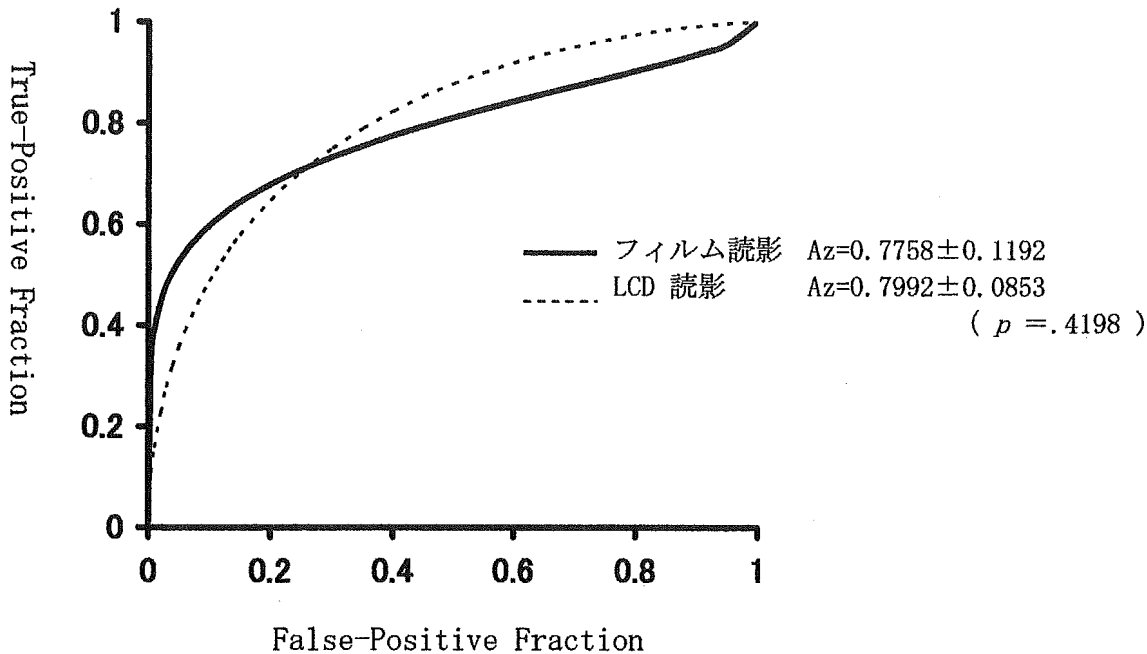


C. 研究結果

C.1. 確診度のROC 解析

ROC曲線下面積はフィルム読影が0.7758、LCD読影が0.7992で、LCD読影が高かったが、両者に有意差は認めなかった。

図1. 確診度のROC曲線



C.2. 感度

確診度による感度は4名全員でLCD読影の方が高かった(図2)。また、その4名の平均値(表1)は、有意差(p=.001)をもってLCD読影の方がフィルム読影より高かった。カテゴリ判定による読影者別の感度は(図3)、他の判定方法より読影者間のばらつきが低い傾向であった。これは、日常より汎用している評価方法であるために、その学習効果によることが原因と考えられた。4名全員でLCD読影の方が高かったが、全員の平均値(表1)では有意差は認めなかった(p=.175)。方針判定による感度(図4)は、1名でLCD読影の方が高かったが、他の3名ではフィルム読影、LCD読影の値が全く同値であった。平均値(表1)では、有意差は認めなかった(p=.248)。

図2. 確診度による読影者別の感度  
(陽性基準: 確診度50%以上)

図3. カテゴリ判定による読影者別の感度  
(陽性基準: カテゴリ4以上)

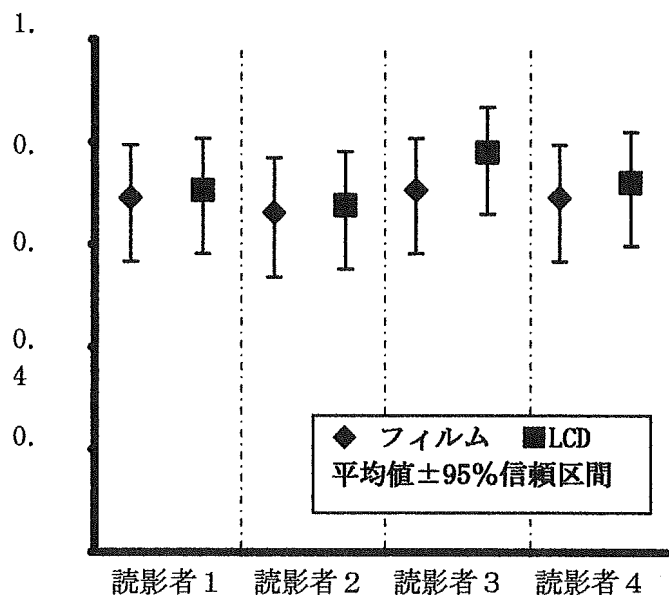
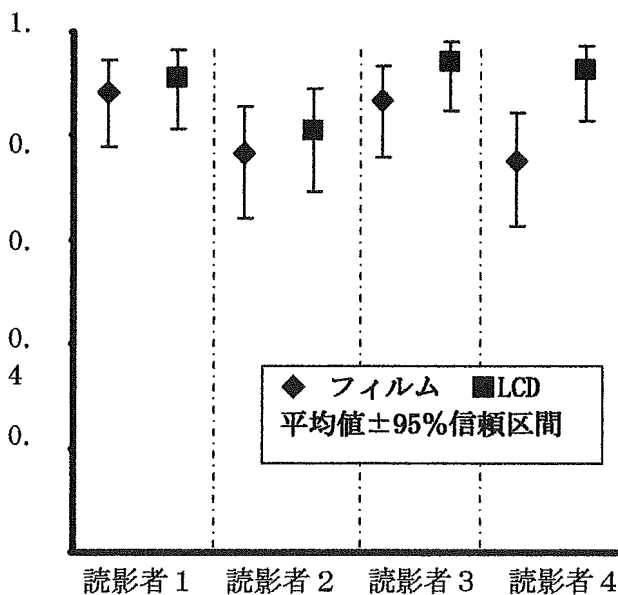


図4. 方針判定による読影者別の感度

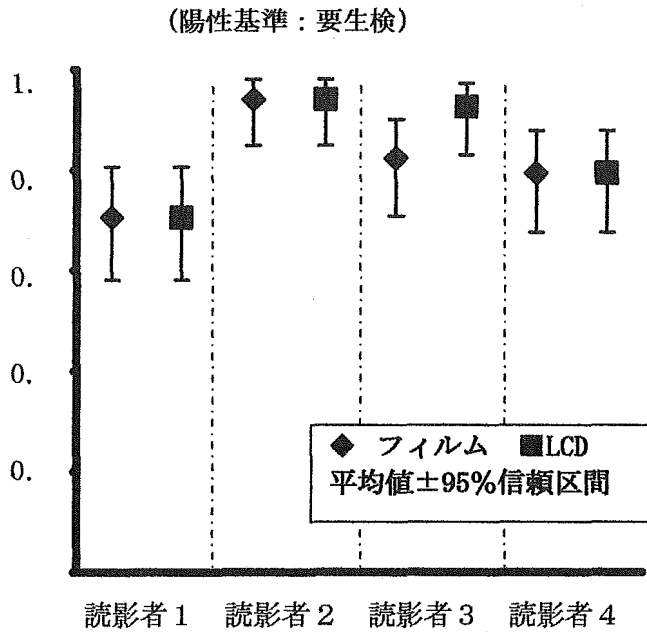


表1. 読影者4名の感度平均値

判定方法	感度平均値		p値
	フィルム読影	LCD読影	
確診度	81.6%	89.7%	.001
カテゴリ判定	68.8%	72.1%	.175
方針判定	81.6%	84.2%	.248

