

表4 肺腫瘍陰影を有する画像における腫瘍陰影ありする確信度についての分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	帰無仮説における F値の確率
モニタの種類(T)	4	1733.424	1.130	0.3578
腫瘍陰影検出の難易度(S)	4	1016823.920	203.740	0.0000
読影者(R)	9	32334.931	6.153	0.0000
交互作用T×S	16	699.494	1.368	0.1655
交互作用T×R	36	1533.888	2.819	0.0000
交互作用S×R	36	4990.782	9.762	0.0000
交互作用T×S×R	144	511.223	0.725	0.9943

肺腫瘍陰影を有しない画像における読影者の腫瘍陰影のあるとする確信度の各モニタ別の平均値の推定値についても、5種類のモニタ間における差は小さいものとなった(図2)。肺腫瘍陰影を有しない画像における読影者の腫瘍陰影のあるとする確信度についての分散分析表を表5に示す。同表において、モニタの種類による確信度の値の有意な差は認められなかった($P = 0.8133$)。一方、肺腫瘍陰影を有しない画像における読影者の腫瘍陰影のあるとする確信度について、10名の読影者間では有意な差が認められた($P < 0.0001$)。

表5 肺腫瘍陰影を有しない画像における腫瘍陰影のあるとする確信度についての分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	帰無仮説における F値の確率
モニタの種類(T)	4	939.883	0.392	0.8133
読影者(R)	9	44129.229	18.383	0.0000
交互作用T×R	36	2400.564	4.930	0.0000

図3に P_{cl} に関する計算結果を示す。同図のObserver 1のように、 P_{cl} の値がモニタの種類によって有意に異なるものがあったが、これらの値は今回の検討対象である表示画素の種類別に対して系統的な変化を示さなかった。従って、 P_{cl} の指標に関しても、モニタの種類による意味のある変化はないと考えられる結果となった。

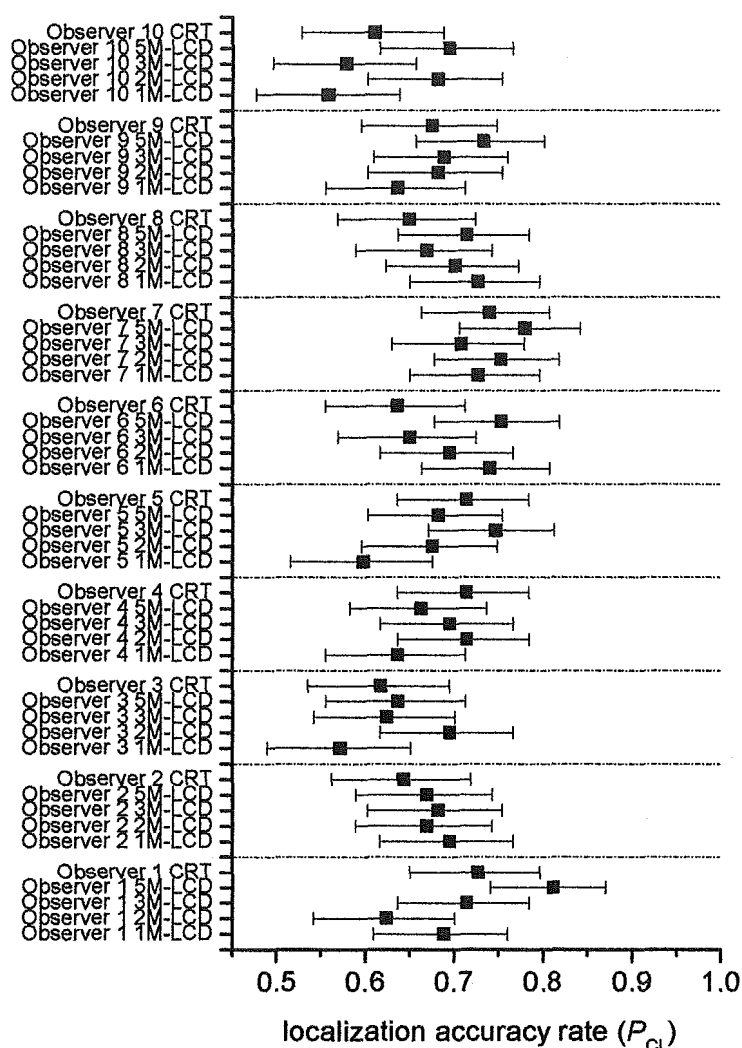


図3 各観測者における各モニタ別の P_{CL} とその95%信頼区間

2. 胸部単純X線写真における肺微細異常陰影の検出能に関する検討結果

読影者内変動について、重複読影症例の各対に対する確信度の線形相関係数を計算することによって評価した。その結果、2名の読影者において、その相関係数が0である帰無仮説を棄却できない値を示した読影実験系が存在した。これら2名の読影者のデータについては結果の分析に使用しないことにし、残りの17名の読影者に関するデータを使用して以下の結果を得た。

図4に、肺微細異常陰影の検出能に関する、(5種類の)各モニタの平均ROC曲線を示す。これらの5つの曲線はすべて同様なものとなった。また、5種類のモニタ間におけるROC曲線下面積の差はわずかなものであった。ROC曲線下面積を使用して、モニタの種類による微細な異常陰影の検出能の差について、DBM法によって解析した結果の分散分析表を表6に示す。同表において、モニタの種類による肺微細異常陰影の検出能についての有意な差は認められなかった ($P = 0.7587$)。一方、17名の読影者間では肺微細異常陰影の検出能に有意な差が認められ ($P < 0.02$)、また、使用した63画像間でも肺微細異常陰影の検出能に有意な差が認められた ($P < 0.0001$)。

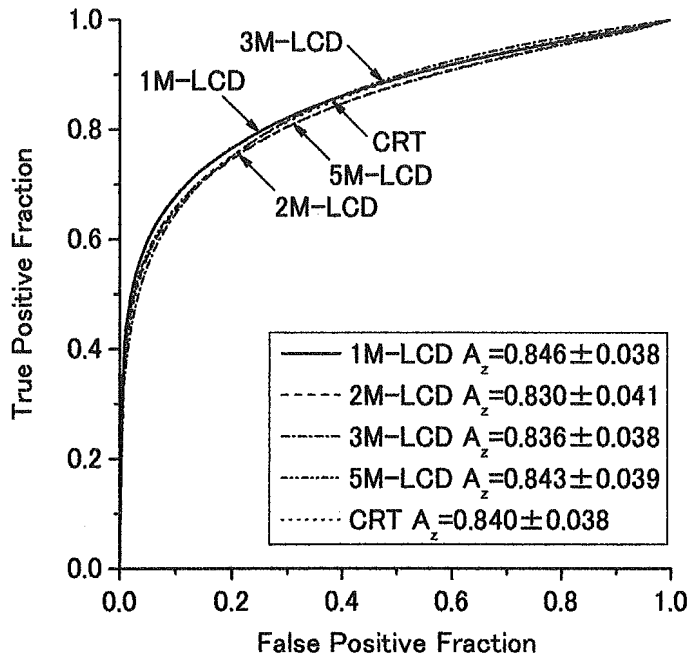


図4 肺微細異常陰影の検出能に関する各モニタの平均ROC曲線

表6 ROC曲線下面積を使用した肺微細異常陰影の検出能についての分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	帰無仮説におけるF値の確率
モニタの種類(T)	4	0.0440	0.4684	0.7587
読影者(R)	16	0.3324	2.0110	0.0103
画像(I)	62	7.4797	45.2550	0.0000
交互作用T×R	64	0.0939	1.0926	0.2853
交互作用T×I	248	0.0844	0.9815	0.5702
交互作用R×I	992	0.1653	—	—
交互作用T×R×I	3968	0.0860	—	—

