 CR は 1981 年に新しい X 線画像形成法として技術発表が行われ 1983 年以来臨床用システムが日常臨床に応用さ

れてきている¹⁷⁾. CR は X 線画像のセンサーとしてイメージングプレートを導入し階調処理, 周波数処理により広いラチチュードで鮮鋭度の高い X 線画像が比較的低線量で得られる利点を有すると報告されている¹⁸⁾.

そこで本研究では乳房 X 線診断における CR-MMG の有用性についての検討を行い, 以下の知見を得た.

1. CR-MMG における異常像と組織型との対比

本研究では MMG の異常像を 5 型 (Table 1) に分けて検討した. そのうち infiltrative pattern を示すものは全体の 47.4% (46/97) に認められた. この所見は岡崎¹²⁾の T3 病変 Wolfe¹⁹⁾の mass with a spiculated margin, Egan¹¹⁾の highly infiltrative mass に相当するものである. 本研究では岡崎¹²⁾の 37.2% より多く認められているが硬癌が多かったと考える. 組織型では岡崎¹²⁾深見¹⁶⁾Egan²⁰⁾らの報告と一致し, 硬癌に 55.3% (26/47) と多く認められている.

intermediate pattern は 22.7% (22/97) に認められ岡崎¹²⁾の T2 に相当する. 岡崎¹²⁾の 26.9% とほぼ同じ傾向が見られた. 組織型は浸潤癌, 非浸潤癌, 特殊癌に多い¹²⁾と言われている. 本研究でも硬癌に多く認められた.

circumscribed pattern は本研究では充実腺管癌に多い傾向が見られた. circumscribed pattern は限局型腫瘤, Wolfe²¹⁾の mass with distinct margin に一致し充実腺管癌, 髄様癌, 粘液癌, 嚢胞内癌に多い¹²⁾²¹⁾という報告と同じ傾向であった.

calcification pattern は本研究では乳頭腺管癌に多かった. comedo type の癌に多いと報告されている²²⁾²³⁾のと同じ傾向が見られた.

11 例の false negative case の内訳 (Table 1) は circumscribed type の癌が 5 例 45.5% (5/11) と最も多く 4 例は Wolfe²⁴⁾の P2 pattern, 1 例は異物例, 1 例は授乳期例である. このうち癌としての異常影の指摘できなかった症例は 2 例である. 1 例は授乳期乳癌例, 1 例は両側同時性乳癌例で患側と反対側にある 5mm の乳癌で spot 撮影

は行っていない症例である。この2例はマンモグラフィの限界と考える。

今回検討したCR-MMGによる sensitivity 88.7% (86/97) は従来の FILM-MMG による成績のうち森本²⁵⁾らの72%, 木戸²⁶⁾らの84.6%と比較して高い結果である。CR-MMGの描出能はFILM-MMGの描出能に匹敵するという結果を得た。

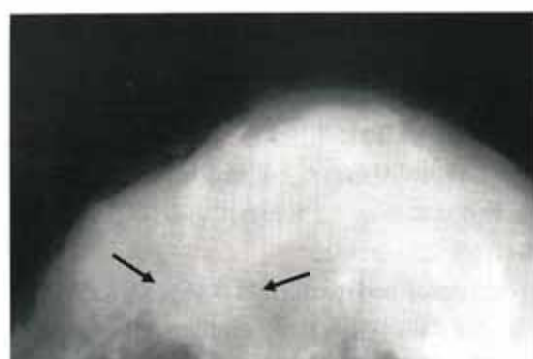
2. t1乳癌診断におけるCR-MMGの有用性

t1乳癌の sensitivity は88.6%で駒木²⁷⁾らの61%, 伊藤²⁸⁾らの57%, 篠崎²⁹⁾の66%と比較して高い結果を得た。

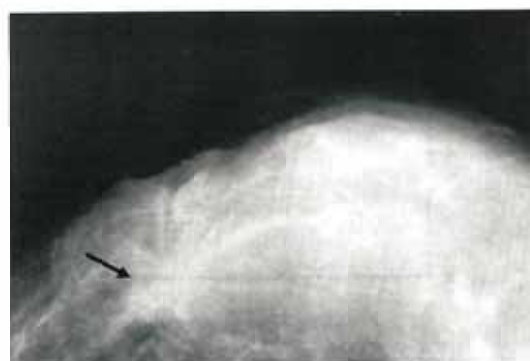
この理由は診断医が撮影の場に必ず立ち会い、検査のたびごとに病変部位の spot 撮影を含んだ入念な撮影およびデジタル化による画像処理を行ったためと考えられる。

