

10031019

厚生労働科学研究研究費補助金
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

平成15年度 総括研究報告書
主任研究者 石垣武男
平成16 (2004) 年3月

目 次

I. 総括研究報告

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 ----- 1
石垣武男

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 8

厚生労働科学研究費補助金（医療技術評価総合研究事業）

総括報告書

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）

研究要旨

汎用、医療用にかかわらず画像観察モニタの共通の性能として、スクリーンの輝度、コントラスト、空間解像度などがある。画像診断においてはCRTモニタ同様、液晶モニタでもCRTモニタと同等以上の画質が求められることはもちろんである。液晶ディスプレイは液晶分子の屈折を利用することから、視野角についてフィルムやCRTモニタにない特異性があり一般的に光の放射は等方的ではない。したがって輝度やコントラストが大幅に改善された現在も、視野角の改善は依然重要な課題となっている。今年度はまず医用画像の読影用に適した液晶モニタを検討した。液晶の主な動作モードの中で高精細ディスプレイであり、かつ視野角特性が優れていることでIPS(In-plane Switching)モード、VA(Vertically Aligned)モードが画像診断用として現段階では最も適していると結論付けられた。次いで液晶モニタの解像度の違いによる診断能の検討を行った。1M、2M、3M、5Mの画素数の白黒液晶モニタと2000本系のCRTモニタ計5種類を用いて肺の淡い結節影の描出能につき、5人の観察者によるROC解析を行った。その結果、淡いコントラストを示す標的の描出能に関してはいずれにおいても統計的有意差が無いことが分かった。ただし、矩形波波形解析による液晶ディスプレイのMTF測定研究では画素の形状、構成、液晶の種類により、解像度に差が生じることがわかった。

分担研究者氏名

宮坂和男、北海道大学医学部、教授
西谷 弘、徳島大学医学部、教授
伊藤春海、福井医科大学、教授
遠藤登喜子、国立名古屋病院、部長
村田喜代史、滋賀医科大学、教授
安藤 裕、慶應義塾大学、助教授
小寺吉衛、名古屋大学保健学科、教授
池田 充、名古屋大学医学部、教授
島本佳寿広、名古屋大学医学部、教授
藤田広志、岐阜大学医学部・工学部、教授
紀ノ定保臣、岐阜大学医学部、教授
尾辻秀章、大阪府済生会吹田病院、部長
楠本昌彦、国立がんセンター中央病院、医長
櫛橋民生、昭和大学横浜市北部病院、教授
原 眞咲、名古屋市立大学、助教授
佐々木康夫、岩手県立中央病院、部長
渡辺秀幸、産業医科大学、助教授

A. 研究目的

標準的電子カルテ構築に向けて、情報の観察

用の液晶モニタに関して医用画像の診断能、文字情報の認識能、観察による疲労などの点を含み、安全性、モニタ劣化の検討、その耐用年限などについて検討し、さらにCRTモニタのこれまでの成果を踏まえて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検討を行うことが総合的な目的である。

本年度の研究目的は

1. 医療用の最適液晶モードの検討
 2. 液晶モニタの画素数と鮮鋭度
 3. 液晶モニタ画素数別の画像診断能
- である。

B. 研究方法

1. 医療用の最適液晶モードの検討

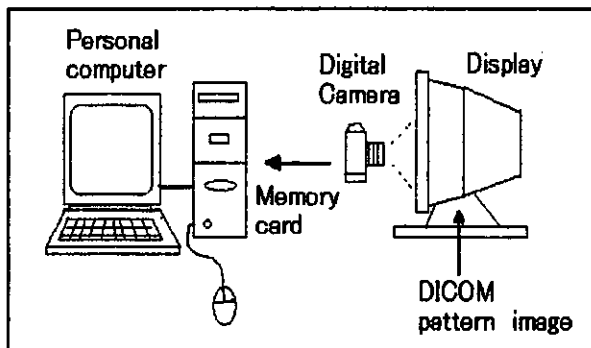
液晶モードの問題点である視野角特性、応答速度、コントラスト比などを改善するためにいろいろなモードが開発され実用化されている。医用画像観察、文字情報の観察・視認の目的にはいずれのモードが現行で最も適するののかについて、工学、