### C.3. 特異度

特異度に関しては感度に比し、読影者間や、判定方法によって値のばらつきが認められた。読影者2においては確診度やカテゴリ判定による特異度が高いにもかかわらず、方針判定による特異度は低く、このことは要生検と考える判定基準が必ずしも良悪性診断の基準と同じではないことが示唆される。このように、現況では、非触知石灰化病変の方針判定については、各読影者それぞれの判定基準が根底にあることが伺える。フィルム読影とLCD読影との間には、判定方法にかかわらず有意差は認めなかった(表2)。

図5. 確診度による特異度

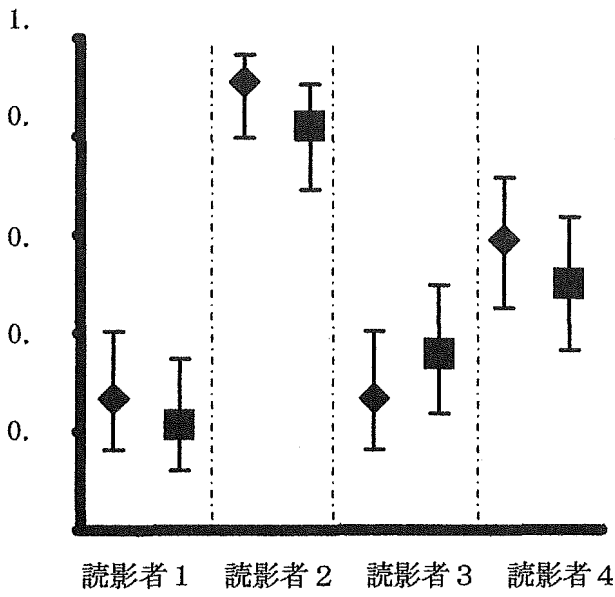


図6. カテゴリ判定による特異度

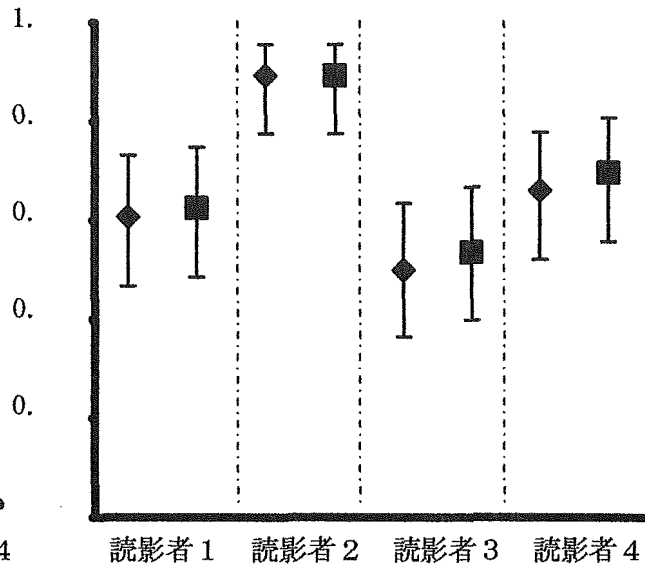


図7. 方針判定による特異度

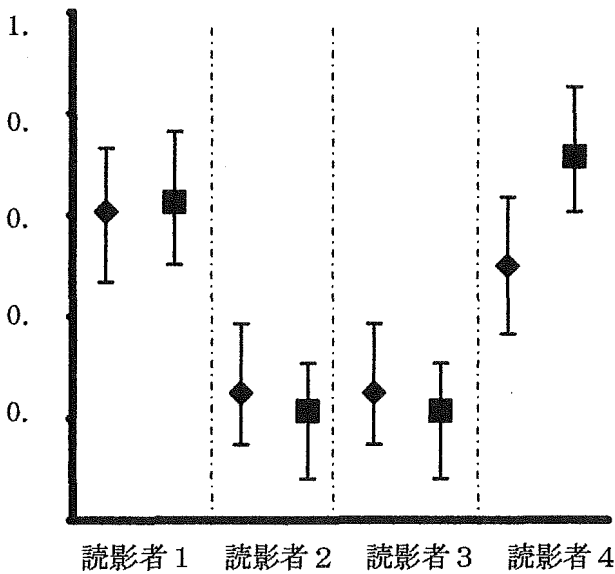


表2. 読影者4名の特異度平均値

判定方法	感度平均値		p値
	フィルム読影	LCD読影	
確診度	50.9%	47.3%	.35
カテゴリ判定	66.5%	68.8%	.62
方針判定	40.2%	44.2%	.328

C. 4. 同一読影者内 (intraobserver) ・読影者間 (interobserver) の一致度

同一読影者内における一致度 (表 3、表 4) については、確診度、カテゴリ判定、方針判定いずれの判定方法においてもLCD読影の方が相関係数または  $\kappa$  値が低かったが、フィルム読影との間に有意差は認めなかった。読影者間の一致度 (表 5) においては、カテゴリ判定でLCD読影が、方針判定でフィルム読影の方が高かったが、いずれも有意差は認めなかった。また、カテゴリ判定をカテゴリ 1 と 2、カテゴリ 3、カテゴリ 4 と 5 の三段階で同じ解析を追加した。当然 3 段階にした方が、従来の五段階より  $\kappa$  値は高く、一致度は高くなった。同じ三段階判定の方針判定と比較すると、同一読影者内・読影者間の一致度のいずれにおいても、カテゴリ判定三段階の方が高かった。特にLCD読影においてはカテゴリ判定と方針判定の読影間の一致度において有意差を認めた ( $p=0.009$ )。

表 3. 確信度の同一読影者内における一致度：相関係数による解析

	相関係数 (平均値)		p値
	フィルム読影	LCD読影	
平均値	0.818	0.757	0.196
95%信頼区間	(0.763, 0.872)	(0.703, 0.812)	

表 4. カテゴリ・方針判定の同一読影者内における一致度：Cohen法による  $\kappa$  値解析

	$\kappa$ 値		p値
	フィルム読影	LCD読影	
カテゴリ判定			
五段階	0.540	0.517	0.053
三段階*	0.601	0.580	0.056
方針判定			
三段階	0.540	0.517	0.63

$\kappa$  値による一致度  $\kappa=0.0$ : poor,  $0.0 < \kappa \leq 0.20$ : slight,  $0.40 < \kappa \leq 0.60$ : fair,  $0.60 < \kappa \leq 0.80$ : substantial,  $0.80 < \kappa \leq 1.00$ : almost perfect

\*カテゴリ 1 と 2、カテゴリ 3、カテゴリ 4 と 5 の 3 段階で解析

表 5. カテゴリ・方針判定の読影者間の一致度：Fleiss法による  $\kappa$  値解析

	$\kappa$ 値		p値
	フィルム読影	LCD読影	
カテゴリ判定			
五段階	0.343	0.386	0.486
三段階*	0.446	0.471	0.722
方針判定			
三段階	0.325	0.282	0.617

\*カテゴリ 1 と 2、カテゴリ 3、カテゴリ 4 と 5 の 3 段階で解析 (#) 有意差あり ( $p=0.009$ )

E. 結論

乳腺非触知石灰化病変の診断 (Diagnostic) マンモグラフィでは、背景に読影者間における特異度や方針判定にばらつきが存在しているものの、3MLCD観察に起因する読影精度の低下はないと考える。今回検討していない存在診断を除けば、石灰化病変に限っては診断 (Diagnostic) マンモグラフィの 3MLCDの臨床的導入が可能と思われた。

## Ⅶ. 汎用モニタにおける色覚バリアフリーカラー表示の指針に関する研究

### A. 研究目的

研究目的は、日本人男性の約5%に存在する色弱者（色盲）の人達にも見易いカラーモニタの表示法を検討し、色覚バリアフリーを実現するためのカラーモニタの表示法の指針をまとめることである。

### B. 研究方法

既に、各種団体、個人で検討されてきた色覚バリアフリーを目指したカラー表示について、インターネットを含めた文献的情報を収集し、カラーモニタを用いた色覚バリアフリーを実現する方法の検討を行った。

