

原著論文

医療画像表示のための携帯情報端末の
液晶モニタの物理特性の評価

杉浦 明弘¹⁾²⁾, 堀井 亜希子³⁾, 石川 陽子⁴⁾, 石川 晃則⁴⁾, 安田 成臣²⁾,
藤田 尚利⁵⁾, 渡辺 洋平³⁾, 吉田 貴博²⁾, 高田 宗樹⁶⁾

¹⁾名古屋市立大学大学院芸術工学研究科, ²⁾岐阜医療科学大学保健科学部, ³⁾名古屋大学大学院医学系研究科,
⁴⁾安城更生病院放射線技術科, ⁵⁾名古屋大学医学部附属病院医療技術部, ⁶⁾福井大学大学院工学研究科

Evaluation of Physical Properties for a Display of
Personal Digital Assistant for Viewing Medical Images

Akihiro SUGIURA¹⁾²⁾, Akiko HORII³⁾, Yoko ISHIKAWA⁴⁾, Akinori ISHIKAWA⁴⁾,
Naruomi YASUDA²⁾, Naotoshi FUJITA⁵⁾, Yohei WATANABE³⁾,
Takahiro YOSHIDA²⁾ and Hiroki TAKADA⁶⁾

²⁾ Graduate School of Design and Architecture, Nagoya City University
School of Health Sciences, Gifu University of Medical Science

³⁾ Graduate School of Medicine, Nagoya University

⁴⁾ Department of Radiology, Anjo Kosei Hospital

⁵⁾ Department of Radiological Technology, Nagoya University Hospital

⁶⁾ Graduate School of Engineering, University of Fukui

Abstract: General diagnostic imaging requires the use of a medical display because medical images have a wide dynamic range and a large number of pixels. On the other hand, owing to their high portability, personal digital assistants (PDAs) such as iPhone or iPod touch (Apple Inc.) are expected to be used in many fields such as emergency medical care or community healthcare. However, there are only a few reports on the physical properties of liquid crystal displays (LCDs) of these. In this study, we evaluate the physical properties of these by measuring their tone characteristics using luminance and their resolution characteristics using modulation transfer function (MTF). In addition, we examined the influence of LCDs protective filter on the physical properties. As results to measurements of physical properties, each display shows different tone characteristics. Moreover, these tone characteristics are also different from those for viewing medical images using the LCDs in the diagnostic imaging. For the resolution characteristics, both the iPhone and iPod touch show the similar MTF. In addition, in these characteristics, we confirm no influence of the LCDs protective filter. We consider that the LCDs of the PDAs will be available for displaying the medical images.

Keywords: iPhone, iPod touch, modulation transfer function (MTF), tone characteristics and liquid crystal displays (LCDs)

キーワード: iPhone, iPod touch, 変調伝達関数, 階調特性, 液晶モニタ

1. はじめに

近年, 病院情報システムを主とした病院施設のデジタル化が進められている. 放射線画像診断領域においても従来のアナログシステムから, CT(Computed Tomography)やFPD(Flat Panel Detector)等のデジタル X 線画像装置の導入が行われてきた. デジタル X 線装置から出力される画像は, 従来用いられてきた X 線フィルムなどのアナログ画像とは異なる

り, 画像処理が容易であり, また患者情報や検査情報が画像データに埋め込まれている. さらに, 従来のアナログ画像と同程度の画質を維持するために画素数が多いことや階調数が多い事も特徴である. よって, これらの特徴を有する医療画像を適切に表示させるために, 高輝度・高精細の液晶モニタ(以下: 医療用液晶モニタ)と専用の画像観察ソフトを用いて画像診断が行われている[1-2].

一方, 臨床施設で行われているような正式な画像診断ではなく, 例えば救急医療のように必要な画像を素早く観察したい場合や, ドクターカーやドクターヘリのように移動中に画像を簡易的に確認したい場合においては, 実際の画像診断で用いられる医療用液晶モニタは可搬性に劣るため, あまり実用

2010年8月24日受理.