光学的な見地からの検討するとともに、モニタ製造メーカー（東京特殊電線、ナナオ、シャープ）が行っている研究資料及び文献的な考察を加味して共同で検討した。

2. 液晶モニタの画素数と鮮鋭度

矩形波波形解析による1M, 2M, 3M, 5Mの性能の白黒液晶ディスプレイのMTF測定研究では「パターンを用いた医用画像ビューアのMTF測定法」を用いて液晶モニタの鮮鋭度を測定した。すなわち、パターンイメージを表示させたモニタ画面をデジタルカメラで撮像し、そのイメージをパーソナルコンピュータで解析した。

実験配置図を以下に示す。



	画素数	画素ピッチ [mm]	メーカー
液晶	1M(約100万画素)	0.312	Data-Ray
	2M(約200万画素)	0.255	東京特殊電線
	3M(約300万画素)	0.207	Barco
	5M(約500万画素)	0.165	A NANA O
	5M(約500万画素)		B 東京特殊電線
CRT	5M(約500万画素)	0.147	Barco

3. 液晶モニタ画素数別の画像診断能

液晶モニタの解像度の違いによる診断能の検討は10名の画像診断専門医が半年にわたり、5種類の画像表示方法、すなわち、1M, 2M, 3M, 5Mの性能の白黒液晶モニタと2000本系のCRTモニタを用いて肺の淡い結節影の有無に関して、それぞれ154枚の胸部エックス線写真を読影した。そのデータをもとにROC解析を行った。胸部エックス線写真は日本放射線技術学会作成の「標準デジタル画像データベース（胸部腫瘤陰影像）」を用いた。検討した液晶モニタの概要は以下である。

略称	eXtended Graphics Array	表示画素サイズ	最大輝度 (cd/m ²)	提供メーカー	型名
1M	SXGA	1280×1024	700	スペクトラテック	Precision1M
2M	UXGA	1600×1200	700	東特	ME201L
3M	QXGA	2048×1536	700	東陽テクニカ	MFGD3220
5M	QSXGA	2560×2048	700	ナナオ	G51
CRT	QSXGA	2560×2048	600	コニカ	—

ら構成されている。これらの結節は、検出が容易なものから検出が極めて困難なものまでである。また、同データベース中には、腫瘤のない画像が93画像含まれている。

同データベース中の画像をDICOMデータに変換し、同画像データをコニカ社製画像表示ソフトRS252DVDを使用して表示できるようにした。同画像表示ソフトをしようして、比較基準としたCRTモニタと既述の4種類の液晶モニタ上に画像を表示して読影実験をおこなった。

読影実験に参加した読影者は、放射線科医10名である。読影者には、読影実験の前に1)各胸部単純X線写真上には、結節が一カ所のみあるものとなないものがあること。2)結節のあるものとなないものの数の比はおおよそで1.5:1くらいの比率であること。3)結節は、良性のものとな悪性のものとな両方を含んでいること。等の情報を伝えた。

読影実験は、各モニタの種類ごとに既述の読影実験画像を連続して読影してもらい、モニタの種類が異なる2つの読影実験の間には、各読影者ごとに1ヶ月以上の間隔をあげた。各読影者ごとと各モニタの読影実験ごとに、画像を観察する順番はランダムに変え、また、各読影者ごとにモニタを観察する順番をランダムに変えた。各画像を観察した後、同画像中に結節があると思われる確信度（結節が確かにあると判定した場合は100%、結節が全くないと判定した場合は0%とする）を10cmの長さの連続確信度スケール上に記入してもらい、同確信度が0%でない場合は結節があると思われる所の場所をスケッチ上に記入してもらった。

読影実験において、読影時間に制限は設けなかった。読影実験時の画像表示は、画素値と表示輝度の対応関係以外の画像処理は行わずに実施し、読影実験の際にはコニカ社製画像表示ソフト RS252DVD の「階調処理」のみ使用可とした。