### C. 研究結果

- ・実際の照明条件や使用状況を想定して、どのような色覚の人にもなるべく見分けやすい配色を選ぶこと
- ・色だけでなく、形の違い・位置の違い・線種や塗り分けパターンの違いなどを併用し、利用者が色を見分けられない場合にも確実に情報が伝わるようにすること
- ・利用者が色名を使ってコミュニケーションすることが予想される場合、色名を明記すること
- ・背景色と文字、グラフ等の色が自由に変更できること
- ・文字や画面を大きく出来ること
- ・フォントを自由に変更できること
- ・色だけに意味を持たせないこと
- ・白黒モニタでも分かるようにすること
- ・文字化けしないようにすること
- ・誤操作しても元の状態に戻すことが出来る手段を提供すること
- ・時間と共に変化する内容については、ユーザーが制御できるようにすること
- ・非テキスト情報等の全てのマルチメディア情報に対する代替情報は、その表現と同期させること
- ・統一的な操作環境を提供すること
- ・色盲のユーザーの利用環境が再現できるソフトが利用できること

### D. 考察

#### 1) 医療現場で色覚バリアフリーが話題に上らなかった理由

まず第1には、呼称の問題があったと思われる。一つ間違えば、差別用語とも受け取られかねないので、医療現場ではついつい及び腰になっていたものと思われる。「色盲」という表現が用いられていたが「色弱者」という用語が最近では用いられつつある。

第2には、色盲の人達が声を上げなかったからであると思われる。色盲の人達が声を上げなかった一つの理由は、遺伝するからであろう。色盲は伴性劣性遺伝で、男性のみに発症し、女性は保因者となる。自分は色盲であることを納得し、社会生活上も問題なく過ごせていても、子供や孫の事を考えると、おいそれと自分が色盲であるとは名乗れないのであろう。

第3の理由としては、大半は実害無く過ごせているからであろう。医療現場では、多分、今まで色の問題でクレームを出されたことは無いのではないかと。これは、上記の第2の理由とも関連していると思われるが、配色の好き嫌いを別とすれば、現状の病院でもそれなりに対応出来ているのであろう。ただし、色盲の人は、「XXですね。」と言って、色盲でない人なら確かめられないことまで確認している可能性はある。

色盲は日本人では概ね男性の5%と言われているので、例えば20人集まれば、一人は色盲がいることになる。今までに周りの人の中で、ある男性が色盲であると気付いた人はいないだろうと思われる。それぞれの感じ方を、個性であると割り切れば、誰がどの様に感じても、それはそれでよしとされるのだろう。

第4には実際の施設建設や機器の導入に当たっては、コストがかかると思われているのではないかと推測される。特に、老健施設などの建築経験を持つ経営者は、“XXバリアフリー＝金が掛かる”式に考えるようである。また、色覚バリアフリーについて知らない人にとっては、どの様なものか理解出来ないのも、当然余分な経費が不必要であることも理解出来ず、「分かりません。出来ません。」式の対応になってしまう。

今一つの理由として、医学部の受験資格に「色盲でないこと」という条件が長らく付いていたので、ある程度以上の年代の医師の中には、色盲の人が存在せず、医師はある特殊な偏った集団を形成しており、色については別の角度からの見方が出来ない集団であったからであるとも思われる。

#### 2) 色とは

「色とは、物の性質ではなく、我々の眼が受容した光の波長別強度情報をもとに脳が作り出す感覚である。個人差はあるものの、我々は最大で360nm～830nmの範囲の波長の電磁波を光として認識することができる。波長の異なる光は異なる色として知覚される。」もっと分かり易く言えば、ヒトは混合すると白くなるモニタ系の色と、混合すると黒くなる印刷系の色の区別が出来ないのである。これは、赤、緑、青の3種類のセ

ンサーの組み合わせで色を知覚しているからである。どんなに粗末な装置で聞いても、ピアノとバイオリンの音の区別が出来る聴覚との著しい違いである。トランペットのように音を出すこと自体が難しい楽器もあるが、どんな名手が弾こうが、猫が鍵盤を踏みつけたただけであろうが、ピアノはピアノの音しか出せず、バイオリンの音にはならない。周波数分析を行っている音の世界と、3種類のセンサーで感知する色の世界とは、根本的に成り立ちが異なるのである。

### 3) 色盲の人の見え方

まず、認識しておかなければならないのは、色盲のヒトが決して白黒の世界に住んであるわけではないと言うことである。ごく稀に、白黒しか識別出来ないU型色盲（全色盲）もあるが、大半はP型（第1色盲：赤錐体が機能しない）ないしはD型（第2色盲：緑錐体が機能しない）で、それなりの色相差を認識出来る。また、各色盲のシミュレーションソフトもインターネット等で配布されており、使用する色の組み合わせで、見にくい人がいるかどうかを確認することも出来る。

色相の美しさは、ヒトの感じ方により千差万別であるが、大まかには色盲のヒトの見え方も、その範疇で考えれば良いと思われる。少々乱暴ではあるが、白黒でコピーしても必要な情報が伝わっていれば、色盲のヒトにも判読出来ることになり、色覚バリアフリーが実現出来ていると考えられよう。

### 4) 見易い色の組み合わせ、見難い色の組み合わせ

ここで、何よりも注意したいのは、色盲のヒトが見難い組み合わせは、遠くから見たり、小さな文字と背景色であれば、我々にも見難い色の組み合わせであり、逆に色盲のヒトに見易い組み合わせは、我々にも見易い組み合わせであることだ。

文字色と背景の色の組み合わせに配慮するのは、言うまでもなく当然の事であろう。しかし、最近ではパソコンのモニタが優秀になり、安易に色を使い過ぎる傾向がある。すべての人が色についての経験を積み、色覚バリアフリーに配慮した色の使い方が出来るようになるのであろうが、現在は、真に見易い配色が広く行き渡る過渡期であろう。ホンの少し、色に気を配れば、見易い配色になるであろう。前記のシミュレーションソフトを使うのも一つではあるが、もっと簡便に行うには、白黒表示をしたり、少し離れてモニタなり、印刷物を見て情報を読み取れるかどうかを検討すれば、概ね見当がつくであろう。

### 5) 色盲の人が見難い事例

ランプやLEDが一つしかなく、色で動作状態を区別する電気器具や1灯式の信号機は見難い。インターネットのホームページでも、文字の読みにくいものも少なくない。字が小さく、配色が不自然で、何とも見難いホームページの多いのには閉口する。著者が見難いと言うことは、著者以上に見難いと感じる人が、他にも多数いると言うことであろう。

### 6) 見易くする工夫

例えばグラフでは、パステルカラーを止めて、境界に線を入れ、ハッチングを併用し、凡例は図中に入れるようにすれば、白黒表示でも分かるグラフになる。文字を併用し、色の名前を各項目に記載すれば、色の区別が出来ない人でも、たとえ白黒表示でも、対応出来るようになる。つまり、情報に冗長性を持たせることがポイントである。

## E. 結論

医療情報システム全般にとって、色弱者の人たちにとっても正しく判断できる『色覚バリアフリー』の重要性を考慮する必要がある。色弱者が、医療従事者や患者として、システムに関わる可能性があるからである。そのため、以下のような点に考慮した表示系を構築するべきである。

- 1、色のみに頼った情報伝達をしない。例えば、白黒でコピーしても内容が正しく伝わるように工夫する。
- 2、色の差で情報伝達をする場合は、それが正しく伝わるか、複数の色覚タイプでチェックする。