的ではない。このような状況下においては、可搬性や通信機能の充実が重要であり、小型の電子機器で PC の機能をいくつか実装したような PDA(Personal Digital Assistant)や PDA の通信機能を充実させたスマートフォンなどのポータブルデバイスの有用性は高い。そのため遠隔医療の実例報告[3-4]のみならず、これらのデバイスを用いた遠隔医療システム構築に関する実例報告[5-6]が行われており、更なる発展が模索されている。

液晶モニタを用いて画像診断を行う際、モニタの種類や調整により画質が変化するため、モニタの物理特性を把握することは重要である。モニタの画質特性として、階調特性やノイズ特性、また解像特性等があり、医療用液晶モニタに関しては、多くの研究報告が行われてきた[7-8]。さらに医療用液晶モニタの場合には DICOM(Digital Image and Communication in Medicine)規格及び JESRA(Japanese Engineering Standards of Radiological Apparatus)によってモニタの画像品質の管理を必要とする指針が示されている[9-10]。しかしその一方で、ポータブルデバイスに搭載されている液晶モニタの物理特性についてはほとんど議論されておらず、これらの客観的な特性については不明瞭である。そこで本研究では、ポータブルデバイスに搭載されている液晶モニタについて、画像品質に関わる物理特性のうち階調特性及び解像特性の評価を行い、ポータブルデバイスにおける医療画像表示のための基礎的検討を行う。さらに、これらのポータブルデバイスは液晶保護フィルタを貼って使用することが多い。そこで、液晶保護フィルタが画質に与える影響についても合わせて評価を行った。

2. 対象及び方法

本研究では、iPhone(3G)及び iPod touch(第3世代)(Apple社製)搭載の液晶モニタを測定対象とした。測定を行う上で、外光の影響を抑えるために 10 lx 以下の暗室にて測定を行った。iPhone 及び iPod touch の輝度設定については、自動調節は使用せず最大輝度設定の 70%に設定し、階調特性及び解像特性の測定を行った。また液晶保護フィルタの影響には、光沢表面処理のみが施された保護フィルム(リックス社製)を用いた。

2.1 階調特性

階調特性の測定には JIRA(日本画像医療システム工業会)提供のコントラスト応答測定用画像セット(TG18-LN)を参考に、iPhone 及び iPod touch のピクセルサイズ(480×320)にリサイズした画像 18 枚を用いた。この画像セットは Fig. 1 に示すようなピクセル値 0 から 255 までの間を等間隔に変化させた画像セットである。それぞれの画像ごとに、輝度計(コニカ社製 LS-100)を用いて Fig. 2 に示すような配置にて中心輝度を 3 度測定し、その平均輝度の変化によって階調特性の評価を行った。

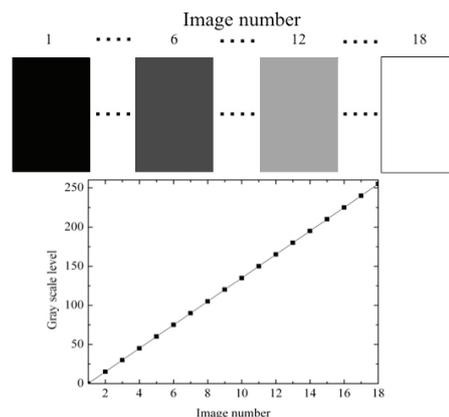


Fig. 1 階調特性測定用画像セット

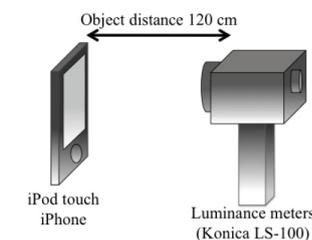


Fig. 2 階調特性測定配置

2.2 解像特性

液晶モニタの解像特性として MTF(Modulation Transfer Function)の測定を行った。MTF の測定にはバーパターンと一眼レフレックスデジタルカメラ(以下:一眼レフカメラ)を用いる方法にて行った[11]。本手法は複数周期を有する矩形波バーパターン画像を液晶モニタに表示させ、高解像度一眼レフカメラを用いてバーパターン像を撮影し、各空間周波数ごとの波の成分からフーリエ変換により正弦波の基本成分の振幅値を求める。さらに、元の理想的な矩形波からも同様にフーリエ変換により正弦波の基本成分の振幅値を取得し、両者の振幅値の比を持って MTF を算出する方法である。