読影実験における読影精度の評価は ROC 解析法によって行い、読影精度の指標として ROC 曲線下面積を用いた。ROC 曲線は、C. E. Metz が「連続確信度法」として考案したアルゴリズムによる、最尤推定法を使用した両正規モデル ROC 曲線の推定を行うことによって求めた。ROC 曲線下面積を用いた 5 つの実験系における読影精度の比較は、D. D. Dorfman らが考案した、各画像ごとにジャックナイフ法を用い、各実験系の効果を母数因子、各読影者と各画像の効果を変量因子とする分散分析によって行った。

さらに、結節のある画像における読影者の結節のあるとする確信度について、モニタの種類を母数因子とし、その他の効果（各読影者と結節検出の難易度）を変量因子とする 2 元配置の分散分析も行った。

尚、統計的検定は、有意水準を 0.05 として実施した。

C. 研究結果

1. 医療用の最適液晶モードの検討

液晶分子には屈折率、誘電率、磁化率、導電率などの異方性や、弾性率、粘性率にも特異性があり、これらの性質の中で主として誘電率の異方性を利用して電界により液晶分子を再配列（転移）させ偏光を制御することが可能になる。液晶の偏光性や旋光性と液晶配列の違いによりディスプレイとしての特性にさまざまな違いを生じ、そのような液晶の動作を大別して「液晶（動作）モード」と呼んでいる。

液晶の主な動作モードには以下のような種類と特徴がある

① TN(Twisted Nematic)モード

安定で製造しやすい。左右に視野角が広い、その他の方向には階調反転が生じる。用途はセグメント表示、PC ディスプレイ

② STN(Super Twisted Nematic)モード

単純マトリックスにおいてコントラストが高い。階調は出しにくい。クロストークが多い。用途は小型で低コストのマトリックス表示。携帯電話など

③強誘電性液晶(Ferroelectric Liquid Crystal)モード

In-Plane で動作する単純マトリックス。高コントラストであるが中間調が出せない。まだ実用化されていない。

④複屈折(Electrically Controlled Birefringence)モード

高コントラスト・高速応答。ドライブ条件が複雑。まだ実用化されていない

⑤ゲスト・ホスト(Guest Host)モード

2 色の色が出せる。用途はセグメント表示、時計など。

⑥動的散乱(Dynamic Scattering)モード

低速応答。まだ実用化されていない。

⑦相転移(Phase Change)モード

まだ実用化されていない。

⑧熱光学モード、熱電気光学モード

まだ実用化されていない。

⑨ IPS(In-plane Switching)モード

高コントラスト・広視野角。用途は高品位 PC ディスプレイ、大型 TV。

⑩ VA(Vertically Aligned)モード

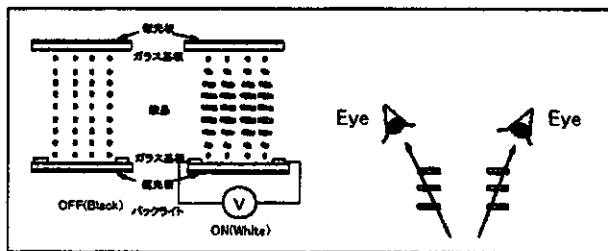
高コントラスト・広視野角。用途は高品位 PC ディスプレイ、大型 TV。

これらのモードの中で高精細ディスプレイとして今日広く実用化されているものは、①、②、⑨、⑩であり中でも視野角特性が優れていることで⑨、⑩が医用画像診断用として提案され量産されている。

イ) IPS(In-plane Switching)モード

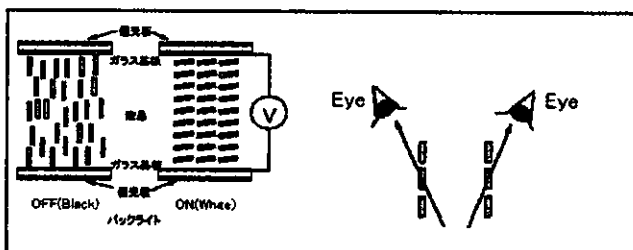
In-plane Switch モードの液晶は TN と違い、ガラス面に平行に液晶が回転動作する。その際に複屈折による偏光面の回転を利用して光をスイッチする。白や黒においても、あるいは中間調においても液晶がより等方的に見え階調がなめらか