## 文献

JIS X 8341-3

高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェアおよびサービス—  
第3部：ウェブコンテンツ

## 文献

JIS X 8341-3

高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェアおよびサービス—  
第3部：ウェブコンテンツ

## VIII. 液晶モニタに関する資料収集・調査研究

液晶モニタに関する資料収集・調査研究としては関連する研究論文発表、放射線画像工学、画像医学系の学者との討論で以下に述べる知見が得られた。

### 1. 液晶モニタとCRTモニタとの物理的比較（平成15年度）

2003年北米放射線学会にて、アリゾナ大学ハンス教授、クルピンスキー教授と液晶モニタとCRTモニタの得失に関して討議。液晶モニタの物理的解像度は画像観察専用モニタに関しては鮮鋭度が向上しCRTモニタに劣ることはない。CRTモニタのごとき部屋の照明の具合で観察者の眼から受信する信号情報が光の影響で歪む現象が少ない。また画像診断における診断能の違いについても工学的な観点から論議し、本研究成果の一部に取り入れられた。

### 2. 液晶モニタの診断能及びカラー表示に関して（平成16年度）

2004年欧州核医学会にて、ヨーロッパにおけるPACSの観察モニタの現状に関してフンボルト大学ハム教授、ベルリン工科大学レムケ教授、カロリンスカ大学リングェルツ教授との間で討論した。CRTでは輝度が低いと観察環境の部屋の照明管理が重要であるが、液晶モニタは輝度が明るいいためCRTモニタほど部屋の照明の重要性は高くないという結論が得られた。また、ドイツミュンスタ大学のショーバー教授と核医画像のカラー表示に関して議論した。医師や診療放射線技師がいわゆる色盲である場合カラー表示による病巣表現の差別化が必ずしも意味を果たさない可能性があり、色に意味をもたせる度合いが高いと正しい診断に至らない危険もあるという点で合意形成がなされた。

### 3. 液晶モニタの視野角と診断能の関係

2004年北米放射線学会ではアリゾナ大学ハンス教授、クルピンスキー教授と再び研究内容についての打ち合わせを行った。CRTと液晶モニタとで視野角が45度と0度の場合で診断能にいかん影響するかを検討した彼らの研究(Observer performance evaluation of CRT and LCD monitors with on-axis & off-axis viewing compared with predictions from a human visual system model, 2004 RSNA)について討議した。CRTモニタに比べ液晶モニタでは45度の視野角になるとROC解析において観察者の診断能が低下することが明らかとなり、特にコントラストの低い標的の場合その差が著しいという結果である。我々の研究においても液晶モニタでの画像観察時に視野角について検討を行う構想であったがこの打ち合わせによりあまりに極端な視野角での観察は不適であることが明らかとなった。

### 4. デジタルマンモグラムのフィルム画像と3M, 5M液晶モニタとの比較

2005年北米放射線学会では本研究の成果である肺間質影の液晶モニタによる診断能について「Influence of liquid crystal display (LCD) monitors on observer performance for detection of subtle pulmonary disease on chest radiographs」を展示発表し参加した学者との討議を行った。液晶モニタでの肺単純写真の観察に関しては我々の成果が学術的に認められるものであることが確認された。同じく2005年北米放射線学会では九州大学T. Kamitani氏のデジタルマンモグラムをフィルム出力と液晶モニタ出力とでその診断能を比較した研究発表がなされた。その結果、肺結節に関しては5Mモニタではもちろん、3M液晶モニタにてもデジタルマンモグラムのフィルム画像との間でROC解析上有意差は見られなかった。微細石灰化に関しては5M液晶モニタではデジタルマンモグラムのフィルム画像との間でROC解析上統計的有意差は見られなかった。3M液晶モニタでは統計的有意差は見られないものの、5M及びフィルム画像と比べて検出能が劣ったため、さらなる検討が必要とされた。

## IX. 結論：液晶モニタ診断の医学的安全性について

医療界においてもIT化が進み、医用画像の電子化はむろんのこと医療情報システムの導入も加速し、電子カルテ化も全国的に進みつつある。当然のことながらペーパーレス、フィルムレスの時代になりつつあるわけである。医用画像管理システム、いわゆるPACS導入に際して問題となるのは画像表示モニタの精度である。CRTモニタに関してはすでに日本医学放射線学会からデジタル画像の取り扱いに関するガイドラインとして公開されている。最近では液晶モニタの性能が向上しCRTモニタに代わりつつある。液晶モニタは省スペース化という点でも病院内の限られた環境で用いるのに適している。しかしながら液晶モニタが医用画像観察装置として安全性の点で問題ないかどうかは明らかにされていない。特に液晶モニタの画質が診断能に与える影響については検証がなされていない。

初期の液晶ディスプレイにはTN(Twist Nematic)モードが用いられたが、その後コントラスト比、視野角特性、応答速度などを改善するために色々な液晶モードが開発され実用化されている。医用画像表示用としては現在IPS(In-Plane Switching)モードとVA(Vertical Alignment)モードが多く用いられている。高精細液晶ディスプレイのバックライトには現在冷陰極蛍光管(CCFL)が使用されている。液晶モニタの輝度劣化はこのバックライトの劣化に負うところが大きい。輝度安定化回路のない液晶モニタの輝度低下は、24時間稼動を想定した場合年間で30%程度であった。また、30%輝度劣化を想定したときのDICOM誤差の最大値は約10%であった。輝度安定化回路のない液晶モニタでは、この値の半分程度(6ヶ月経過)になったら見直しを行うのが良いと思われる。輝度安定化回路を備えている医用液晶モニタの輝度低下は、24時間稼動を想定した場合でも年間で10%程度であった。また、10%輝度劣化を想定したときのDICOM誤差の最大値は約3%であった。輝度安定化回路を備えている医用液晶モニタの定期試験間隔は1年でも問題がないと思われる。液晶ディスプレイは幾何学的歪み、解像度、ベアリンググレーアなどの点でCRTよりも極めて優れている反面、視野角、色再現性、動画特性などの点でまだ改善の余地が残っており設計面、生産技術面における研究開発が続けられている。視野角特性に関しては最近かなり改善されているが視野角45度で画像観察を行うと正面からの観察に比べて診断能が劣ることが報告されており極端な視野角での画像観察は例え参照画像であっても行うべきではない。

液晶モニタの物理的な性能を検討するため医用画像観察モニタとして広く用いられているIPS方式とVA方式のディスプレイのMTFを比較した。VA方式では水平方向と垂直方向でMTFに差は見られなかったが、IPS方式では水平方向のMTF値が高くなった。これはそれぞれのサブピクセルの形状の違いによるものと考えられる。サブピクセルの面積が2.4:1となっているアパーチャーモジュレーション式パネルを採用したディスプレイでは、1画素の形状がそろばん状になり、実効的に細くなることからMTF値は高くなった。液晶ディスプレイには、表面をキズ等から防ぐための液晶保護フィルタや、照明などの映り込みを防止するアンチグレアフィルタが装着できる。そのフィルタがMTFに与える影響について検討した。液晶保護フィルタの有無によるMTFの違いはなかった。アンチグレアフィルタをつけるとディスプレイのMTF値は低下することが明らかとなった。ただし、このフィルタは実際の臨床画像を多数観察する場合には観察者にとっては目の疲労を軽減させることは事実である。二次元フーリエ変換法を用いて液晶ディスプレイのウィナースペクトルを測定した。結果は雑音成分と共に周期成分が存在し、周期成分はサブピクセルの構造による周期と一致した。周期成分のピークが出ることによりその付近のウィナースペクトル値も見かけ上持ち上げられてしまうため、今後はこの周期成分への対応が必要である。

液晶モニタの画素数による診断能の違いを臨床画像を用いて検討したもののうち胸部単純画像について1Mから5Mの液晶モニタと高精細CRTモニタとの間で多施設・多人数の観察者によるROC解析を行い肺の結節陰影および間質性陰影について統計的な有意差が見られないという結果を得た。この結果は肺疾患の存在診断についての検出能を見たものであるが、胸部単純写真は医用画像の中ではマンモグラムを除けば最も精度が必要とされる画像であり、他の単純写真およびCT、MRIといったより画素数の少ない画像モダリティに関しても適応できるものである。またCRTモニタ像では部屋の照明により診断能が左右される場合があることはすでに明らかにされているが、液晶モニタでの部屋の照明の影響を調べるため照明条件を20ルクス、100ルクス、420ルクスの3段階と変更し、照明が肺微細病変の検出に及ぼす影響を検討した。この結果、ROC解析では、5MのLCDとCRTについて3段階の照明条件で、Azに有意差を認めなかった。肺微細陰影の検出において、モニタの種類による差と照度の影響は臨床的に無視できることが推定された。液晶モニタでは輝度自体が高いためと考えられる。