図5に、肺微細異常陰影を有する画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度の、各モニタ・各検出難易度別の平均値の推定値を示す。これらの値について、5種類のモニタ間における差は小さいものとなった。肺微細異常陰影を有する画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度についての分散分析表を表7に示す。同表において、モニタの種類による確信度の値の有意な差は認められなかった ($P = 0.1536$)。一方、肺微細異常陰影を有する画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度について、17名の読影者間では有意な差が認められ ($P < 0.0001$)、3種類の検出難易度間でも有意な差が認められた ($P < 0.0001$)。

肺微細異常陰影を有しない画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度の各モニタ別の平均値の推定値についても、5種類のモニタ間における差は小さいものとなった(図5)。肺微細異常陰影を有しない画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度についての分散分析表を表8に示す。同表において、モニタの種類による確信度の値の有意な差は認められなかった ($P = 0.5772$)。一方、肺微細異常陰影を有しない画像における読影者の間質影の増強があるとする確信度について、17名の読影者間では有意な差が認められた ($P < 0.0001$)。

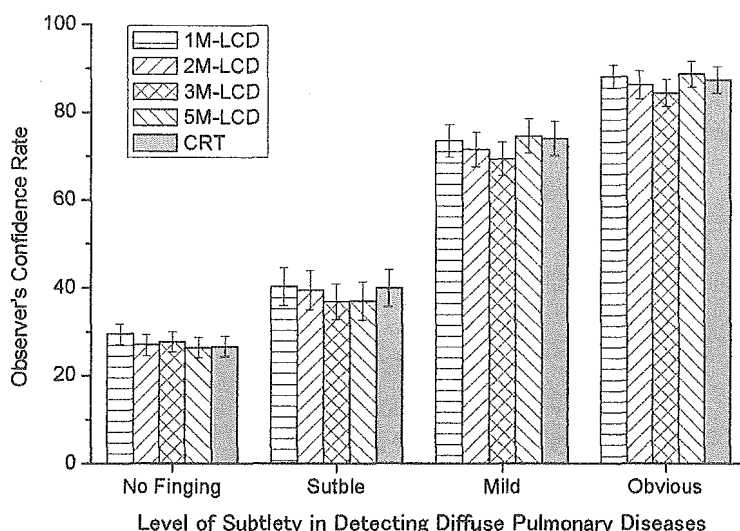


図5 間質影の増強があるとする確信度の各難易度における各モニタ別の平均の推定値とその95%信頼区間

表7 肺微細異常陰影を有する画像における間質影の増強のあるとする確信度についての分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	帰無仮説におけるF値の確率
モニタの種類(T)	4	1366.469	1.733	0.1536
所見検出の難易度(S)	2	573978.753	255.928	0.0000
読影者(R)	16	21995.776	7.981	0.0000
交互作用T×S	8	285.070	1.036	0.4126
交互作用T×R	64	788.475	2.866	0.0000
交互作用S×R	32	2242.734	8.151	0.0000
交互作用T×S×R	128	275.158	0.515	1.0000

表8 肺微細異常陰影を有しない画像における間質影の増強のあるとする確信度についての分散分析表

要因	自由度	平均平方	F値	帰無仮説におけるF値の確率
モニタの種類(T)	4	781.421	0.726	0.5772
読影者(R)	16	24074.646	22.378	0.0000
交互作用T×R	64	1075.795	1.968	0.0000

D. 考察

液晶モニタによる胸部病変の検出能に関しては荒木等(1)によると5M、3Mのモノクロディスプレイ及び3Mのカラーディスプレイによる胸部肺結節の検出に関しては胸部フィルム画像と比較してもROC解析上有意差を認めなかった。また、R. Ikeda等(2)によると肺の結節影と間質陰影を対象として2Mの液晶モニタとCRTモニタの検出能を比較したところ両者に有意差はなく液晶モニタはCRTモニタに代替可能と結論している。今回の我々の研究は限られた性能も液晶モニタではなく4種類の液晶モニタを対象として液晶モニタの診断能を大規模なROC解析で行ったものであるが結果は荒木等、R. Ikeda等の報告を裏付けるものとなった。

今回検討した条件下では、胸部単純X線写真における結節影と肺微細異常陰影の検出能について、今回検討した5種類のモニタ間には、実質的な差はないという結果であった。従って、胸部単純X線写真における結節影と肺微細異常陰影の検出能に関する限り、今回検討した4種類の液晶モニタは、高解像度のCRTモニタと同等であり、かつ、4種類のモニタ間には実質的な差がないといえる。すなわち、適当な環境下であれば、表示画素数が1024 × 1280より多い液晶モニタにおける胸部単純X線写真における結節影と肺微細異常陰影

の検出能は、表示画素数2048 × 2560のCRTモニタと同等であるといえる。このことは、これまでに報告されたものの多くの結果と一致するものである。

今回の検討結果は、5つの実験系間で統計的に有意差がないというものであったが、有意差がない場合においては統計的検定における“検定力”が重要となる。今回用いたような実験系におけるROC解析での統計的検定における検出力を検討することは非常に難しい。この点に関して、Obuchowskyの報告を注意深く検討すると、今回の我々の実験系は、2つの実験系（この場合2種類のモニタに相当）の間の検出能の中等度の差を“有意な差”として検定するには十分な検出力を有すると考えることができる。従って、今回の実験系においては、かなり小さな差については実際に差があったとしても統計的意味のある差としては検出できないが、このような検出能の差は、Pärtanらが指摘しているように、読影に用いる表示系を考慮する場合は無視できるものと言えらるものである。

液晶モニタにおける最も顕著な欠点は、既述のように、視野角によってその輝度とコントラストがおおきく変化するという点である。今回の実施した2種類の読影実験において、いずれの場合でも実施時にお読影者に視野角に関する特別な指示は与えなかったが、CRTモニタと液晶モニタとの間で検出能に差がなかったということは、各読影者が自主的に正しい視野角で観察することによってこの視野角に関する問題を効果的に除去したと推定される。従って、液晶モニタにおける視野角の問題は胸部単純X線写真における異常所見の検出能について重大な影響は与えないと推定されるが、液晶モニタにおける視野角の問題の異常検出能に与える影響はまだ十分に検討されているとは言えないので、今後検討する必要がある。

既述のように、液晶モニタにおいては、表示画素数が同じであればCRTモニタより表示分解能が一般にかなり高く、かつ微小スポットにおけるコントラスト比も高いことが知られている⁷⁾。また、液晶モニタにおける雑音の性質は、CRTモニタとは異なることが知られている⁷⁾。現状においては、臨床的な意味での異常所見の検出能は、胸部単純X線写真においては物理的なパラメータでは予測することができないため、同検出能を評価するためには読影者を用いた検討が必要となる。今回検討した条件下では、人間の視覚系を用いるという“制限のもと”においては、表示画素数が1024 × 1280以上の液晶モニタは、胸部単純X線写真上の異常所見について表示画素数2048 × 2560のCRTモニタと同等の情報を観測者に与えていると考えることができる。