false negative case 5 例について検討すると 2

例の circumscribed type 乳癌, Wolfe²⁴⁾の P2 pattern 2 例, 微小石灰化像を 2 個認めた 1 例である。このうち circumscribed type の 2 例は後に FILM-MMG の spot 撮影を TDF-500A によりデジタイザー入力し画像処理を行った。すなわちサンプリングピッチを 100μ ³⁰⁾とし、画像処理条件は RT=F, RE=1.0, N=3-7, GT=A, GA=2.5, GC=1.2, GS=0.35-0.60とした。その結果 2 例共腫瘍像が明瞭に描出され乳癌の診断が可能となった³¹⁾。一方同様な画像処理をしても異常像の描出されなかった症例は 3 例であった。すなわち 5mm の硬癌, Wolfe²⁴⁾の P2 pattern をともなった充実腺管癌, 2 個の微小石灰化を伴った t1 の硬癌である。今後の検討が望まれる。t1 乳癌診断において FILM-MMG と比較して sensitivity が高いこと、(Fig. 4)のごとく画像処理により異常像が FILM-MMG より明瞭に描出されることより



a



b



c

Fig. 4 Breast cancer, macroscopically 12×12mm in size of scirrhous carcinoma.

(a) Dense gland and unclear tumor margin (arrow) are seen on film-screen mammogram (FILM-MMG). (b) Irregular shaped tumor (arrow) is clearly seen on CR-mammogram (CR-MMG). (c) Macroscopic findings of this case.

CR-MMGの有用性が認められた。

3. 腫瘍断面とFILM-MMG及びCR-MMGにおける異常像との対比

腫瘍断面形態の描出に関してCR-MMG, FILM-MMGの異常像の描出は全く同じ傾向であった (Fig. 5)。

系列範疇法による検討では断面形態の反映にはCR-MMGとFILM-MMGでは両者に差は認めなかった。腫瘍の病理断面による検討においてCR-MMGによる異常影の描出に不利益はなくむしろ画像処理により腫瘍陰影と乳腺陰影のコントラストが向上したためにデジタル画像に慣れている者はCR-MMGの方がFILM-MMGよりも見やすい症例も経験された。

4. 微小石灰化を呈する乳癌の描出能

今回の検討では微小石灰化像はCR-MMG97例中37例38.1%に認められた。高麗^{(32)~(35)}らのCR-

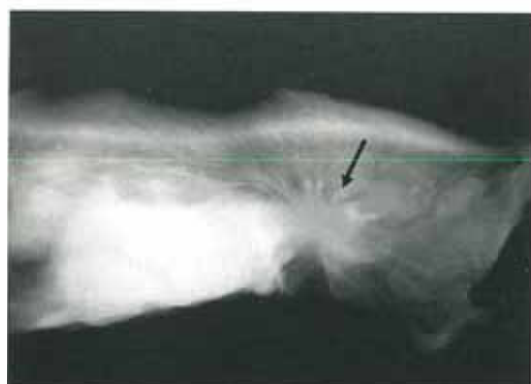
MMGの37%とはほぼ同じであった。CR-MMGは微小石灰化の描出率が悪いと言う報告もあるが⁽³⁶⁾ CR-MMG, FILM-MMG両者を比較した54例の今回の検討ではFILM-MMGの描出率41.5%と同じであった (Fig. 6)。