に表現できる。それでも水平面での液晶軸の方向性から来る光学的な方向性が残るが、それは、1画素(または1 sub-pixel)を2つに分割し、それぞれの液晶部分の回転方向を逆にすることで打ち消しあう技術が用いられ Dual-Domain IPS モードとして実用化されている。現在、医療用に使用されるすべての IPS モード液晶ディスプレイは Dual-Domain を使用している。現時点では黒の黒さにおいて、コントラスト比 600:1 前後で、VA モード(1000:1 など)に一步譲るが、あとで述べる階調の等方性においては最も優れている。

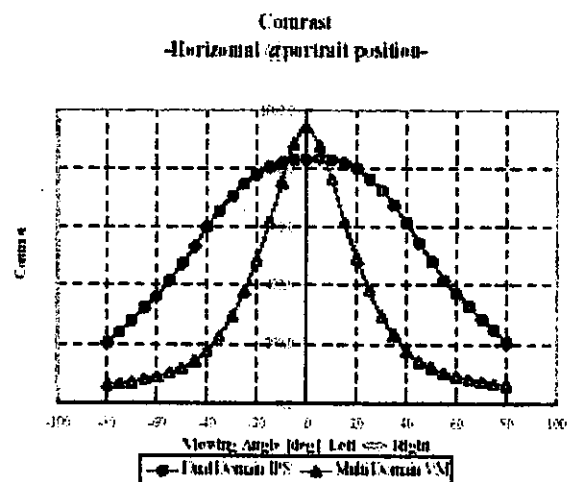
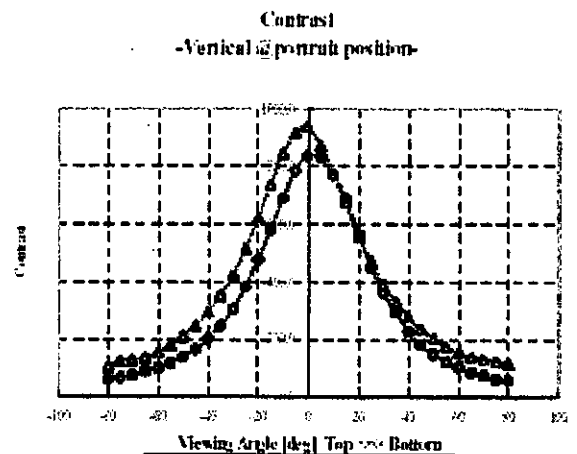


ロ) Vertically Aligned モード

Vertically Aligned モードは電界をかけない状態でガラス面に垂直に配向する液晶分子を使用し、液晶分子は電界によって図のように斜め方向に向く。電界をかけないときに黒になるように偏光板を配置すると、液晶は長軸に平行に光を受け波長の影響が最も少なくなり、またその等方性によってきれいな黒を作ることが出来る。中間調や白ではやはり TN のように等方的でない状態になるが、VA においても 1 画素をさらに分割してそれぞれに対称な電界をかけることで打ち消すことが出来る。Multi-domain VA と呼ばれる(メーカーによって ASV(Sharp)や PVA(Samsung)などの名称があるがいずれも VA モードを使用している)。現在では 1000:1 のコントラストを可能にする技術として注目されている。階調の等方性では IPS モードに一步譲る。



測定した Dual-Domain IPS と Multi-Domain VA のコントラストと階調特性を以下に示す。



コントラストの測定において、正面のコントラストでは Multi-Domain VA が優れ、左右に視野角を振った場合は Dual-Domain IPS が変化が少なく優れている。

2. 液晶モニタの画素数と鮮鋭度

今回の検討では画素数が多ければ多いほど MTF が良いというような画素数と MTF の明確な関係は認められなかった。

(水平方向)