マンモグラフィに関しては平成11年に日本医学放射線学会から出したデジタル画像の取り扱いに関するガイドラインでは言及しなかったが、最近ではデジタルマンモグラムの性能が向上しわが国でも広く導入されるようになってきた。デジタルマンモグラフィのフィルム画像については日本医学放射線学会によるマンモグラフィのガイドライン改訂版で撮影装置及びフィルムの画質に関して指針が出されている。しかしPACSが普及するなかでフィルムレスシステムが進みデジタルマンモグラムも検証されないままモニタで観察されている場合もある。本研究におけるデジタルマンモグラムの液晶モニタによる診断能の検討では1Mのいわゆる汎用液晶モニタでマンモグラムを観察することはたとえ原画像の有するデータ量を保有している画



像であっても高々2倍程度の拡大表示では診断能が著しく劣ることを明らかにした。さらに3Mと5Mの液晶モニタとデジタルマンモのフィルム画像をファントームで比べた検討により拡大処理や階調処理を駆使して観察すれば5M液晶モニタであればフィルム画像との差は無くなるという結果であったが、3M以下のモニタでは十分とはいえず診断能の点で問題が残る結果であった。しかしながら、アナログフィルム画像とそれをデジタルでデジタル化して3M液晶モニタで観察する実験では、あらかじめ観察部位は特定してあるものの統計的な有意差は認められなかった。また、本研究ではないが、九州大学T. Kamitani氏等のデジタルマンモグラムをフィルム出力と液晶モニタ出力とでその診断能を比較した研究では肺結節に関しては5Mモニタではもちろん、3M液晶モニタにてもデジタルマンモグラムのフィルム画像との間でROC解析上有意差は見られなかった。微細石灰化に関しては5M液晶モニタではデジタルマンモグラムのフィルム画像との間でROC解析上統計的有意差は見られなかった。3M液晶モニタでは統計的有意差は見られないものの、5M及びフィルム画像と比べて検出能が劣ったと報告されている。

これらの研究成果を総合的に勘案すると、液晶モニタによるデジタルマンモグラムの観察は拡大処理、階調処理を加えることにより5Mモニタであればその使用が可能であると言える。3Mモニタ以下に関してはその安全性に関して大規模なROC解析など客観的な検討が行われなかったが、5Mモニタ以上に拡大処理、階調処理を綿密に行えば臨床的に使用できる可能性は残されている。ただし、臨床現場で多数のマンモグラムを診断する際にひとつのマンモグラムの読影に際して拡大処理、階調処理を頻繁に行うことが診断効率を著しく損なうことは確かであり、実際の運用面での検討も必要であろう。

医療情報システム全般にとって、色弱者の人たちにとっても正しく判断で切る『色覚バリアフリー』の重要性を考慮する必要がある。色弱者が、医療従事者や患者として、システムに関わる可能性があるからである。そのため、以下のような点に考慮した表示系を構築すべきである。

- 1、色だけに頼った情報伝達をしない。例えば、白黒でコピーしても内容が正しく伝わるように工夫する。
- 2、色の差で情報伝達をする場合は、それが正しく伝わるか、複数の色覚タイプでチェックする。

## X. 液晶モニタ診断を加えたデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン

日本医学放射線学会が平成11年4月に出したデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン1.0版、及び平成14年6月に出したデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン1.1版に今回の液晶モニタの医学的安全性についての研究の成果から液晶モニタ及び汎用カラーモニタに関する指針を追加してデジタル画像の取り扱いに関するガイドライン2.0版（案）をここに示す。

ガイドライン 1.0 版 平成 11 年 4 月  
ガイドライン 1.1 版 平成 14 年 6 月  
ガイドライン 2.0 版 平成 18 年 4 月

デジタル画像の取り扱いに関するガイドライン 2.0 版（案）  
（ガイドラインのPDF File）  
（テスト画像のPDF File-841KB）

平成 18 年 4 月  
日本医学放射線学会電子情報委員会

画像情報をより効率的に活用するためには、画像をデジタル化し電子的に保存するとともに、CRTモニタを用いて観察し診断することが近い将来に必須なことと考えられる。本委員会では、その環境を整備するためのデジタル画像の取り扱いに関するガイドラインを作成することを緊急の課題と認識し検討を行ってきたが、この度まとまったので以下に公表する。なお、本ガイドラインは、将来必要に応じて適宜改訂されるものである。

この 2.0 版は平成 14 年 6 月に定めたガイドライン 1.1 版に「液晶モニタの性能」「デジタル乳房 X 線撮影のモニタ観察」を追加したものである。

### 1. 本ガイドライン運用における前提条件

デジタル画像を取り扱う医師または歯科医師は、以下の項目について十分な知識をもち、適切に対処できなければならない。

（1）空間分解能および濃度分解能等の値が、画像診断の精度に影響を与えることを理解して取り扱うこと。

（2）電子的に保存された画像（以下「電子画像」）を用いて診断する場合、画像診断の責任はフィルムによる診断と同等であること。

（3）電子画像に、圧縮・伸張して原画像に戻らない圧縮法（以下非可逆圧縮という）を適用する場合は、その方法と圧縮率などの情報が正確に記録できること。また、その電子画像が可視化されたとき、サンプリングピッチ、濃度範囲、階調度のビット数などの情報が明示できる装置を使用すること。

（4）電子画像を取り扱う装置に他の装置を接続する場合、これらの装置で構成されるシステム全体の性能を損なわないこと。

（5）装置およびシステム全体の性能を定期的に確認し、その記録を保管すること。

\*画像情報の管理、安全確保等の事項については付録 1 の「X線フィルムの電子保存に関する通則」を参照。

### 2. モニタ診断

#### 2.1 CRTモニタ

## 2. 1. 1 CRTモニタの性能

- (1) CT、MRI画像の診断において、CRTモニタはフィルムに代替可能である。
- (2) X線画像診断において、CRTモニタはフィルムに代替可能である。
- (3) カラーCRTはモノクロCRTに代替可能である。
- (4) CRTモニタの表示マトリックスは、1,000 X 1,000 以上が望ましい（乳房X線撮影を除く）。
- (5) 入力画像の画質に配慮してCRT診断を行うこと。特に乳房X線画像などのように高分解能を要するものについては留意して読影する必要がある。

## 2. 2 液晶モニタ

### 2. 2. 1 液晶モニタの性能

- (1) 画像診断において、液晶モニタはCRTモニタに代替可能である。  
(注) 確認した液晶モニタは、日本画像医療システム工業会の医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン（JESRA X-0093-2005）でいう管理グレード1を満たす液晶モニタである。
- (2) 液晶モニタの表示マトリックスは、1,000 X 1,000 以上が望ましい。
- (3) 入力画像の画質に配慮して液晶モニタ診断を行うこと。特に乳房X線画像などのように高分解能を要するものについては留意して読影する必要がある。

### 2. 2. 2 乳房X線画像診断用モニタ

- デジタル乳房X線画像診断において液晶モニタはデジタルハードコピーに代替可能である。  
(注) 確認した液晶モニタは前述の管理グレード1を満たす5M（2048 x 2560）であり、適切な画像処理（拡大・階調処理など）操作を加えた場合である。

## 2. 3 モニタの劣化

- (1) 不適切な観察環境は診断能に影響を及ぼすので、モニタの輝度と関連して部屋の照度、採光などに留意すること。
- (2) モニタは経年変化で劣化し、特に輝度が低下するので、正確な読影診断ができるよう留意すること。  
単純写真を例にとると、コントラストの低い信号の検出に影響が認められた。（注1）
- (3) モニタの輝度劣化の程度を、毎日チェックすることが望ましい。（注2）
- (4) 経年変化のチェックは、日本画像医療システム工業会の医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドラインを参照して行うことが望ましい。