(1) 摘出標本による検討

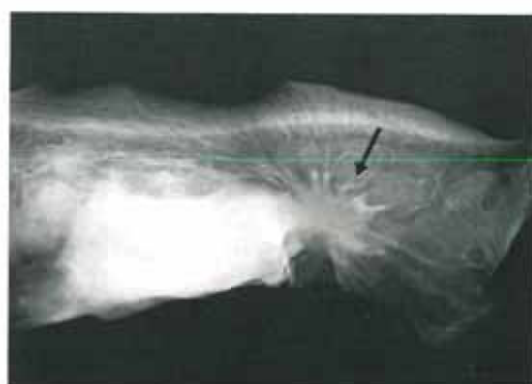
術前のCR-MMG, FILM-MMG撮影では微小石灰化像を描出し得なかった case 6について断面のCR-MMG及びFILM-MMG撮影で検討したところ淡い微小石灰化像として描出し得ている。組織型は硬癌で周囲の線維化のため術前のFILM-MMG及びCR-MMGではdensityが高く淡い陰影が認められなかったものとする。

(2) 腫瘍断面の検討

微小石灰化像に関する存在認識はCR-MMGの方が優れ、それらの数、形態の評価はCR-MMG, FILM-MMGで差は認めなかった。



a



b



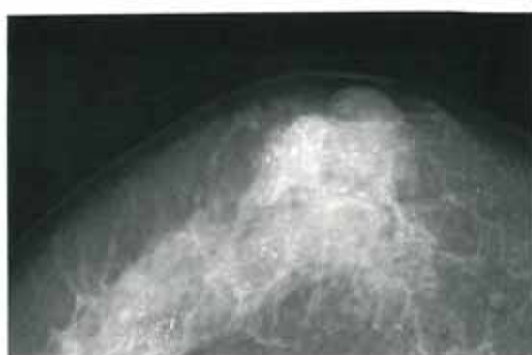
c

Fig. 5 Specimen radiogram of the breast cancer, scirrhous carcinoma.

(a) Marked spiculated tumor (arrow) is seen on specimen radiogram of the film-screen mammography (FILM-MMG). (b) Marked spiculated tumor (arrow) is seen on specimen radiogram of the CR-mammography (CR-MMG). CR-mammogram (CR-MMG) faithfully mirrors the macroscopic appearance. (c) Macroscopic findings of this case.



a



b



c



d



e

Fig. 6 Breast cancer, papillotubular carcinoma.

(a) Malignant calcifications are seen on film-screen mammogram (FILM-MMG). (b) Malignant calcifications are easier to interpret on CR-mammogram (CR-MMG). (c) Specimen radiogram of the film-screen mammography. (d) Specimen radiogram of the CR-mammography. (e) Macroscopic findings of this case.

この理由は画像処理により微小石灰化像と乳腺陰影のコントラストが向上し微小石灰化像が認識しやすくなったためと考えられる。

(3) パラフィンブロックによる検討

今回検討した微小石灰化像についてのCR-MMG, FILM-MMG との比較では大きさに関してFILM-MMGの方が小さいものが描出されている。CR-MMGでは100 μ レベルの微小石灰化像

はボケのため肉眼による計測では実際より大きく描出されている。

X線撮影による拡大率はFILM-MMG撮影時には1.010倍、CR-MMG撮影時は1.012倍であった。CR-MMG, FILM-MMG 両者における拡大率の差は無視できる範囲のものであると考える。ルーベ像との比較では病理学的な微小石灰化の分布とCR-MMG, FILM-MMG は一致し両者で差

は認めなかった (Fig. 2a, b, c).

系列範疇法¹⁴⁾による検討ではCR-MMG, FILM-MMGによる微小石灰化像の描出数, 形態認識では両者の見えかたに差はなかった. 微小石灰化像の存在認識ではむしろCR-MMGの方が見やすいと評価された.

(4) 臨床症例の検討

系列範疇法による画像評価は腫瘍断面, パラフィンブロックによる検討と同様であった. すなわち臨床症例においてCR-MMGはFILM-MMGと比較して微小石灰化像の存在認識がしやすく, 数描出能, 形態認識能では差が認めなかった (Fig. 2d, e, Fig. 6a, b). また読影のしやすさに関してはCR-MMGはFILM-MMGと比較して優れていた. この理由は画像処理により微小石灰化像と乳腺陰影のコントラストが向上したこと, 読影者がデジタル画像に慣れていたことが考えられる. 微小石灰化像の診断に関してCR-MMGは微小石灰化像の存在認識を高め, false negative 症例を減少させることが十分可能であり, 微小石灰化を呈する乳癌の診断においてもCR-MMGの有用性を示したと言える.