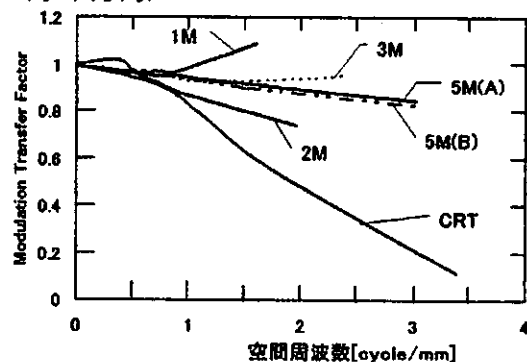
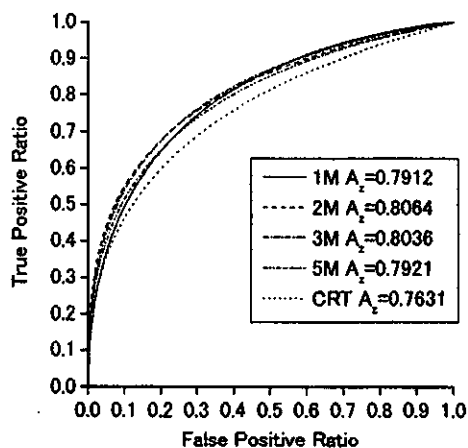
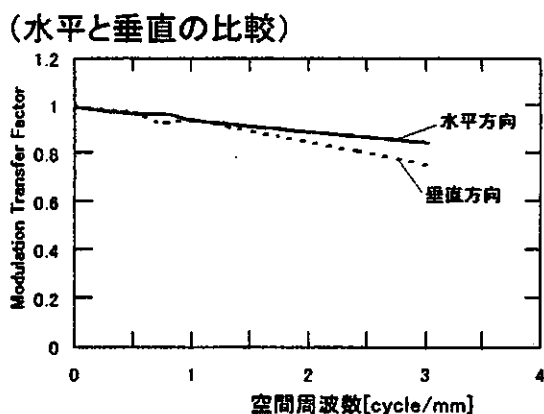
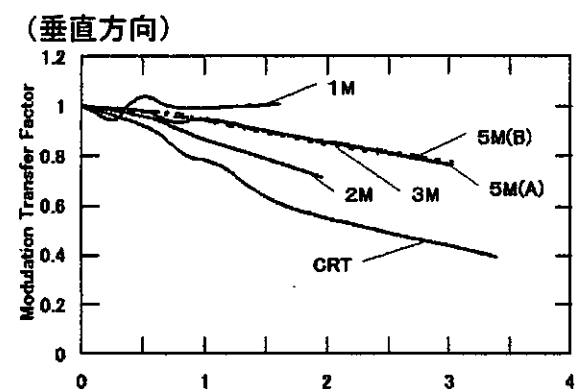


図1 モニタの種類ごとの「平均」のROC 曲線



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ない結果となったが、「1M」以外の液晶モニタにおける結節の検出能はCRTモニタと比較すると高い傾向が認められた。このことは、結節のある画像における読影者の結節のあるとする確信度について分析した結果においても同様であった。また、使用した画像間と読影者間では結節の検出能に有意な差が認められ、「標準デジタル画像データベース（胸部腫瘤陰影像）」における「異常陰影検出の難易度」が適切であることを裏付けるものとなった。結節のある画像における読影者の結節のあるとする確信度について、モニタの種類と結節検出の難易度ごとにおける平均値を図2に示す。

3. 液晶モニタ画素数別の画像診断能

現在、まだ、読影実験は実施中であるので、これまでに読影実験を終了しデータの収集の終了している読影者6名分のデータについて、これまでに実施した解析結果を述べる。モニタの種類による結節の検出能の差についての現在までの解析結果の分散分析表を表2に示す。