(注1) 例えば、[文献3]で用いたモニタでは、設置時のモニタの最高輝度が500cd/m<sup>2</sup>の場合、その最高輝度が67%以下に低下すると胸部写真として使用する上で臨床的に読影結果の精度に影響を与えた。

(注2) モニタ劣化を視覚的に認識するには、劣化判定用に作成されたテスト画像（胸部写真とコントラストチャート）の類を使用するのがよい。

●ここにテスト画像の具体例を示す。

#1 JPEG画像（参考画像なので実際の評価には使えません）

#2 DICOM viewer で実際の評価に使用できます

## 3. フィルムデジタイズ装置

フィルムデジタイズ装置を電子保存に用いる場合には、次の特性を有すること

(但し、マンモグラフィは除く)。

(1) サンプリングピッチ：200  $\mu$ m以下

(2) 空間分解能：CTF (0.25)  $\geq$  0.9、CTF (0.5)  $\geq$  0.8、CTF (1.0)  $\geq$  0.7

ここでCTF (n) は、nlp/mm の Contrast Transfer Function を示す。

(3) 濃度階調数：1024 以上 (10 ビットグレイスケール以上)

(4) デジタイズ濃度範囲：0.0D - 3.0D 以上

\* 性能テスト (空間分解能、濃度出力特性、幾何学的歪など) については、附録2の「フィルムデジタイズ装置に関する規格」を参照。

#### 4. 圧縮率

(1) 読影医師は、非可逆圧縮について十分理解し、画像の劣化により診断が影響されないように留意すること。

(2) 医用画像を圧縮する際に画質について十分な配慮を行っている場合には JPEG 非可逆圧縮または他の方法でそれに相当する圧縮率で 1/10 までは非圧縮画像と臨床上同等と考えられる。

#### 5. 遠隔放射線診療 (テレラジオロジー)

上記のフィルムデジタイザ、CRT、圧縮率に準ずる環境において実用可能である。但し、緊急時などの医療行為では、画像伝送上の状況に応じて画質の変更もあり得るが、この場合でも医師または歯科医師は画質の劣化を認識した上で医療行為を行う。

#### 6. カラーユニバーサルデザイン

医療情報システム全般にとって、色弱者の人たちにとっても正しく判断できる『色覚バリアフリー』の重要性を考慮する必要がある。色弱者が、医療従事者や患者として、システムに関わる可能性があるからである。そのため、以下のような点に考慮した表示系を構築すべきである。

(1) 色だけに頼った情報伝達をしない。例えば、白黒でコピーしても内容が正しく伝わるように工夫する。

(2) 色の差で情報伝達をする場合は、それが正しく伝わるか、複数の色覚タイプでチェックする。

#### 参考文献

(1) 厚生科学研究情報化技術開発研究事業－画像情報の電子化に関する研究－  
主任研究者 小塚隆弘 (大阪府立羽曳野病院長) 平成10年3月 (PDF ファイル 1.7MB)

(2) 厚生科学研究情報化技術開発研究事業－医療情報の総合的推進に関する研究－  
主任研究者 開原成允 (国立大蔵病院長)

「放射線画像連携に関する研究」

分担研究者 前田知穂 (京都府立医科大学 放射線医学教授) 平成10年3月

【附録1】X線フィルムの電子保存に関する通則

【附録2】フィルムデジタイズ装置に関する規格

(3) 厚生科学研究費補助金医療技術評価総合研究 画像観察CRTモニタの医学的安全基準設定に関する研究 主任研究者 石垣武男 (名古屋大学教授) 平成13年3月

(4) 厚生労働科学研究医療技術評価総合研究事業「標準的電子カルテにおける画像観察液晶モニタ、汎用液晶モニタの標準化と精度管理に関する研究」 主任研究者 石垣武男 (名古屋大学教授) 平成18年3月

(5) 医用画像表示用モニタの品質管理に関するガイドライン (JESRA X-0093-2005)

(6) JIS X 8341-3

高齢者・障害者等配慮設計指針  
—情報通信における機器、ソフトウェアおよびサービス—。第3部：ウェブコンテンツ

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) 石垣武男. モニタ診断. 日独医報 48 (1) : 51-60, 2003
- 2) 石垣武男. 画像観察モニタに関する諸問題. 映像情報メディカル. 37巻4号 : 388-392, 2005年
- 3) A Horii, A Chihara, K Ichikawa, Y Kodera, M Ikeda, T Ishigaki. Measurement of Modulation Transfer Functions for liquid crystal displays by rectangular waveform analysis. 日本放射線技術学会誌 61巻12号:1651-1655,2005
- 4) 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 (2006) 16: 726-732

### 2. 学会発表

- 1) 宇佐美寿志, 福嶋洋道, 池田 充, 石垣武男. 液晶モニタの精度と肺結節野診断能. 第4回液晶モニタ研究会. 平成16年3月26日. 名古屋大学医学部鶴友会館
- 2) 宇佐美寿志, 福嶋洋道, 池田 充, 石垣武男. 液晶モニタの精度と肺結節野診断能. 第6回医用画像認知研究会. 平成17年8月21日. 徳島大学医学部永井記念ホール
- 3) H. Usami, M. Ikeda, T. Ishigaki, H. Fukushima, K. Shimamoto; Influence of liquid crystal display (LCD) monitors on observer performance for detection of nodular lesions on chest radiographs. EC R2005, Viena, 4-9,2005
- 4) 福嶋洋道, 池田 充, 石垣武男, 宇佐美寿志. 液晶モニタにおける肺間質影の診断能の評価. 第7回 医用画像認知研究会05.08.20/21, 奈良
- 5) M Ikeda, H Fukushima, T Ishigaki, H Usami, K Shimamoto. Influence of liquid crystal display (LCD) monitors on observer performance for detection of subtle pulmonary disease on chest radiographs. Radiological Society of North America, The 91th Scientific Assembly and Annual Meeting (Nov.27-Dec.2,2005, Chicago)
- 6) Akiko Horii, Miho Takamura, Katsuhiko Ichikawa, Yoshie Kodera, Mitsuru Ikeda, Takeo Ishigaki. Measurement of MTFs for monochrome and color liquid crystal displays. SPIE Medical Imaging 2006, Manuscript

## G. 知的財産の出願・登録状況

なし

## 研究成果の刊行に関する一覧表

書籍  
なし

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
石垣武男	モニタ診断	日独医報	48巻1号	51-60	2003
石垣武男	画像観察モニタに関する諸問題	映像情報メデ ィカル	37巻4号	388-392	2005
A Horii, A Chihara, K Ichikawa, Y Koderu, M Ikeda, T Ishigaki	Measurement of Mmodulation Transfer Functions for liquid crystal displays by rectangular waveform analysis	日本放射線技 術学会誌	61巻12号	1651-1655	2005
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	European Radiology	16	726- 732	2006

## 画像観察モニタに関する諸問題

名古屋大学医学部 放射線医学講座

石垣武男

### はじめに

一般の家庭用テレビモニタはCRTモニタからプラズマモニタ、液晶モニタの時代へと推移している。医療現場ではこれまで画像観察装置としてCRTモニタが広く普及してきた。CRTモニタを画像診断における観察装置として使用する際の画質の問題、CRTモニタの劣化に関する問題すなわち耐用年限等に関しては旧厚生省、旧文部省の研究助成で成果が得られ<sup>1-9)</sup>、(社)日本医学放射線学会からガイドラインとして出されている。

\*参照：[http://www.radiology.or.jp/jrs\\_doc/archive/DigitalImageGuide.htm](http://www.radiology.or.jp/jrs_doc/archive/DigitalImageGuide.htm)