2.2.1 画像の取得

Fig. 3 に解像特性の測定配置を示す。一眼レフカメラに対して正確に水平になるように iPhone 及び iPod touch を設置した。次に、これらの液晶モニタと同サイズの画像(中央にバーパターンを有する画像)を表示させ、すなわち画像の 1 画素が液晶モニタの 1 画素に対応して表示されている状態とし、液晶モニタのナイキストの定理を満たす十分なサンプリングピッチを有する一眼レフカメラ(Nikon 社製 D80)に接写レンズ(Nikon 社製 Micro-Nikkor 60mm)を装着して、カメラのシャッタースピードを 1/6 秒、絞り値 18 にて撮影を行った。

液晶モニタの構造は垂直方向と水平方向で異なるため[12]、解像特性にもこの影響が表れる可能性がある。そこで各方向ごとに解像特性を評価するため、Fig. 4 に示すバーパターンを水平に配置した画像(a:水平方向)と垂直に配置した画像(b:垂直方向)の 2 つの RAW 画像を取得し、解析対象とした。

2.2.2 解析

取得したバーパターンは 5 つのセグメントから構成されている。各セグメントは 1,2,3,4,6 ピクセル幅のバーパターンがそれぞれ 5 周期にて構成されている。バーパターンの上部と下部にはバーパターンレベルのピクセル値を有する部分とバックグラウンドレベルのピクセル値を有する部分より構成され、それぞれのピクセル値は最大値の 75%と 25%である。バーパターンの最高空間周波数については液晶モニタのピクセルピッチによって決定される。本研究では iPhone 及び iPod touch 共に Apple 社から公表されているピクセルピッチ 163 pixels/inch から算出し、最高空間周波数は約 3.2 cycle/mm となった。各セグメントと空間周波数の関係を Table 1 にまとめる。

Table 1 各セグメントと空間周波数の関係

Segment number	Spatial frequency [cycle/mm]
1	3.21
2	1.60
3	1.07
4	0.80
6	0.53

取得した画像は医用画像管理システム(エスエス技研社製 NS-2002)を用いて Fig. 5 に示す手順にて MTF の算出を行った。手順については、初めに撮影された画像データからセグメントごとに波形データを取得する。次にアップサンプリングによる波形再生法により波形データを内挿し、正確な位相位置を復元する。その後、位相位置が正確に再現された波形データから整数周期分の波形を取得し、その波形にフーリエ変換を施した上で、波形の基本波(第一高調波)の振幅値 Mn (n :セグメント番号)を取得した。一方、理想的なバーパターンの波形はバーパターン上部の領域と下部のバックグラウンド領域の輝度値の平均値を用いて、各ピクセル幅の矩形波を整形後、フーリエ変換によって基本波の振幅値 Sn を取得し、 Mn 及び Sn の両者の比を持って $MTFn$ を取得した。

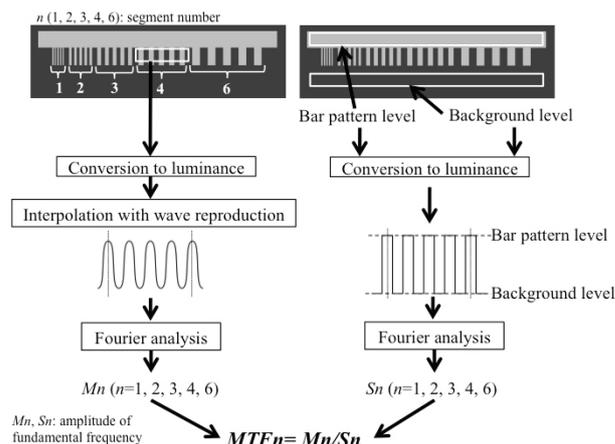


Fig. 5 バーパターンを用いた MTF 測定法の概要

3. 結果

3.1 階調特性

iPhone 及び iPod touch の輝度を最大設定の 70%に設定し輝度の測定を行った。iPhone の最小輝度及び最大輝度の平均値は、1.04 cd/m², 254 cd/m²であった。一方、iPod touch では 2.23 cd/m², 314 cd/m²であり医療用カラー液晶モニタと同等の最大輝度を呈していた。次に階調特性を評価するために、18 枚目の画像、すなわちピクセル値 255 の画像を表示させたときの平均輝度値を基準とし、相対的輝度値によって各画像を表した結果を Fig. 6 に示す。また、臨床施設で実際に読影などの画像観察に用いられている階調関数、DICOM-GSDF(DICOM-Grayscale Standard Display Function: DICOM グレースケール標準関数)に従い算出した相対的輝度値の変化も合わせて示す。グラフの縦軸は相対的輝度値を示し、また横軸は画像のピクセル値の最大値に対する割合を DDL(Digital Driving Level)として表している。iPhone 及び iPod touch を比較すると、低ピクセル値の画像を表示させた場合には両者に大きな階調の違いは認められなかった。しかし、高ピクセル値の画像を表示させた場合、iPod touch に比べ iPhone の方が大きな変化を示していた。次に各デバイスの階調と DICOM-GSDF を比較すると、特に中から高ピクセル値の部分において両者の階調特性は大きく異なっていた。