5. 乳癌異常像検出におけるFILM-MMGとCR-MMGとのROC解析

今回検討した異常像のROCの曲線下の面積評価ではCR-MMGが, FILM-MMGと比較して良好の結果を得, 有意差を認めた. この理由は画像処理により腫瘍陰影と乳腺陰影のコントラストが向上しCR-MMGが読影しやすい画像となり良い評価を得たものと考え, ROCの曲線下の面積を読影者別に検討するとCR-MMGに携わった経験の長い者はFILM-MMGより良い成績を得る傾向が認められた. このことはCR-MMGは画像の慣れが読影に影響を及ぼすものと思われる.

一方CR-MMGに慣れた技師はCR-MMGに慣れていない医師より良い成績を示す者も認められた. このことはCR-MMGは教育で読影の専門家でなくても観察者による差が少なくなることが期待できる.

今回検討した症例ではt1症例は54例中24例44.4%で比較的小さい病変が多く含まれている.

小さい病変でもデジタル画像による診断が十分可能であることを示唆している.

従来よりCRはdense breastに有用であると報告されている³⁷⁾. 今回検討した症例のうちWolfeのDY patternを呈するdense breast症例は9例ありいずれもCR-MMGの方がFILM-MMGより異常像の認識がし易くdense breastの診断に有用であった (Fig. 4a, b).

V. 結 論

乳癌診断におけるCR-MMGの有用性について検討した.

1. CR-MMGは乳癌異常像の描出においてFILM-MMGと差がなかった.

2. t1乳癌診断におけるCR-MMGはsensitivityが88.6%でFILM-MMGと比較して高く有用であった.

3. t1乳癌診断においてCR-MMGによる画像処理はfalse negative caseを減少することができた.

4. 微小石灰化を呈する乳癌の描出に関する検討では臨床的, 病理学的にCR-MMGはFILM-MMGと比較して差は認めなかった.

5. 系列範疇法による乳癌微小石灰化像の評価に関してCR-MMGは存在認識がFILM-MMGと比較して優れ, 描出数, 形態認識では差がなかった.

6. 乳癌異常像検出におけるROC評価ではCR-MMGは, FILM-MMGと比較して有意に高かった ($p < 0.05$).

7. CR-MMGによる乳癌診断は臨床的, 病理学的検討において有用であった.

本研究の要旨は第47, 48, 49回日本医学放射線学会総会, 第48回乳癌研究会, 17th International Congress of Radiologyにて発表した. この研究を遂行するにあたり栃木県立がんセンター画像診断部の諸先生方及び放射線技術部齊藤信彦, 野沢幸二両主任に多大な御協力をいただきました.

また本研究の直接の御指導を賜りました日本医科大学放射線医学教室本多一義助教授に深甚なる謝意を表します. そして暖かい御助言及び御校閲を賜りました栃木県立がんセンター笹川道三副院長, 日本医科大学放射線医学教室伊藤 正助教授, 加藤富三教授, 栃木県立がんセンター画像診断部奥山 厚医長, 外科池田 正医長, 放射線医学研究