今回の検討結果によれば、胸部単純X線写真上の結節影と肺微細異常陰影の検出に関して、表示画素数が1024 × 1280以上の液晶モニタは、表示画素数2048 × 2560のCRTモニタの代わりに用いることができるという結果であった。一方、胸部単純X線写真上の結節影と肺微細異常陰影の検出に関しては、表示画素数2048 × 2560のCRTモニタを用いた読影は、シャウカステンを用いたフィルムによる読影に代わりうることは知られている。従って、胸部単純X線写真上の結節影と肺微細異常陰影の検出に関して、表示画素数が1024 × 1280以上の液晶モニタは、シャウカステンを用いたフィルムによる読影に代わりうるものであると言えることができる。

今回、研究方法の所で述べた理由により液晶モニタの表示解像度に注目する形で検討したが、モニタ上における表示輝度と画素値との関係も、読影手段としてモニタを選択する際に考慮すべき重要な点である。この点に関して注意しなければならないことは、文献14)において指摘されているように、今回の検討結果は、液晶モニタ上の輝度と画素値との関係が比較対照となったCRTモニタと同じ関係である場合にのみ成立するという点である。もっとも、現状において市販されている大部分の医療用の液晶モニタは、医療用の高解像度のCRTモニタと同様な輝度と画素値の対応関係を実現できるので、この点はあまり問題とはならないと思われるが、実際の使用にあたってはこの輝度と画素値との関係には十分配慮する必要がある。

今回用いた観察時の部屋の照度200 luxという条件は、日本以外においてはかなり“明るい”条件である。部屋の照度が異常所見の検出能に与える影響について今回は検討していないので、今後検討する必要がある項目の一つである。

今回の検討結果について、検出の難易度については、いずれの読影実験系においてもあらかじめ決められた専門家による検出の難易度と一致する結果となり、また、これらの点についてこれまでに報告された結果とも矛盾しない結果となった。

E. 結論

検討した各液晶モニタにおいて、胸部単純X線写真上の肺腫瘍陰影と肺微細異常陰影の検出能については、CRTモニタと比較して同等であると結論される結果であった。このことは、表示画素数が1024 × 1280以上の表示解像度の液晶モニタであれば、表示輝度が適切でありかつ適切な環境下で観察すれば、胸部単純X線写真上の異常所見の検出ということに限定した場合、液晶モニタを臨床に使用することに問題はないと言えることができる。

既述のように、液晶モニタを使用して画像診断を行うことの適否に関する研究は現在盛んに行われているので、最終的な結論の出る日は近いであろう。今回の検討における経験から、CRTモニタと同様に、適切な表示条件と適切な観察条件下において水平方向と垂直方向の表示画素数が1000以上の液晶モニタを使用すれば、胸部単純X線写真における診断能の低下を示すことは稀であろうと予測される。

参考文献

1. 荒木陽子、小林、小林、小林、小林、小林、小林真田茂健、橋本憲幸、舟迫慎太郎。高精細液晶ディスプレイの視覚的評価—胸部腫瘍陰影像に対する診断において—。日本放射線技術学会雑誌、61巻8号：1151-1157、2005
2. R.Ikeda, S. Katsuragawa, T. Shimonobu, M. Hishida, Y. Yamashita, K. Doi. Comparison of LCD and CRT monitors for detection of pulmonary nodules and interstitial lung disease on digital radiographs by using Receiver Operating Characteristic analysis. 04' RSNA, 2004

参考資料

- 1.H. Usami, M. Ikeda, T. Ishigaki, H. Fukushima, K. Shimamoto. The influence of liquid crystal display (LCD) monitors on observer performance for the detection of nodular lesions on chest radiographs. Eur Radiol, 16:726-732, 2006
- 2.H Fukushima, MD; M Ikeda, MD; T Ishigaki, MD, PhD; H Usami; K Shimamoto, MD. Influence of Liquid Crystal Display (LCD) Monitors on Observer Performance for Detection of Subtle Pulmonary Disease on Chest Radiographs. 05' RSNA, 2005

VI. 液晶モニタとデジタルマンモグラフィ診断

VI-1. 1M汎用カラーモニタによるマンモグラム診断

A. 研究目的：マンモグラフィ精度管理用ファントムの画像を汎用モニタとハードコピーで比較し、その表示能を評価する。

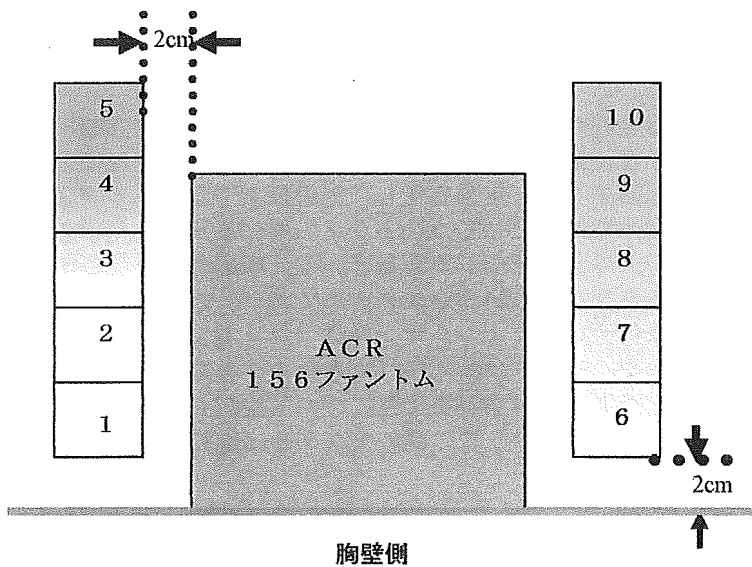
B. 研究方法

使用した撮影装置はMAMMOMAT3000、読取装置はFCR PROPECT CSである。評価のためのファントムはACR推奨マンモグラフィ用ファントム、と日本医学放射線学会推奨のステップファントムを用いた。

撮影条件を以下に示す。

撮影条件	半価層	0.375		
	電圧	28 kv		
	平均表面線量	1.5mGy	2.0mGy	3.0mGy
		71mAs	90mAs	140mAs

ファントムの配置は以下のとおりである。



観察モニタは汎用カラーモニタ 17インチ 1280×1024 と高精細 21インチ 1536×2048 の2種類である。

読影室内照度	20 lx							
観察種	モニタ種	汎用カラー17インチ				高精細21インチ		フィルム
	表示輝度	100cd/m ²		200cd/m ²		400cd/m ²		—
	表示画像縮率	画面fit	拡大	画面fit	拡大	画面fit	拡大	—
		93%	186%	93%	186%	89%	178%	100%
	シャカステン	—						高輝度
モニタ仕様	表示面積	337.9mm×270.3mm				318mm×424mm		—
	最大輝度	250cd/m ²				700cd/m ²		—
	解像度	1280×1024				1536×2048		—
	画素ピッチ	0.264×0.264				0.207×0.207		—
画像情報	画像画素数	3540×4740						—
	画像解像度	20pix/mm(50μm)						—
	filmサイズ	—						18×24