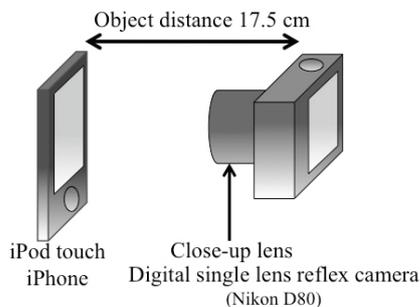


Fig. 3 解像度特性測定の設定

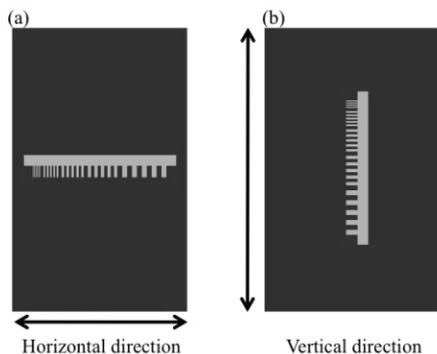


Fig. 4 液晶の方向とバーパターンの概要図

(a): 水平方向 (b): 垂直方向

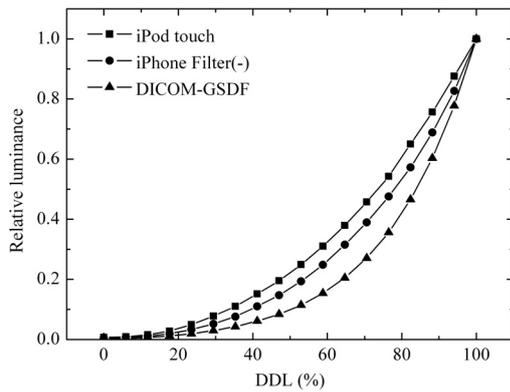


Fig. 6 相対的輝度値を用いた階調特性

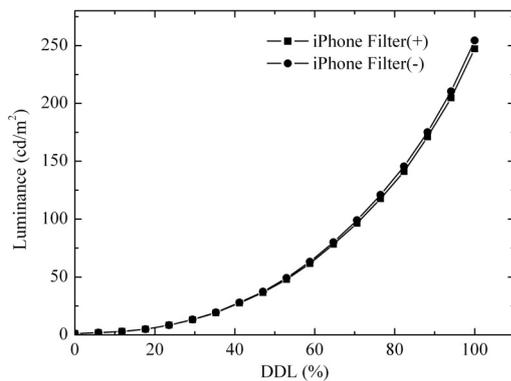


Fig. 7 階調特性における液晶保護フィルタの影響

次に iPhone での階調特性における液晶保護フィルタの影響を Fig. 7 に示す. 液晶保護フィルタありの場合, フィルタなしの場合に比べ, 若干ではあるが輝度の低下が認められた. しかし両者の階調特性の間にほとんど変化は見られなかった.

3.2 解像特性

iPhone と iPod touch の解像特性を比較するために Fig. 8(a) に水平方向の MTF を示す. iPhone 及び iPod touch の両方で, 空間周波数が高くなるにつれ MTF 値の低下が確認された. 特に 3.21 cycle/mm(最高空間周波数)では, どちらのデバイスについても MTF 値は 0.5 以下となり十分な画像の再現性は示されていない. また両者の MTF に大きな違いは認められなかった. Fig. 8(b)には垂直方向の MTF の結果を示す. 水平方向と同様の結果を示し, 両者の間に大きな違いは認められなかった.

次に液晶モニタの各方向の解像特性を比較するため, Fig. 9(a)に iPod touch の水平方向及び垂直方向の MTF の結果を示す. 高空間周波数領域では水平方向に比べ垂直方向の方が良好な結果を示した. 次に Fig. 9(b)に iPhone の結果を示す. こちらの結果も同様に, 水平方向に比べ垂直方向の MTF の方が高空間周波数領域で良好な結果を示した.