Source	Degrees of Freedom	Mean Square	F Ratio	Probability Value
T	4	0.4350	0.3567*	0.8364**
C	246	1.8541	3.9431	0.0000
R	5	4.3318	9.2123	0.0000
T×C	984	0.2378	1.0574	0.1030
T×R	20	1.2064	5.3638	0.0000
R×C	1230	0.4702	—	—
T×R×C	4920	0.2249	—	—

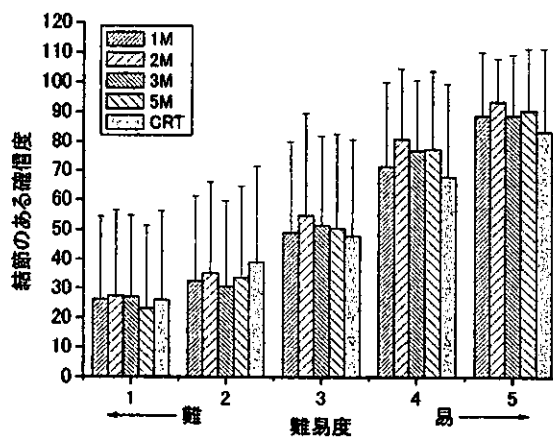
T = Monitor Types, R = Readers, C = Cases.

*Satterthwaite approximate F statistic.

**Probability corresponding to Satterthwaite approximate F statistic.

また、モニタの種類ごとの「平均」のROC 曲線について、図1に示す。

図2 結節のある画像における読影者の結節のあるとする確信度



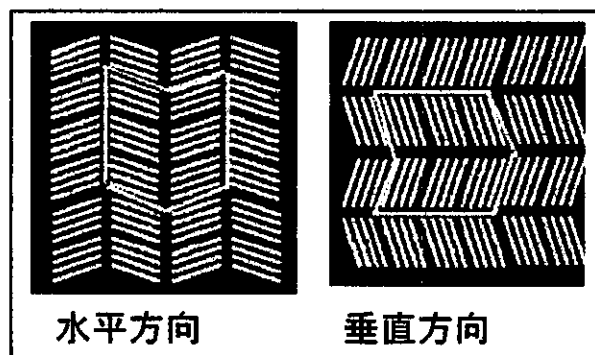
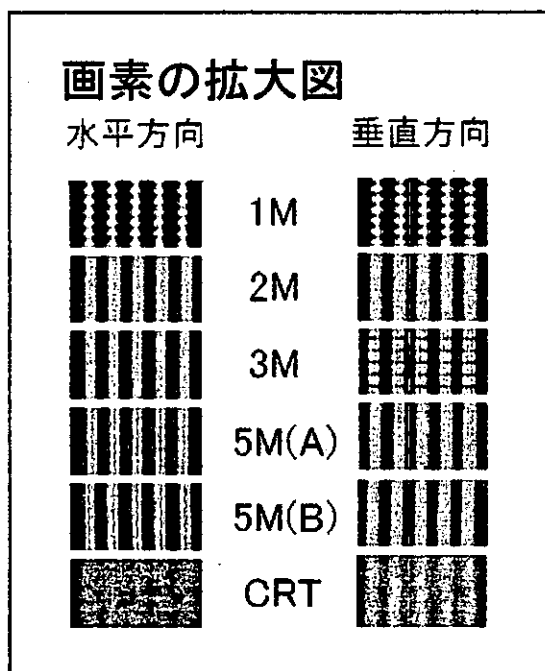
D. 考察