観察者はマンモグラムの診断に習熟し、マンモグラフィ検診精度管理中央委員会の行う読影試験A評価を

有する6名の放射線科医がそれぞれ独立して評価した。

観察条件はファントム画像を縦に配置し、モニタ画面は、2画像表示できるよう設定。その中央部に画像を表示した。フィルム読影時の周囲は、黒紙によりマスクし、モニタ観察面には、周囲からの光源の写りこみを遮断した。

観察時間は制限なしとした。観察対象の種類と画像の順序はランダムに設定した。

画像評価法は日本医学放射線学会/日本放射線技術学会編マンモグラフィガイドライン 第9章 画像評価によった。各評価の判定結果の各画像間の差については、反復測定による一元配置の分散分析を行って評価した。さらに、各画像間の判定結果の平均値の差について、ボンフェローニの方法による比較検定を行った。評価者の判定結果の一致度について、Fleissの方法によるカッパ値によって評価した。その値の各画像間の差について、各症例ごとのジャックナイフ法を用いて反復測定による一元配置の分散分析を行って評価した。C. 研究結果 (図参照)

アナログフィルム画像との比較において以下の結果を得た。

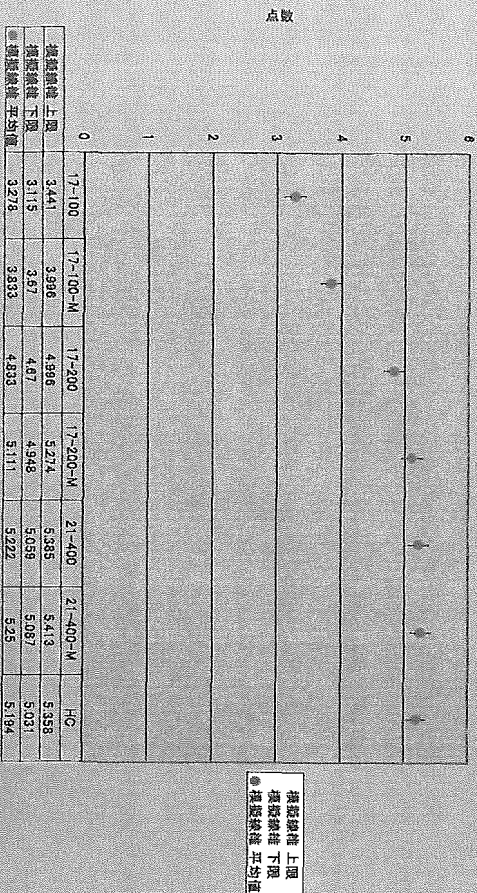
17インチ	100 cd/m ²	画面 fit	有意に劣る
17インチ	100 cd/m ²	拡大	有意に劣る
17インチ	200 cd/m ²	画面 fit	有意に劣る
17インチ	200 cd/m ²	拡大	有意に劣る
21インチ	400 200 cd/m ²	画面 fit	ACR 石灰化・JRS 全て劣る
21インチ	200 cd/m ²	拡大	JRS ステップ・腫瘍劣る

D. 考察

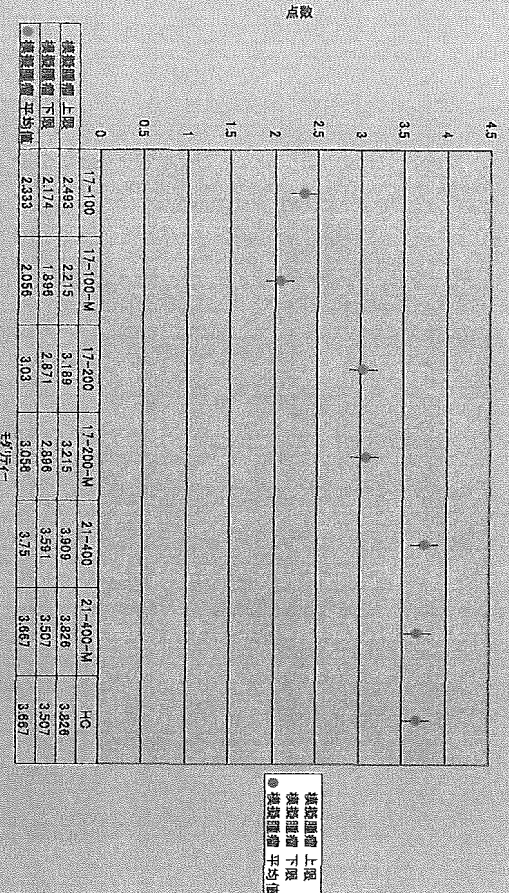
医療情報の電子化が進められ、電子カルテに移行する施設が増えてきており、画像診断もモニタ診断への移行が進行しつつある。画像診断の主体であるCT・MRIは、画像数が多いが、各画像の情報量はそれほど多くない診断法である。一方、乳房画像は乳管内病変に起因する石灰化を発見し、形態診断するという非常に微細な診断を要求されていること、密度差の小さい被写体を対象としてコントラストを作るため、光学的濃度4.0以上、5.0にも迫る高濃度フィルムがゴールドスタンダードであるという、極めて特異な分野である。デジタルマンモグラフィは、わが国では全マンモグラフィの約30%を占めており、そのほとんどがハードコピーとして臨床に供給されている。このようなアナログフィルムマンモグラフィおよびデジタルマンモグラフィハードコピーの診断能を低下することなく、モニタ診断に移行するために必要な条件を明らかにする必要がある。本研究では汎用のモニタでのマンモグラム観察の安全性について検討したものであるが、いわゆる1Mの汎用モニタでは明らかに画質が劣ることが分かりこの種のモニタを画像観察用として用いるのは適切でないことが示唆された。

E. 結論: 17インチ汎用カラーモニタでは2倍のスーミングをしても読影には不適であることが判明した。21インチモニタについてはフィルムに比べて劣るものの臨床的にどの範囲で容認できるかについては別途検討を行う必要がある。

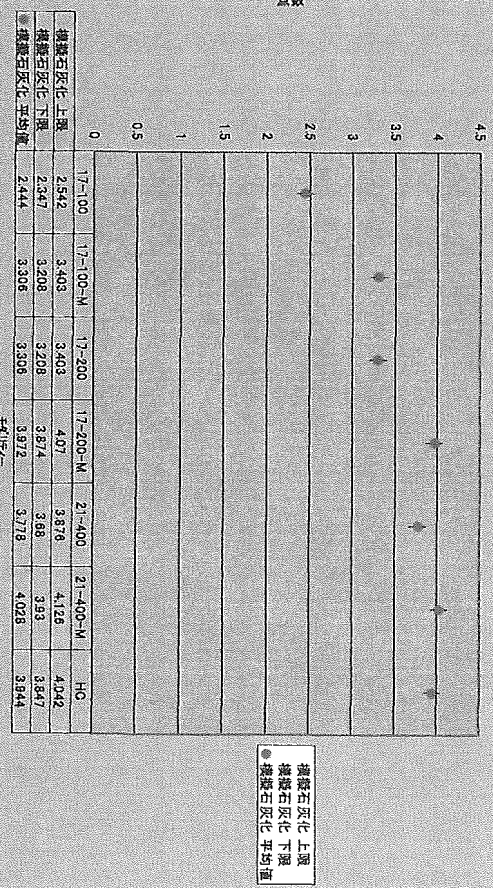
結果一ACR模擬線維 (5点)