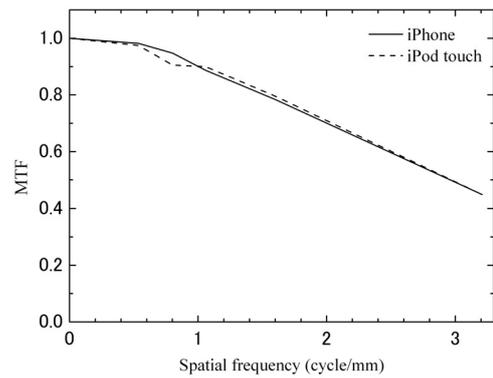


Fig. 8(a) 水平方向の MTF

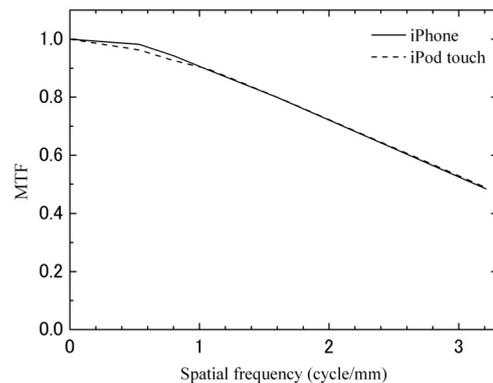


Fig. 8(b) 垂直方向の MTF

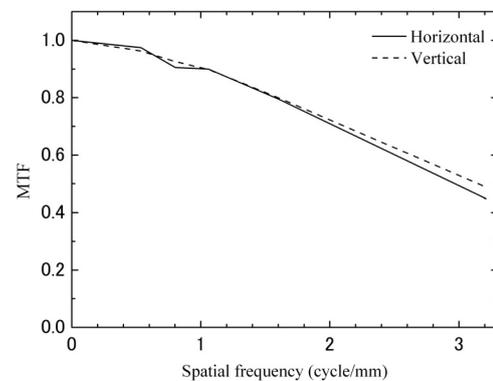


Fig. 9(a) iPod touch の各方向の MTF

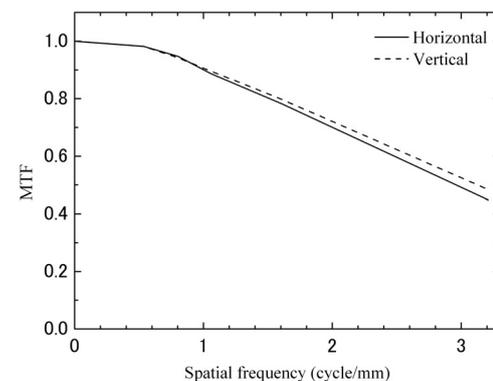


Fig. 9(b) iPhone の各方向の MTF

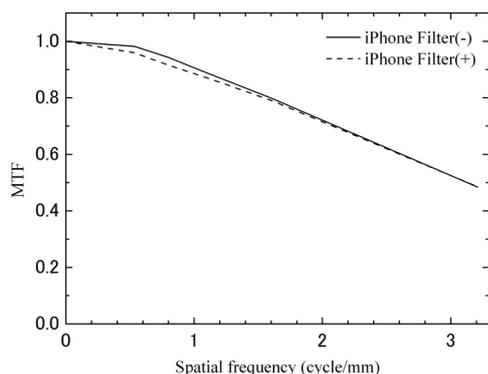


Fig. 10(a) 液晶保護フィルタの MTF への影響(垂直方向)

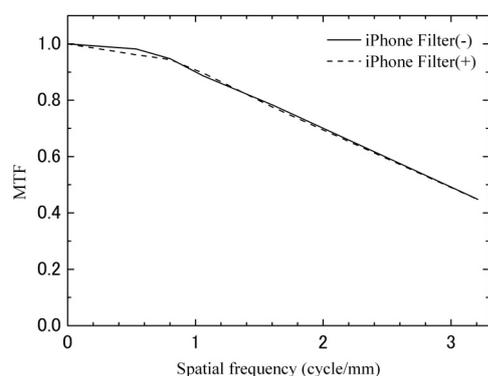


Fig. 10(b) 液晶保護フィルタの MTF への影響(水平方向)

最後に, Fig. 10 に iPhone の解像特性における液晶保護フィルタの影響を示す. 水平方向及び垂直方向において, 両者とも液晶保護フィルタの影響は認められなかった.