1. 医療用の最適液晶モードの検討

コンピュータ、医療・産業機器、また最近普及が著しいTVなどに求められるディスプレイの共通の性能として、スクリーンの輝度、コントラスト、などがある。X線画像診断においては、過去X線用銀塩フィルムを使用することで確立された分野であることと、現在も広く普及していることからフィルムと同等かそれ以上の能力が必要と考えられる。画像診断においてCRTなど電子ディスプレイをもとに発達した分野においても既存のディスプレイと同等以上の画質が求められることはもちろんである。ここで重要となるのは人の目で認識できる階調を完全に表現し重要な輝度情報が特定の階調に縮退されないこと。その階調が広い視野角にわたって一様で、正面以外からでも、たとえば複数人で、画像の確認が出来ることと考えられる。液晶ディスプレイは液晶分子の屈折を利用することから、視野角についてフィルムやCRTディスプレイにない特異性があり一般的に光の放射は等方的ではない。したがって輝度やコントラストが大幅に改善された現在も、視野角の改善は依然重要な課題となっており広視野角の液晶モードを選択することは診断用ディスプレイ設計の重要なポイントとなっている。ここ1年の間に複数の液晶メーカーから液晶ディスプレイモジュールの発表があったが、いずれも⑨IPSモードまたは⑩VAモードのモードを使用したものとなっているのは広視野角、高コントラストを実現しようとしているからにほかならない。

2. 液晶モニタの画素数と鮮鋭度

画素数が多ければ多いほどMTFが良いというような画素数とMTFの明確な関係は認められなかった。画素の形状、構成、液晶の種類による違いが大きく影響していると考ええる。特に、2MのMTFが他と比べて著しく低下していたのは、画素の方式と形状の違いによると考える。



また、水平方向のMTFが垂直方向のMTFより優れた理由としては、画素の形が四角形ではないことによって、水平方向では画素の縁がほぼ直線であるのに対し、垂直方向ではジグザグになっている。このジグザグによって垂直方向のバーの境界はぼけ、MTFの低下につながったのではないかと考える。

3. 液晶モニタ画素数別の画像診断能

現在までの解析結果からは、検討した各液晶モニタにおける肺結節の検出能については、CRTモニタと比較して同等以上であると推定され、比較的低解像度の液晶モニタを含めて、液晶モニタは淡い結節も含めて検出能については臨床に使用することに問題はないと予想される結果となった。これは液晶モニタのコントラスト分解能を主として検討した手法である。解像度はモニタ毎で異なるものの奥行きは8ビットといずれも変わ

らないので当然ともいえる結果である。液晶モニタの画素数別の鮮鋭度の検討を行うには、肺の間質影疾患を用いてのROCなどの客観的評価が必要である。

E. 結論

現在画像診断にふさわしい性能を実現するための液晶ディスプレイとしてモノクローム階調ディスプレイが製造されている。使用されている液晶モードは Dual-Domain IPS か Multi-domain VA となっている。いずれの液晶モードもコントラスト(黒レベルの黒さ)や視野角特性において更なる改善の余地があるが、現段階ですでにCRTを超えるコントラストと解像度をそなえ、またディスプレイシステムとしてフィルムにはなかった階調の可変性やズームなどの機能を実現する点で普及が加速的に広まっている。さらに近い将来カラー液晶ディスプレイで現在のモノクローム階調ディスプレイと同等の輝度、階調、コントラストが実現すれば、画像処理の結果をカラーで示したり、カラー写真と同一画面で比較したりするなどの応用が可能になるだろう。高精細への対応性と画像素子の寿命などを考えると、同時に開発の進んでいるプラズマディスプレイや有機LEDなどの新しいディスプレイ素子に比べても画像診断用ディスプレイとしての液晶の優位性は続くと考える。

一方、液晶モニタを医用画像診断に用いる場合、その診断能、すなわちモニタの画像数、解像度、コントラスト分解能が問題となる。MTFによる今回の検討では、アナログ画像のような解像度とMTFの関係が見られなかった。液晶モニタのモードによる画像表現の違いをさらに科学的に検討する必要がある。

画素数別のモニタによる胸部レントゲン写真の診断能については、肺結節という限られた標的、すなわちコントラストの差を見きわめるというテストでは差が見られなかった。解像度はモニタ毎で異なるものの濃度分解能は8ビットで、いずれも同じである。空間周波数の異なる

標的を対象としたROC解析が次年度では必要である。

また、実用機としての液晶モニタの評価としては、モニタの耐久性の検討が必要である。これも、次年度引き続き行う項目である。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1) 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

H. 知的財産の出願・登録状況

なし

別紙5 研究成果の刊行に関する一覧表

平成15年度は研究成果の刊行はない

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の 編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

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