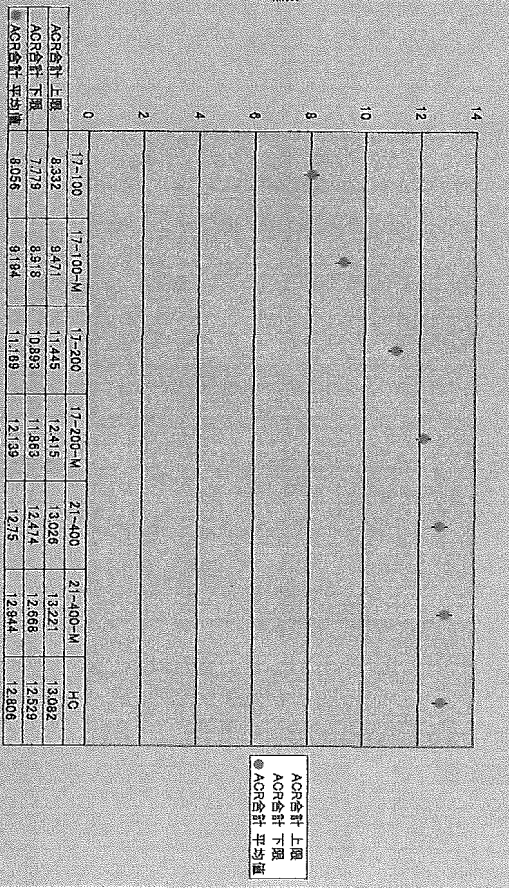
結果一ACR模擬腫瘤 (4点)



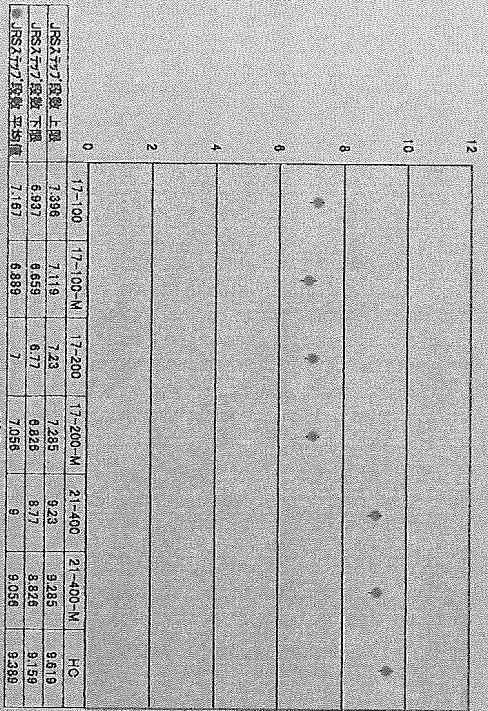
結果一ACR模擬石灰化 (4点)



結果一ACR合計 (5.4.4=13点)



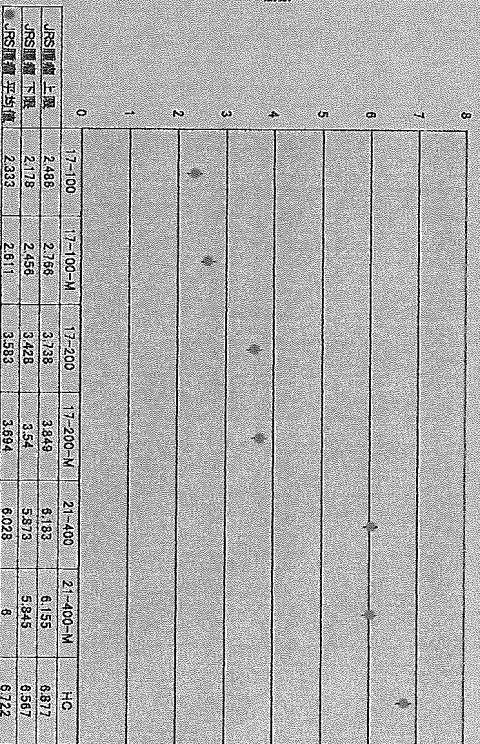
結果-JRSステツプ(10段)



JRSステツプ段数 上限
JRSステツプ段数 下限
● JRSステツプ段数 平均値

ポツ/年-

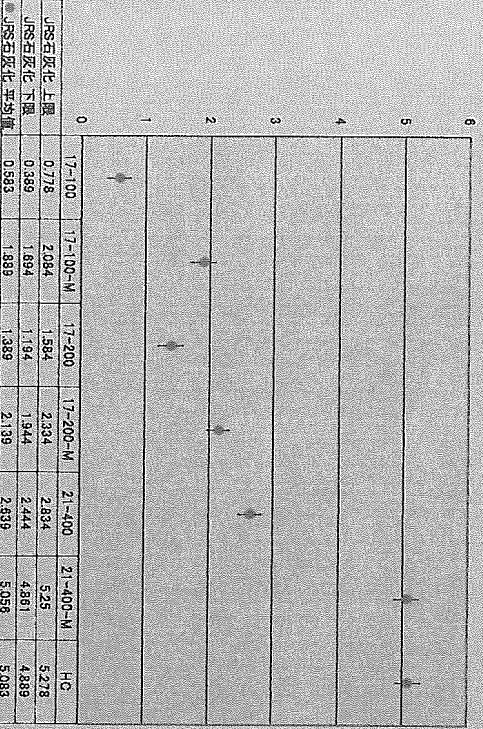
結果-JRS腫瘍(5点)



JRS腫瘍 上限
JRS腫瘍 下限
● JRS腫瘍 平均値

ポツ/年-

結果-JRS石灰化(4点)



JRS石灰化 上限
JRS石灰化 下限
● JRS石灰化 平均値

ポツ/年-

VI-2. デジタルマンモグラフィのモニタ観察に関する検討

【実験1】

A. 研究目的

モニタの解像度を明らかにし、その表示能がハードコピーより劣る場合には使用法を考慮することによりモニタ診断がハードコピー診断を超えることができるかを明らかにする。

B. 研究方法

ACR推奨マンモグラフィ精度管理用ファントムとJRS推奨ステップファントムの画像と臨床画像を対象とし、液晶モニタの表示画素数のみならず、その発光方式によりその評価が異なることもありうることから、国内主要モニタ取り扱いメーカー3社の1MP(1280×1024)・3MP(2048×1560)・5MP(2560×2048、1社のみモニタ表面にantiglare処理なし)液晶モニタとハードコピーの表示能を比較評価した。

画像の撮影はSIEMENS社MAMMOMAT3000、読取装置は富士フィルムメディカル社製FCR PROTECT CS(読取り50 μ m)、ハードコピーはDrypix7000(書込み50 μ m・最高濃度4.0フィルム)により作成した。ファントム画像は平均乳腺線量1.5、2、3mGyの3種類、臨床画像は所見の有無と種類・乳房の構成の異なる8症例のMLOを採用した。