しかし近年になって、液晶モニタの性能向上が目覚ましく、医用画像専用液晶モニタも市場に流通するようになってきている。画質においても高性能のCRTモニタと比べて勝るとも劣らないものまで出現している。また、液晶モニタ自体の劣化時間はCRTに比べてゆるやかで数倍とも言われている。その手軽さや省スペース性などもあり、CRTモニタに取って代わるものであることは否めない。医用画像をモニタで観る場合の課題は、ひとつは画像の表示方式であり、もうひとつはモニタ画像の信頼性である。前者はこの特集の別項で取り上げられるのでこの項では画像観察モニタに

関する信頼性、すなわち「モニタ画像で観て大丈夫か？」という課題について述べることにする。なお、CRTモニタに関してはすでに結論が出ているが液晶モニタに関しては厚生労働科学研究医療技術評価総合研究事業「標準的電子カルテにおける画像観察液晶モニタ、汎用液晶モニタの標準化と精度管理に関する研究」(主任研究者：石垣武男)で検討中であることをお断りしておく。

### モニタの画質について

胸部X線写真を従来のフィルム画像とモニタ画像で比べた場合には、従来のスクリーンフィルム系の画像に比べ当然モニタの画質は劣る。これはモニタ画像に限ったことではなくイメージングプレートを使用するコンピュータドラジオグラフィ(computed radiography, CR)や最近普及し始めたフラットパネルディテクタなどによる直接デジタル画像をフィルムにプリントした場合でも同じ問題が生じる。CTやMRI画像はもともとがデジタル画像であり、それをフィルムにプリントした場合でもモニタで表示した場合でも診断能に差は生じないことは厚生省の研究班で明らかにされている。問題となるのはX線画像、特に胸部X線画像である。しかし、「画像」として質が低



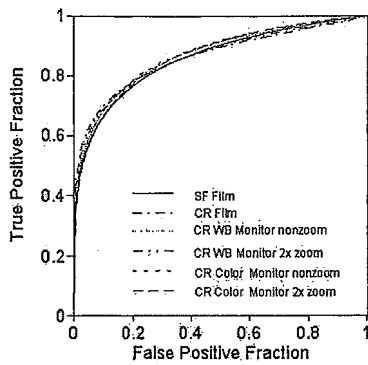


図1 コンベフィルム、CRフィルム、CRモニター(白黒、カラー)間における肺の微細間質影の読影能試験(白黒、カラー)間における肺の微細間質影の読影能試験それぞれの間で有意差は見られない。

下しても「臨床的な診断」に差し支えが無ければ安全に使えることになる。

### 1) CRTモニター

CRTモニターに表示した画像が、フィルムにプリントしたデジタル画像と比較してどうなのか、従来のスクリーンフィルム系のフィルム画像と比較してどうなのかという点から間質性陰影を中心とした微細な肺陰影の描出能の比較検討を同じ病変を対象にしてフィルムスクリーン系によるフィルム画像、CRフィルム画像(2/3サイズ、spatial resolution=0.2mm、1760×1,760pixels、10bits)、白黒モニター画像(20インチ、フレームメモリ1,568×1,152、階調は8bit、FujiHIC654)、カラーモニター画像(20インチ、フレームメモリ1,280×1,024、階調は8bit、FlexScanE65T、Nanao)に表示した場合の診断能についてROC解析を用いて検討した結果読影医20名の平均ROC曲線ではいずれの場合でも有意差は認められなかった<sup>4)</sup>(図1)。読影が困難な群においても有意差は認められなかった。したがって、CR画像はフィルム画像でもCRTモニター画像でも胸部の微細陰影の検出能においては差がないことが明らかにされ、フィルムレス診断の可能性が示された。これらデジタル画像の取り扱いに関する事項は日本医学放射線学会からガイドラインとして公開した。ただし、この結果はあくまでも「病変の存在診断」のレベルのものである。

表1 検討した液晶モニター

略称	Extended Graphics Array	表示画素サイズ	最大輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	提供メーカー	型名
1M	SXGA	1280×1024	700	スベトラテック	Precision1 M
2M	UXGA	1600×1200	700	東特	ME201L
1M	QXGA	2048×1536	700	東陽テクニカ	MFGD3220
2M	QSXGA	2560×2048	700	ナナオ	G51
1M	QSXGA	2560×2048	600	コニカ	—

### 2) 液晶モニター

初期の液晶ディスプレイにはTNモードが用いられたが、その後コントラスト比、視野角特性、応答速度などを改善するために色々な液晶モードが開発され実用化されている。医用画像表示用としては現在IPS(In-Plane Switching)モードとVA(Vertical Alignment)モードが多く用いられている。IPSモードは視野角による光学特性の変化が少なく広視野角が得られる。

液晶モニターの診断能についての研究は最近散見される。3M、5Mピクセルのモノクロ液晶ディスプレイと3Mカラー液晶ディスプレイを用いて、腫瘍状陰影を含む胸部正面X線画像を観察したときのそれぞれの診断能について評価した荒木、真田等の研究では9名の放射線科医によるROCおよびLROC解析の結果、これら3種類の液晶ディスプレイによる診断能に統計的な有意差は認められなかった<sup>10)</sup>。Ikeda等は2メガの液晶モニターとCRTモニターでの肺結節影と間質影の診断能の違いを、それぞれ8名、10名の放射線科医によるROC解析で検討したが有意差は認められていない<sup>11)</sup>。

より大規模な解析は厚生労働科学研究医療技術評価総合研究事業「標準的電子カルテにおける画像観察液晶モニター、汎用液晶モニターの標準化と精度管理に関する研究」で検討中である。肺の結節影の診断能については1、2、3、5メガの液晶モニターと2,000本系のCRTモニター、計5種類(表1)についてROC解析を行った。読影実験画像には平成10年に日本放射線技術学会によって作成された「標準デジタル画像データベース(胸部腫瘍陰影像)」の画像を用いた。読影実験に参加した読影者は、放射線科医10名である。最終結果で

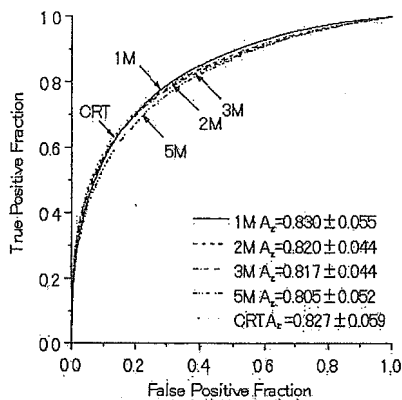


図2 モニタの種類ごとの「平均」のROC曲線  
有意差はみられない。

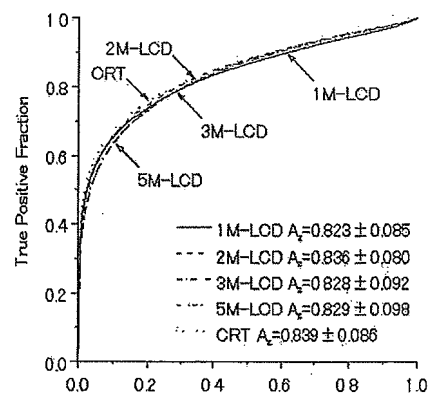


図3 肺間質性病変の液晶モニタの違いによる診断能  
それぞれの間で有意差は見られない。

はないが中間報告では、モニタの種類によって、結節の検出能に有意な差は認められていない(図2)。肺間質性陰影に関しては以前用いた微細な間質影を含む63例の胸部単純画像を対象に<sup>4)</sup>、表1と同様のモニタ群を用いて、全国の胸部放射線専門医を含む19名の放射線科医によるROC解析研究が現在進行中である。最終結果は現在検討中であるが、中間結果では、使用した画像間や間質影検出の難易度間と読影者間では有意な差が認められるものの、モニタの種類による有意な差は認められていない(図3)。