4. 考察

4.1 階調特性

階調特性を評価するためにピクセル値の異なる 18 枚の画像と輝度計を用いて測定を行った. 画像のピクセル値は直線的に変化しているものを使用したが, 実際に輝度値を測定すると累乗関数的変化が確認された(Fig. 6). そこでそれぞれの変化を累乗関数($y=x^\gamma$: y :出力, x :入力, γ :コントラスト)で近似したところ iPhone では $\gamma=2.5$, iPod touch では $\gamma=2.2$ の近似関数が, 測定結果と最もよく一致していた. よって, 今回測定した iPhone と iPod touch は異なる階調特性を有しているものと考えられる. さらに, DICOM-GSDF とこれらのデバイスの階調特性を比較すると, 両者の階調特性は大きく異なっていた(Fig. 6). 臨床施設においてモニタを用いて画像診断を行う場合, DICOM-GSDF を用いて観察するのが一般的である. この階調関数は, 人間工学的見地に基づいて設計されており, 人の眼が暗部では感受性が高く, 逆に明部では感受性が低いという特性を考慮し, 階調認知が直線的に保たれるように設計されている. この階調関数を用いて画像を観察する場合, 一般的な階調特性の場合と比べ, Fig. 6 に示した通り, 相対的に輝度

の低い画像として観察される. しかし iPhone 及び iPod touch では, システム上の基本設定において階調特性の設定を変更することができない. そのため臨床施設で観察する場合は異なる階調特性によって画像の観察を強いられる. 故に, iPhone 及び iPod touch で医療画像を観察する場合, 臨床施設との画像観察設定の一貫性が最も重要な問題であると考えられる. 一方, 医療画像のうち病変部のコントラストが明確な画像や, 原画像から再構成された 3D 画像, またカラーマッピングが施された画像を観察する場合は, 現状の状態で使用しても問題ないと考えられる. よってモニタの階調特性を考慮し, 表示させる画像を限定することにより, 十分実用に耐えるものであると考えられる.

次に液晶保護フィルタの階調特性に及ぼす影響を調べた(Fig. 7). その結果, ピクセル値の高い画像ほど, 輝度の低下は明確に起こり, 最大 7.2 cd/m^2 の低下が認められた. しかし, その低下率は全ての画像において 3%以下であったため, 画像の観察においては, ほとんど影響がないものと考えられる. 今回用いた液晶保護フィルタは液晶面の保護が目的であるため, フィルタの層が薄く, 透明度が高いものである. iPhone のようなモバイルデバイスは様々な環境下で使用され, その際液晶保護フィルタを装着して使用することが多いと考えられる. その場合, 透明度が高いフィルタである, すなわち覗き見防止などの層に着色処理が施されていないフィルタを用いれば, 医療画像観察に影響を及ぼさないといえる.

4.2 解像特性

液晶モニタの解像特性を測定するために, 液晶モニタの各方向ごとにバーパターン画像を表示させ, モニタの MTF を測定した. その結果, iPhone と iPod touch で各方向共にほぼ同等の解像特性を有することが確認された(Fig. 8). 次にバーパターンを表示したときのディスプレイの様子を確認するために, iPhone のディスプレイの様子について Fig. 11(a)に水平方向, Fig. 11(b)に垂直方向の様子を示す. また iPod touch の様子は同様に Fig. 11(c)に水平方向を示し, Fig. 11(d)に垂直方向の様子を示す. すべての画像で左側より 1 ピクセル幅のバーパターンが 5 周期分あり, 続いて 2,3,4 とバーパターンの幅が広がっていることが確認できる. しかし, これらの画像から正確にバーパターンが表示されていない様子や, 輝度がまばらな様子も確認することができる. その様子は iPhone 及び iPod touch で大きな違いは確認されない. さらにこれらの液晶パネルは, Fig. 11 から分かるように, ディスプレイの垂直方向に 1 画素あたり平行に同サイズの 3 つのサブピクセルを持つ液晶パネルである. これらのことから, iPhone と iPod touch で同じ構造の液晶パネルが使用されていることが確認できる. よって階調特性は異なるものの, 解像特性については同一の液晶パネルであるため, 同じ傾向を示したと考えられる.