ファントム画像は通常のマンモグラフィ診断を想定した条件でモニタに表示し、画面fitとその2倍拡大表示による評価を行なった。モニタの明るさは450cd/m²とし、すべてのモニタを同一輝度、DICOM Part14に準じた同一階調とした。また、モニタの機種/メーカーが不明となるように、マスキングを実施した。室内照度は50luxとし、ハードコピーはマンモグラフィ用高輝度シャウカステンを用いた。

評価者は、マンモグラフィ検診精度管理中央委員会の読影評価A取得者12名が独立して評価した。制限時間は設けず、観察対象の種類と画像の順序はランダムに設定した。

画像評価法は以下のとおりである。

i) ファントム画像：日本医学放射線学会/日本放射線技術学会編マンモグラフィガイドライン 第9章画像評価によった。

●ACR推奨マンモグラフィ用ファントム

- ・模擬線維の数(Max 6点 0.5間隔)
- ・模擬石灰化(Max 5点 0.5間隔)
- ・模擬腫瘍(Max 5点、0.5間隔)

●JRS推奨マンモグラフィ用ステップファントム

- ・ステップ段数(Max 10段)
- ・ステップ石灰化(Max 10点 0.5間隔)
- ・ステップ腫瘍(Max 10点 0.5間隔)

ii) 臨床画像：ハードコピーと比較して同等を0点とし、±2点までで線分上に記入。

- ・乳腺内コントラスト
- ・脂肪組織内コントラスト
- ・皮膚面コントラスト
- ・腫瘍(存在)
- ・腫瘍(情報)
- ・石灰化(存在)
- ・石灰化(情報)
- ・粒状性
- ・鮮鋭性

解析は、評価結果について、「モニタの種類」を母数因子とし、各「読影者」を変数因子とする、2元配置の分散分析による統計解析を行なった。

C. 研究結果

1-①ファントム画像における、ハードコピーとの有意差検定（「-」は、有意差あり）

分散分析結果 Tamhane検定より

モダリティ	1MP-A	1MP-B	1MP-C	3MP-A	3MP-B	3MP-C	5MP-A	5MP-B	5MP-C
模擬線維	±	±	±	±	±	±	±	-	±
模擬石灰化	-	-	-	±	±	±	±	-	±
模擬腫瘍	±	±	±	±	±	±	±	±	±
模擬陰影合計	-	-	-	±	-	±	±	-	±
ステップ段数	-	±	±	-	±	±	±	-	±
ステップ石灰化	-	-	-	-	-	-	-	-	±
ステップ腫瘍	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1-②臨床画像における、ハードコピーとの有意差検定（「-」は、有意差あり）

WILCOXON検定より

モダリティ	1MP-A	1MP-B	1MP-C	3MP-A	3MP-B	3MP-C	5MP-A	5MP-B	5MP-C
乳腺内コントラスト	-	-	-	-	-	-	-	-	-
脂肪組織内コントラスト	-	-	-	-	-	-	-	-	-
皮膚面コントラスト	-	-	-	-	-	-	-	-	-
腫瘍（存在）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
腫瘍（情報）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
石灰化（存在）	-	-	-	-	-	±	-	-	-
石灰化（情報）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
粒状性	-	-	-	-	-	-	-	-	±
鮮鋭性	-	-	-	-	-	-	-	-	-

2-①ファントム画像における、5MP-Cとの有意差検定（「-」は、有意差あり）

分散分析結果 Tamhane検定より

モダリティ	1MP-A	1MP-B	1MP-C	3MP-A	3MP-B	3MP-C	5MP-A	5MP-B
乳腺内コントラスト	-	-	-	-	-	-	-	-
脂肪組織内コントラスト	-	-	-	-	-	±	±	-
皮膚面コントラスト	-	±	-	-	±	±	-	±
腫瘍（存在）	±	±	±	±	±	±	±	±
腫瘍（情報）	-	-	-	±	±	±	±	-
石灰化（存在）	±	-	-	-	-	±	±	±
石灰化（情報）	-	-	-	-	-	-	±	±
粒状性	-	-	-	-	-	-	-	-
鮮鋭性	-	-	-	-	-	-	-	-

D. 考察

全てのモニタにおいて、ハードコピーとモニタ間の画像の見え方には、有意な差が認められた。特に臨床画像評価においては有意差が認められた。

医療用モニタでも1MPモニタは他モニタと比べて有意に差があることがわかった。

総合的に判断すると、最も良いとされるモニタは、C社の5MPであると考えられた。C社の5MPモニタは、モニタ表面にAntiglare処理が施されていない仕様であった。

E. 結論

本実験の結果では、モニタの表示能力は通常の表示法の1条件ではハードコピーには及ばないことが明らかとなった。多数のマンモグラムを読影する医師がモニタの表示能を理解せずこれを使用することがあれば、その診断能が低下することは明らかである。モニタ診断を導入するについてはこれらを明らかにし、正しい使い方・診断法を提案することが必要である。

【実験 2】

A. 研究目的

医療用モニタの表示能力は、一定の条件ではハードコピーには及ばないが、モニタには拡大やコントラストの変更などの表示変更機能が備えられており、これを用いることにより表示能の拡大が期待できる。

この研究ではモニタの各種ツール（階調/コントラスト調整、拡大、強調処理など）操作を行なった場合、画像の評価が改善するかを明らかにする。

B. 研究方法

実験 1 と同様の装置により作成した、ACR推奨およびJRSファントム画像（実験 1 と同様の線量）と、乳房の構成および所見の有無と種類の異なる18症例の臨床画像を対象とした。

評価法は実験 1 と同様とした。

モニタは実験 1 で最も評価の高かった5MP Antiglare処理の無い液晶モニタを採用し、輝度は500cd/m²、室内照度はモニタ前の机上での測定で20luxとした。

画像のモニタへの初期表示は、通常のマンモグラフィ診断を想定した条件とし、初期表示での評価と、各種ツールによる操作後の評価を行った。尚、モニタは、輝度/環境光により階調調整(DICOM Part14に準ずる)されている。

評価者はマンモグラフィ検診精度管理中央委員会の読影評価A取得者23名が独立して評価した。

【評価手順と評価法】

i) マンモグラフィ用ファントム画像を、試験者毎にランダムに3画像を表示し、実験 1 と同様の項目と評価法にて、各種モニタ操作の前後で評価した。

ii) 臨床画像18例を、実験 1 と同様の項目と評価法にて、各種モニタ操作の前後で評価した。

C. 研究結果

結果 1. ①ファントム画像における、操作前後での点数比較と有意差検定

	模擬線維	模擬石灰化	模擬腫瘍	ステップ 段数	ステップ 石灰化	ステップ 腫瘍
操作前(点)	5.54667	4.03333	4.16667	9.06	3.77333	4.89333
操作後(点)	5.74667	4.10667	4.17333	9.76	6.99333	8.53333
有意差	+	+	+	+	+	+