## モニタ診断の環境について

モニタの輝度が低いと部屋の照明の違いで診断能に差が出ることは我々の研究で明らかである。すなわち肺の結節影を対象に部屋の照度を70、170、480ルクスと変えて結節影の検出率をROC解析で検討すると170ルクスと480ルクスとの間で有意差がみられた(図4)。部屋の照度が明るすぎると結節影の検出率が低下した。さらに、有意差はないものの照明が暗ければ良いというわけでもなかった。暗い照明下で長時間読影すると眼などの疲労が診断能に影響を及ぼすものと考えられた。それではモニタの輝度と部屋の照明の2つの因子が読影に及ぼす影響についてどういった関係があるのであろうか？高輝度、高精細のCRTモニタを用いて、モニタの輝度を400カン

デラ、50カンデラの2段階、部屋の照明を480、120、20ルクスの3段階に変化させそれぞれの組み合わせで肺の微細間質影の読影試験を行ってみると、主観的な画質の評価ではモニタの輝度を一定にした場合、部屋の照明が暗い方が良好な評価であり、部屋の照明を一定にしてモニタの輝度を変化させると有意差を持って輝度が高い方が良いという結果が得られる。しかし、診断能をBrier scoreで解析すると120ルクスでBrier Scoreが最も良く、照明が暗ければ良いわけでもないことがここでも明らかとなった(図5)。

液晶モニタに関しての環境照度と診断能の関係は前述の平成16年度の研究班で検討中であるが、医用画像観察用の液晶モニタは輝度が高い。したがって以前のCRTモニタで観察する場合のように、必要以上に部屋の照明を落とすこともないのであろうし、あまり環境照度が暗い場所で輝度の明るい画面を長時間観察するのは眼の疲労という点でも好ましくない。

## モニタの劣化

CRTモニタの劣化のうち最も問題となるのは輝度の劣化である。さらに、輝度の劣化は、モニタ画像を読影する際の周囲の照明と併せて、読影診断能に影響を及ぼすことも明かである。あるレベルまで輝度が劣化すると正確な診断に支障を来すようになる。このためには定期的な輝度の測定

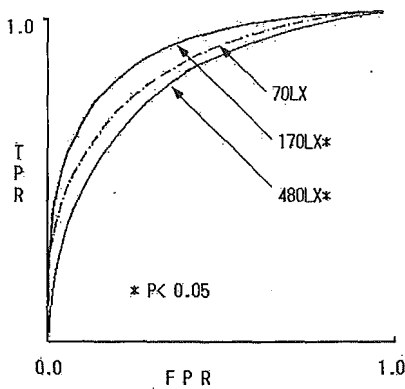


図4 部屋の照明と肺結節の検出能  
170ルクスの時が最も良く、480ルクスとの間に有意差がある。最も暗い照明が良いわけではない。

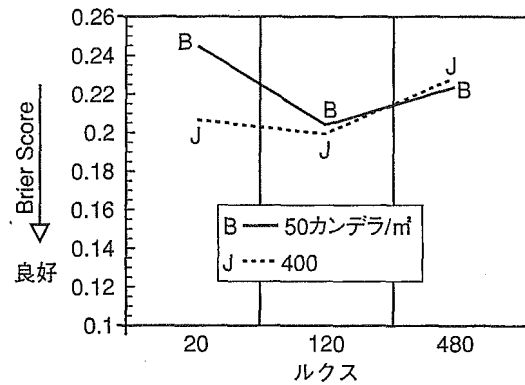


図5 診断能とモニター輝度と部屋の照明との関係  
肺の微細間質影の読影試験上は、統計的有意差はないが、120ルクスでBrier Scoreが最も良い。

と目視による毎日のチェックが欠かせない。これに関しても前述の日本医学放射線学会からガイドラインが出されている。

液晶モニタでは、液晶は自己発光しないためディスプレイとして使用する際は、背後もしくは前面から照明を必要とする。今日の診断用液晶ディスプレイは高コントラストが要求されることと、フィルムに近い画質を実現するため背後からの照明(バックライト)を使用している。その結果バックライトの輝度劣化がスクリーン品質を保持する支配的な要素となっている。現在大型液晶ディスプレイのバックライトに使用される発光体はその発光効率から蛍光灯が主流である。少数ではあるが面発光蛍光灯パネルも実用化されている。蛍光管には電極の構造により、熱陰極蛍光管と冷陰極蛍光管の2種類が存在する。熱陰極蛍光管は室内照明などに使われ広く普及している。発光効率は最も高く高輝度であるが寿命が短いことと、寿命の終わりに発熱が多くなり液晶の照明装置としては普及していない。ほとんどすべての大型液晶バックライトには冷陰極蛍光管が使われている。寿命が長く発光効率が良いことと、寿命の終わりに近づくとしたがって緩やかに輝度が劣化してそれでも点灯することが好都合である。一般的に非常に長寿命である。したがって、通常液晶ディスプレイには冷陰極蛍光管を使い、液晶モジュール単体では標準として、使用開始後50%の輝度になるまでの時間は25℃の環境下で30,000時間以上と

なっている。モニターによっては輝度を保持する仕組みをもたせているケースがあり、バックライト回路が輝度を一定に保つようになっている。この場合バックライト系が保持輝度を維持できなくなるまでを寿命と考えるなら、液晶モジュールの輝度劣化がその輝度に達する次期とほぼ同等の寿命と考えられる。

いずれにしても、モニタの輝度劣化は診断能に大きく影響するので、モニタの品質管理という点で病院内で重要な課題であることは間違いない。

### おわりに

医用画像観察モニタは現在普及が著しい液晶モニタにおいても診断能としてはCTやMRI画像の診断や胸部写真などの存在診断において問題はないと考えられる。ただし、マンモグラムにおいては非常に微細な石灰化の形態およびその存在診断が重要であるため現在厚生労働科学研究医療技術評価総合研究事業「標準的電子カルテにおける画像観察液晶モニタ、汎用液晶モニタの標準化と精度管理に関する研究」で検討中であり、結論は出ていない。

モニタ診断ではモニタの性能以外に画像を観る環境照度に配慮する必要があることは言うまでも無い。また、これと関連してモニタの劣化、特に輝度劣化については品質管理を行い、正しい状態で画像診断に臨まなければならない。

- 1) Takeo Ishigaki et al: CRT images of projection radiographs : Comparison with film images. Med.Imag.Tech 7(3): 334-343,1989
- 2) Yoshiyuki Itoh et al: Influence of CRT workstation on observer's performance. Computer Methods and Programs in Biomedicine37(4): 253-258,1992
- 3) Takeo Ishigaki et al: Diagnostic usefulness of chest computed radiography - film versus cathode-ray tube images-. J Digital Imaging 8 (1): 25-30,1995
- 4) Takeo Ishigaki et al: Subtle pulmonary disease: Detection with computed radiography versus conventional chest radiography. Radiology 201: 51-60,1996
- 5) S Iwano et al: Detection of subtle pulmonary disease on CR chest images: monochromatic CRT monitor vs color CRT monitor. Eur. Radiol11: 59-64, 2001
- 6) Shunichi Ishihara et al: CRT diagnosis of pulmonary disease: Influence of monitor brightness and room illuminance on observer performance. Computerized Medical Imaging and Graphics26:181-185, 2002
- 7) Takeo Ishigaki et al: Verification of clinical test objects for diagnostic quality-guaranteed CRT monitor based on the visual evaluation. Proceedings of SPIE 4686: 347-354, 2002
- 8) Satoshi Hidano et al: Effects of monitor luminance change on observer detection performance. Computerized Medical Imaging and Graphics29 : 35-41, 2005
- 9) 厚生科学研究情報化技術開発研究課題「画像情報の電子化に関する研究」報告書. 平成10年3月(主任研究者小塚隆弘)
- 10) 荒木陽子ほか：高精細液晶ディスプレイの視覚的評価－胸部腫瘤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, 2005 (in press)
- 11) R Ikeda et al: Comparison of LCD and CRT monitors for detection of pulmonary nodules and interstitial lung diseases on digital chest radiographs by using receiver operating characteristic analysis. RSNA '04, Chicago, 2004