次に各デバイスごとに水平方向と垂直方向の MTF を比較した(Fig. 9). どちらのデバイスについても垂直方向の MTF が高空間周波数領域において高値を示していた. これはサブピクセルの輝度制御に起因するものと考えられる. Fig. 11(a)と Fig. 11(b)を比較すると, どちらも適切に矩形波が表示されておらず, ピクセル制御が適切に行われていないことが分かる. 特に水平方向のバーパターンを表示させた場合では顕著に表れており, 測定対象のバーパターン画像はグレースケール画像であるにも関わらず, サブピクセルの発光量が一定でなかったり, ゲートラインに光りが漏れ出していることが確認できる. 故に, 水平方向の MTF の低下は, サブピクセルの形状とその制御に起因するといえる.

最後に液晶保護フィルタの解像特性への影響を調べた(Fig. 10). その結果, 水平方向及び垂直方向に MTF 値の変化は認められなかった. よって階調特性と同様に, 解像特性においてもほとんど影響がないといえる.

医療画像を表示する場合において, 高空間周波数領域の解像特性は微小な構造物を表示させる場合に特に重要になる. これらのデバイスの液晶モニタはディスプレイサイズも限定されており, 一般的な医療用モニタに比べ微小領域の描出能は劣るものと考えられる. しかしこの結果はシステム固有の特性であり, その点を考慮し専用のアプリケーションによって拡大表示等のソフトウェア側での工夫もしくは, 病変部が比較的広範囲な医療画像などに使用を限定することで, 医療画像表示に対応できるものとする.

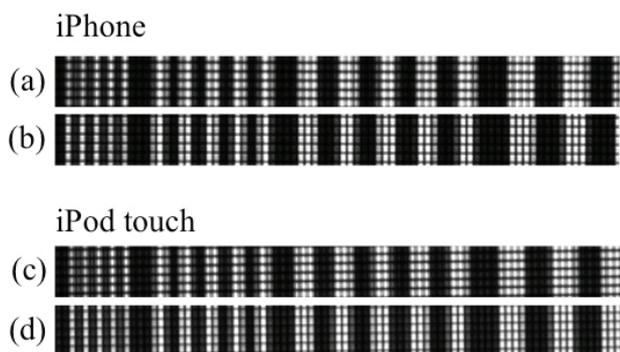


Fig. 11 バーパターン表示時の液晶ディスプレイの様子
(a),(c):水平方向 (b),(d):垂直方向

5. まとめ

本研究では, iPhone 及び iPod touch を用いて医療画像を表示するための基礎的検討として, 液晶モニタの階調特性と解像特性を評価した. その結果, 用途を限定することにより, 実用的な画像観察デバイスであることが確認された. さらに画像観察において, これらのデバイスが有する短所はシステム固有のものであり, 画像観察専用ソフトウェアの開発等により, これらの短所を補うことが十分可能であると考えられる. よって,

今後これらのデバイスの医療応用が期待される.

参考文献

- [1] 石垣: 液晶モニタによる画像診断のメリットと課題(総特集 今、放射線診療が抱える問題と展望), 月刊新医療, vol. 35 (4), pp.82-84 (2008).
- [2] 稲岳: 医用画像用液晶モニタに求められる特性と今後の展開, 映像情報 medical, vol. 35 (14), pp.1238-1243 (2003).
- [3] 米澤, 立石, 高橋, 他: 病院と地域診療所との画像連携および専門医による遠隔読影を可能にする3次元画像統合ネットワークシステムの構築, 日本遠隔医療学会雑誌, vol. 3 (2), pp.282-284 (2007).
- [4] 村山, 渡辺: 遠隔医療の報告 -山間地中核病院に対する遠隔画像診断支援サービス-, 日本遠隔医療学会雑誌, vol. 4 (2), pp.351-352 (2008).
- [5] 中田, 服部, 鈴木, 他: 無線 LAN を用いた救急室のためのモバイルネットワークシステムの開発, コンピューター外科学会誌, vol. 5 (3), pp.261-262 (2003).
- [6] 南部, 田村, 他: 携帯電話を用いた医用画像のリアルタイム転送-アニメーション GIF による動画転送の試み-, 電子情報通信学会技術研究 MI, vol. 105 (579), pp.113-116 (2006).
- [7] Horii, A., Chihara, A., Ichikawa, K., et al.: Measurement of modulation transfer functions for liquid crystal displays by rectangular waveform analysis, Jpn. J. Radiol. Technol., vol. 61(12), pp. 1651-1655 (2005).
- [8] Saunders, R.S. Jr. and Samei, E.: Resolution and noise measurements of five CRT and LCD medical displays, Med. Phys., vol. 33(2), pp. 308-319 (2006).
- [9] 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*A⁻²⁰¹⁰, 社団法人日本画像医療システム工業会.
- [10] DICOM Part14 Grayscale standard display function.
- [11] 市川, 藤田: バーパターンを用いた医用画像ビューアの MTF 測定法, 日本写真学会誌, vol. 67(2), pp.184-190 (2004).
- [12] 西久保: 図解入門 よくわかる最新ディスプレイ技術の基本と仕組み, pp. 33-44, 秀和システム (2007).