結果 2. ②臨床画像における、ハードコピーとの点数比較と操作前後の有意差検定。

	コントラスト			腫瘍 (情報)	石灰化 (情報)	粒状性	鮮鋭性
	乳腺内	脂肪織内	皮膚面				
操作前 (点)	-0.42811	-0.50578	-0.18653	-0.36136	-0.4852	-0.19633	-0.48189
操作後 (点)	0.203	0.36067	0.46882	0.13611	0.0744	-0.01381	0.035
有意差	+	+	+	+	+	+	+

※有意差「+」にて有り

・結果①より

操作を行うことで、全ての評価項目において点数が増加した。

・結果②より

操作を行うことで、全ての評価項目において点数が増加した。

また、操作後は、粒状性を除く評価項目で、ハードコピーより良い評価となった。

D. 考察

ソフトコピー読影にあたり、階調/コントラストの調整や、拡大表示などの各種ツールを使用することは、必要不可欠なことであり、機能を使用することによりハードコピー診断よりも見えやすくなるケースがあることもわかる。しかし、粒状性はハードコピーより評価が低く、その意味を考慮する必要がある。

E. 結論

デジタルマンモグラフィのモニタ表示能は、各種操作を加えなければハードコピーより低いことが明らかであり、各種操作を加えることは必須である。しかし、各種操作を加えることによりその表示能はハードコピーより良好となる可能性が高い。

VI-3. デジタルマンモグラフィのモニタにおける画像表示能の検討

A. 研究目的

ACRおよびJRSファントムを用いてシステム管理・精度管理が可能かを評価する。

B. 研究方法

同一のACRおよびJRSファントム1組を用い、国内で稼働しているCR/DRシステムの画像を収集した。次に、収集した画像を各社モニタ表示し、当該ファントムを用いた精度管理が可能かを評価した。

画像収集は、(富士) Profect CS, (コニカ) PCM, Regius 190, (コダック) 850, (GE) 2000D, DS, (日立) Selenia、(シメックス) 3000 Novationで、Mo (モリブデン) ターゲットとMoフィルタ組合せ、設定管電圧28 kV, 照射線量1.5Gy, 2.0 mGy, 2.5 mGyでそれぞれ1枚の画像を収集した。(1つのシステムで合計3枚の画像を収集した)

対象モニタは、(TOTOKU)、(東洋テクカ)、(ナオ)、(GE)、(シメックス)、(NEC)で、3MP, 5MPモニタとし、あとで、1MPと2MPを追加した。

評価はマンモグラフィの読影と撮影に習熟した医師と技師7名により、2-3名のグループで協議制による評価とした。評価法は日本医学放射線学会/日本放射線技術学会編マンモグラフィガイドライン 第9章 画像評価によった。

室内は約100lux、輝度は500cd/m²とした。

C. 研究結果

別表に示すように、100% (実寸大) 表示では、5MPでもACRファントム画像の評価がS/Fの基準を満たさないものもあり、130%、160%と拡大するにつれて基準に達しないものは減少し、160%では全画像が基準をクリアできた。5MP、3MP、2MP、1MPモニタの評価を比較すると、画素数が小さくなるに従い、ACRファントム画像の評価は低下し、3MPでは160%に拡大しても基準に達しないものもみられた。

JRSファントムは拡大しても基準に達しなかった。また、評価には画像作成法による影響が強くみられることが判明した。

D. 考察

本実験から、ACR推奨マンモグラフィ用ファントムとJRSファントム画像で、品質管理の基準を決定することは困難であり、基準決定には、診断能を評価する長期的な実験、検証の積み重ねが必要であることが討議された。

E. 結論

ACR推奨ファントム画像の評価は、実寸大では5MPでもS/Fシステムの基準に達しなかった。

評価は拡大するにつれて改善し、5MP-160%拡大画像では全画像がS/Fシステムの基準に達した。3MP-160%では基準に達しないものもあった。モニタ診断では、拡大やコントラストの変更などにより評価が上がる事が判っている。しかし、160%拡大によってもACRファントム画像の評価がS/Fの基準に達しないモニタでの診断では、その診断能の低下が強く危惧されるところである。

5MPモニタの 評価結果

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	100	×	△	×	×	×	○
2	100	○	△	○	○	×	○
3	100	○	○	○	×	×	○
4	100	○	○	○	×	×	○
5	100	○	○	○	×	△	△
5*	100	○	○	○	×	○	○
6	100	△	○	○	×	×	△
7	100	○	○	○	○	○	○
8	100	○	△	○	○	○	○

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	130	△	○	○	×	×	○
2	130	○	△	○	○	△	○
3	130	○	○	○	×	×	○
4	130	○	○	○	×	△	○
5	130	○	○	○	×	○	△
5*	130	○	○	○	×	○	○
6	130	○	○	○	×	○	△
7	130	○	○	○	○	○	○
8	130	○	○	○	○	○	○

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	160	○	○	○	×	○	○
2	160	○	○	○	○	○	○
3	160	○	○	○	×	×	○
4	160	○	○	○	×	△	○
5	160	○	○	○	×	○	△
5*	160	○	○	○	×	○	○
6	160	○	○	○	×	○	△
7	160	○	○	○	○	○	○
8	160	○	○	○	○	○	○

×=3箇所以上NG等
△=2箇所までNG等
○=全てOK等

3MPモニタの 評価結果

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	100	×	×	×	×	×	○
2	100	×	×	×	○	×	○
3	100	○	○	△	×	×	○
4	100	○	△	○	×	×	○
5	100	○	○	○	×	△	×
5*	100	○	○	○	×	○	○
6	100	×	△	△	×	×	×
7	100	○	○	○	○	○	○
8	100	○	△	○	○	○	○

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	130	×	△	×	×	×	○
2	130	△	○	△	○	×	○
3	130	△	○	○	×	×	○
4	130	○	△	○	×	△	○
5	130	○	○	○	×	○	×
5*	130	○	○	○	×	○	○
6	130	△	○	○	×	△	×
7	130	○	○	○	○	○	○
8	130	○	○	○	○	○	○

モニタ	表示縮 率%(対 実寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	160	×	○	○	×	×	○
2	160	○	○	○	○	△	○
3	160	○	○	○	×	×	○
4	160	○	△	○	×	△	○
5	160	○	○	○	×	○	×
5*	160	○	○	○	×	○	○
6	160	○	○	○	×	○	×
7	160	○	○	○	○	○	○
8	160	○	△	○	○	○	○

×=3箇所以上NG等
△=2箇所までNG等
○=全てOK等

2MPモニタの 評価結果

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	100	0	0	0	3	0	4
2	100	2	2	2	0	0	4
3	100	3	0	3	0	0	2
4	100	1	0	0	0	0	4
5	100	4	2	3	0	0	0
6	100	1	1	1	0	0	0
7	100	4	2	4	4	1	4
8	100	2	0	2	0	0	4

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	160	1	0	2	3	0	4
2	160	2	3	4	0	0	4
3	160	4	1	3	0	0	2
4	160	4	0	4	0	0	4
5	160	4	3	4	0	3	1
6	160	3	2	4	0	4	0
7	160	4	4	4	4	3	4
8	160	3	0	4	0	3	4

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	130	2	0	2	3	0	4
2	130	4	2	4	0	0	4
3	130	4	0	4	0	0	4
4	130	4	0	3	0	0	4
5	130	4	2	4	0	2	2
6	130	4	1	4	0	1	0
7	130	2	4	4	4	1	4
8	130	3	0	4	4	4	4