所松本 徹博士に深甚の謝意を表します。

本研究を行うにあたり厚生省癌助成金63-10西谷班, 62-34富永班より援助を受けた。

文 献

- 1) 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
- 2) 孫田誠三：CRT 画像における胸部ファントム腫瘤影の存在診断について，日本医放会誌，49：1038-1049，1989
- 3) Schaefer C, Grenn R, Oestmann J, et al: Digital storage phosphor imaging versus conventional film radiography in CT-documented chest disease. *Radiology* 174: 207-210, 1990
- 4) 福島久喜：乳房×線診断における FCR 法と従来法の比較，杏林医会誌，17：149-160，1986
- 5) 木戸長一郎，遠藤登喜子，堀田勝平：乳癌集検に対する DMR (Digital Mammo-Radiography) の意義，癌と化学療法，15：1665-1670，1987
- 6) Oestmann J, Kopans D, Hall D, et al: A comparison of digitized storage phosphors and conventional mammography in the detection of malignant microcalcifications. *Invest Radiol* 23: 725-728, 1988
- 7) Chan H-P, Vyborny CJ, MacMahon H, et al: Digital mammography: ROC studies of the effects of pixel size and unsharp-mask filtering on the detection of subtle microcalcifications. *Invest Radiol* 22: 581-589, 1987
- 8) Smith C, Gold R, Bassett L, et al: Diagnosis of breast calcifications: Comparison of contact, magnified, and television-enhanced images. *AJR* 153: 963-967, 1989
- 9) 霞富士雄，岩瀬拓士，吉本賢隆，他：乳房温存療法，総論，外科の立場から，乳癌の臨床，4：467-481，1989
- 10) Hanley J, McNeil B: The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143: 29-36, 1982
- 11) Egan R: Breast Imaging, p324-343, WB Saunders Co, 1988
- 12) 岡崎正敏：乳房 X 線診断のポイント，乳癌の臨床，2(増刊)：53-82，1986
- 13) 乳癌研究会編：乳癌取り扱い規約，金原出版，1989
- 14) 武藤真介：計量心理学，p65-75，朝倉書店，1988
- 15) Millis R, Davis R, Stacey A, et al: The detection and significance of calcifications in the breast: A radiological and pathological study. *Brit J Radiology* 49: 12-26, 1976
- 16) 深見敦夫：マンモグラフィ診断，乳癌，p43-52，メジカルビュー社，1986
- 17) 高野正雄：CR システムの原理と技術，臨床画像，5：8-22，1989
- 18) Sonoda M, Takano M, Miyahara J, et al: Computed radiography utilizing scanning laser stimulated luminescence. *Radiology* 148: 833-838, 1983
- 19) Wolfe J: Xeroradiography of the breast, Charles C Thomas Publisher, p470, 1983
- 20) Egan R: Breast Imaging, p268-273, WB Saunders Co, 1988
- 21) Wolfe J: Xeroradiography of the breast, Charles C Thomas Publisher, p471, 1983
- 22) Wolfe J: Xeroradiography of the breast, Charles C Thomas Publisher, p516, 1983
- 23) Egan R: Breast Imaging, p258-259, WB Saunders Co, 1988
- 24) Wolfe J: Risk for breast cancer development determined by mammographic parenchymal pattern. *Cancer* 37: 2486-2492, 1976
- 25) 森本忠典，駒木幹正：鑑別のための画像診断，臨床外科，42：1333-1344，1987
- 26) 木戸長一郎：乳癌の画像診断，日本医放会誌，49：1227-1235，1989
- 27) 駒木幹正，森本忠典，山川 卓，他：乳癌に対する画像診断法の診断感度，日癌治誌，24：1635，1989
- 28) 伊藤通男，野田雅史，橋本直樹，他：生検組織からみた乳房腫瘤の各種検査診断の比較，日癌治誌，24：1634-1635，1989
- 29) 篠崎 登，内田 賢，蛇名大介，他：腫瘤の大きさ 2 cm 以下の乳癌の診断，日癌治誌，23：988，1988
- 30) 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
- 31) 北浜博之，池田 正，松井淳一，他：早期乳癌例に対する乳房撮影におけるデジタル画像処理の有用性に関する検討，日癌治誌，24：1645-1646，1989
- 32) 高麗文晶，河野吉宏，藤野良三，他：乳癌の CR 処理効果の臨床的評価，映像情報，21：378-382，1989
- 33) Black JW, Young B: A radiological and pathological study of the incidence of calcification in disease of the breast and neoplasms of other tissues. *Br J Radiol* 38: 596-598, 1965
- 34) Wolfe JN: Analysis of 462 breast carcinomas. *AJR* 139: 846-853, 1982
- 35) Sickles EA: Mammographic detectability of breast calcification. *AJR* 139: 913-918, 1982
- 36) 蜂屋順一，他：揮発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
- 37) 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