著者紹介



杉浦 明弘 (正員)

名古屋市立大学大学院芸術工学研究科博士後期課程, 修士(医療技術学). 診療放射線技師. 2007年岐阜医療科学大学放射線技術学科助手(現

在). 液晶ディスプレイの特性に関する研究, 放射線画像の非線形解析に関する研究, 無規則性の定量評価に関する研究等に従事. 日本放射線技術学会, 電子情報通信学会, 日本医療情報学会会員.



堀井 亜希子 (非会員)

名古屋大学大学院医学系研究科博士後期課程, 修士(医療技術学). 診療放射線技師. 2009 年岐阜医療科学大学放射線技術学科助教(現在に至る). 液晶ディスプレイの特性に関する研究, 縮小画像の評価に関する研究に従事. 日本放射線技術学会, 日本放射線技師会, 日本超音波検査学会.



石川 陽子 (非会員)

名古屋大学大学院医学系研究科博士前期課程修了, 修士(医療技術学). 診療放射線技師. ウェーブレット変換を用いた CT 画像のノイズ低減に関する研究, 液晶ディスプレイの物理特性に関する研究に従事. 日本放射線技術学会会員.



石川 晃則 (非会員)

藤田保健衛生大学衛生学部診療放射線技術学科卒業. 診療放射線技師. 液晶ディスプレイの物理特性に関する研究に従事. 日本放射線技術学会会員.



安田 成臣 (非会員)

2007 年, 名古屋大学大学院医学系研究科博士後期課程修了, 博士(医療技術学). 名古屋大学大学院医学系研究科リサーチ・アシスタント, 弘前大学大学院保健学研究科助教を経て, 2008 年 岐阜医療科学大学保健科学部講師(現在に至る). 医用画像処理などの研究に従事. 日本放射線技術学会, 医用画像情報学会, 日本医学物理学会会員.



藤田 尚利 (非会員)

2009 年, 名古屋大学大学院医学系研究科博士前期課程修了, 修士(医療技術学). 同年より名古屋大学医学部附属病院医療技術部, 診療放射線技師. X 線 CT, デジタルマンモグラフィ, 医療用液晶ディスプレイの物理的画質評価, および, 核医学画像処理の研究に従事. 日本放射線技術学会, 日本乳癌検診学会会員.



渡辺 洋平 (非会員)

2009 年, 名古屋大学大学院医学系研究科博士前期課程修了, 修士(医療技術学). 診療放射線技師. 脳外科における画像誘導手術の精度の検討, レジストレーション法の開発, 精度評価ソフトウェアの開発に関する研究等に従事.



吉田 貴博 (非会員)

2003 年, 岐阜大学大学院工学研究科博士課程修了, 博士(工学). 2000 年, 岐阜医療技術短期大学診療放射線技術学科助手. 2006 年, 岐阜医療科学大学放射線技術学科講師(現在). 近接場光学 CAD に関する研究に従事. 電子情報通信学会, 日本放射線技術学会会員.



高田 宗樹 (正員)

2002 年, 名古屋大学大学院多元数理科学研究科博士課程満期退学. 名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻産学官連携研究員, 岐阜医療科学大学保健科学部准教授等を経て 2010 年, 福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻准教授. 理学博士. 2002 年形の科学会奨励賞受賞. 生体信号等の非線形解析に従事. Forma 誌 編集幹事. 日本物理学会, 日本衛生学会, IEEE 会員.