1MPモニタの 評価結果

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	100	0	0	0	3	0	3
2	100	3	0	1	0	0	3
3	100	0	0	2	0	0	0
4	100	0	0	1	0	0	2
5	100	3	1	3	0	0	0
6	100	0	3	2	0	0	0
7	100	3	0	3	3	0	3
8	100	0	0	2	0	0	3

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	160	1	0	1	3	0	3
2	160	2	3	3	0	1	3
3	160	3	0	3	0	0	2
4	160	0	0	3	0	0	3
5	160	3	2	3	0	2	0
6	160	3	2	3	0	2	0
7	160	3	2	3	3	3	3
8	160	1	0	3	0	3	3

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	156評価			STEPファントム評価		
		線維	腫瘤	石灰化	分離段数	石灰化	腫瘤
		4	3	3	10	4	5
1	130	1	0	1	3	0	3
2	130	2	1	2	0	0	3
3	130	2	0	3	0	0	0
4	130	0	0	1	0	0	2
5	130	3	1	3	0	1	0
6	130	4	1	4	0	1	0
7	130	3	2	3	0	1	0
8	130	0	0	2	0	1	3

ACR推奨ファントムの実物等大画像の評価

モニタ	表示縮率%(対実寸)	5MP			3MP			2MP			1MP		
		線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化
1	100	×	△	×	×	×	×	0	0	0	0	0	0
2	100	○	△	○	×	×	×	2	2	2	3	0	1
3	100	○	○	○	○	○	△	3	0	3	0	0	2
4	100	○	○	○	○	△	○	1	0	0	0	0	1
5	100	○	○	○	○	○	○	4	2	3	3	1	3
5*	100	○	○	○	○	○	○						
6	100	△	○	○	×	△	△	1	1	1	0	3	2
7	100	○	○	○	○	○	○	4	2	4	3	0	3
8	100	○	△	○	○	△	○	2	0	2	0	0	2

ACR推奨ファントムの130%大画像の評価

モニタ	表示縮率%(対実寸)	5MP			3MP			2MP			1MP		
		線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化
1	130	△	○	○	×	△	×	2	0	2	1	0	1
2	130	○	△	○	△	○	△	4	2	4	2	1	2
3	130	○	○	○	△	○	○	4	0	4	2	0	3
4	130	○	○	○	○	△	○	4	0	3	0	0	1
5	130	○	○	○	○	○	○	4	2	4	3	1	3
5*	130	○	○	○	○	○	○						
6	130	○	○	○	△	○	○	4	1	4	4	1	4
7	130	○	○	○	○	○	○	2	4	4	3	2	3
8	130	○	○	○	○	○	○	3	0	4	0	0	2

ACR推奨ファントムの160%大画像の評価

モニタ	表示縮 率%(対実 寸)	5MP			3MP			2MP			1MP		
		線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化	線維	腫瘍	石灰化
1	160	○	○	○	×	○	○	1	0	2	1	0	1
2	160	○	○	○	○	○	○	2	3	4	2	3	3
3	160	○	○	○	○	○	○	4	1	3	3	0	3
4	160	○	○	○	○	△	○	4	0	4	0	0	3
5	160	○	○	○	○	○	○	4	3	4	3	2	3
5*	160	○	○	○	○	○	○						
6	160	○	○	○	○	○	○	3	2	4	3	2	3
7	160	○	○	○	○	○	○	4	4	4	3	2	3
8	160	○	○	○	○	△	○	3	0	4	1	0	3

VI-4. フィルムと3M液晶モニタの読影比較—石灰化病変—

はじめに

検診マンモグラフィの導入によって乳腺非触知石灰化病変が発見される機会が増加している。非触知石灰化病変は理学的所見が乏しいうえに、超音波診断でも所見を認めない事があり、精査機関においては、診断 (Diagnositic) マンモグラフィ単独で臨床診断や生検の必要性を決定しなければならない場合が多々ある。一方で、各分野で画像診断の電子化が展開される中で、診断 (Diagnositic) マンモグラフィにおいてもモニタ診断の臨床的導入が可能であるか明らかにしてゆく必要がある。

A. 研究目的

乳腺非触知石灰化病変の診断 (Diagnositic) マンモグラフィに対し、フィルムと3M液晶モニタ (LCD) で観察した場合の読影精度について比較検討する。

B. 研究方法

B.1. 対象

対象は、診断 (Diagnositic) マンモグラフィが撮影された非触知石灰化病変でマンモトーム針生検または外科的手術によって病理診断の得られた62症例62病変である。最終病理診断は良性28例、悪性が非浸潤性乳管癌 24例を含む34例である。

B.2. 撮影方法

撮影装置はSimens MAMMOMAT3000で、フィルムはKodak MIN R 2000を用いた。48症例で拡大スポット撮影が追加された。

B.3. 液晶モニタ (LCD) 観察条件

モニタ読影のためにフィルムを全例でデジタル化した。使用したデジタルイザーはコニカ社製LD5500で、読取の条件は、画素数3496×4680 (画素サイズ50 μ m)、階調12ビット、濃度範囲 0-3.5である。観察に用いた液晶モニタはDOME社製C3-GRAYで表示画素数1536×2048、表示階調8ビットであり、輝度500cd/m²で観察を行った。両側のMLO、CC、拡大スポット像を画面サイズにフィットさせて表示し、2面モニタで観察した。デジタル化されたフィルムの余白部を画面上でマスクするために黒紙をモニタに貼り付けた。観察の際は、拡大、移動、階調変更は許可した。

B.4. フィルム観察条件

フィルムの観察にはマンモグラフィ専用高輝度高輝度シャウカステンを使用した。フィルムの余白部はマスクし、両側MLO、CC、拡大スポット像を観察した。観察には、シャウカステンに設置されているルーペの使用を許可した。

B.5. 読影実験

精査機関で乳腺画像診断を専門とする放射線科医4名によって読影実験を施行した。各読影者毎に、フィルム読影2回および3M液晶モニタ (LCD) 読影2回の計4回の読影を行った。各読影実験間には、1ヶ月以上の間隔を空けた。症例毎に石灰化の存在する関心領域を判定用紙にて読影者に提示した。判定項目は石灰化病変についての確診度、カテゴリ判定および方針判定である。確診度については良悪性の確診度を0-100%までの連続スケールで評価し、カテゴリ診断はマンモグラフィガイドラインで用いられている五段階で評価を行った。また、方針判定については、石灰化の今後の臨床的方針について、1年後のスクリーニング検査、1年以内の精査経過観察、要生検の3段階で評価をし回答を行った。

B.6. 解析方法

確診度をROC解析法によって評価し、診断精度の指標としてROC曲線下面積を用いた。また、確診度50%以上、カテゴリ4以上、要生検を陽性基準とし、判定方法ごとに感度・特異度を算出した。更に、同一読影者内 (intraobserver) ・読影者間 (interobserver) の一致度を相関係数またはCohen 法・Fleiss法を用いた κ 値によって評価した。これらについて、有意水準を0.05としてフィルム・3MLCD観察間の有意差検定を施行した。