

医用高性能LCDディスプレイ

阿部 正敏・福島 清道

要 旨

液晶パネルの高性能化によって、高輝度表示が要求されるX線画像や、カラー表示が要求されるCT・MRなど、様々な医用分野で液晶ディスプレイが使用されるようになってきました。

そのような中、視野角特性を重要視した液晶パネルを用い、長期間性能を維持するためにフロントカラーセンサーを採用しました。

また、正確な医用画像表示を実現するために外光補正機能を採用し、更に使いやすさを追求したスタンドアローン機能やネットワーク機能を持った医用画像表示液晶ディスプレイを開発しました。

キーワード

●温度均一化 ●視野角 ●外光補正 ●DICOM ●フロントカラーセンサー
●スタンドアローンキャリブレーション ●ネットワーク機能

1. はじめに

医療現場におけるフィルムレス化が急速に進み、医用画像表示装置として液晶ディスプレイが使われるようになってきました。

正確な診断をサポートするため、医療現場に用いられるディスプレイには一般的な用途のディスプレイに比べ、次のような要求項目があります。

- 1) 高輝度・高コントラスト、長寿命
- 2) 正確な画像表示
- 3) 画質の安定性（不変性）

本稿では、今回開発した、解像度がQXGA相当の3MピクセルのカラーモデルMD213MCと、UXGA相当の2MピクセルのカラーモデルMD212MCの医用液晶ディスプレイにおいて、上記の要求を満たすために採用した技術を紹介します。

2. 高輝度・高コントラスト、長寿命

医用画像表示用ディスプレイには、一般的に 400cd/m^2 程度の高輝度を長時間保つことが求められます。

高輝度化については、液晶パネルの透過率の改善とランプ本数を増やすなどで実現しました。その結果、ディスプレイ内部の発熱量が増加したことで、ランプの発光効率が低下します。そのため、ファンを使用するなど、冷却構造を持つことが不可欠となります。

一般的には、軸流ファンを用いて外部の冷気を直接液晶パ

ネルのバックライト背面に当てて冷却する方法が用いられます。この場合、ファン付近が局所的に冷やされ、液晶パネル温度の均一性が悪化し、輝度ムラが発生する要因となります。図1に、このときの輝度ムラの例を示します。

また別の方法として、熱せられた内気を外部へ強制的に排気する構造もありますが、いずれの場合も、ファンを外気に触れやすい場所に設置する必要があり、動作音・風切り音が聞こえやすくなります。

そこで本製品では、液晶パネルを直接冷やさずに内部の対流を促進して、冷却と温度の均一性を向上させる方法をとりました。図2に本製品の内部構造を示します。内気を取り込んで熱がたまる上部へと排気し、筐体内部の対流を促進させるために、水平方向から吸気する遠心ファンを深部に設けま

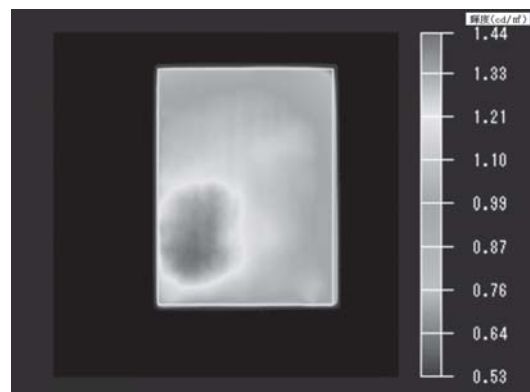


図1 局所的な冷却による輝度ムラの例

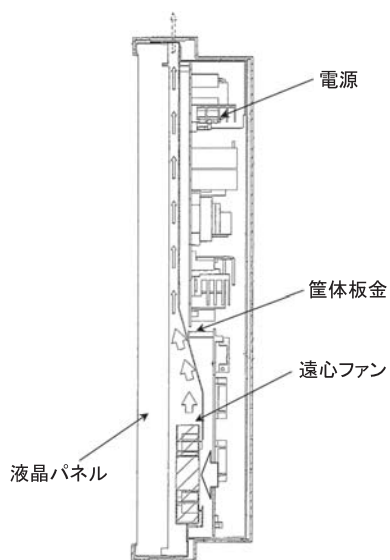


図2 筐体構造と遠心ファン

した。また、熱がたまりやすい上部の空間を狭くすることにより流速を上げ、一層の温度均一化を実現しています。更に、ファンを筐体深部に入れることで、低騒音となります。

長寿命を実現する上での課題は、経時的なランプの発光効率の低下です。これにより、輝度を一定に維持するためにランプ電流を増やす必要があり、温度が上がり寿命が低下する要因となります。ランプには発光効率の良い温度範囲があるため、本製品は筐体内部に温度センサーを設け、内部の温度に応じてファンの回転数を制御することで発光効率の低下を

防いでいます。この機能により、長期にわたる安定した画像品質を維持しています。

3. 正確な画像表示

医用画像表示用ディスプレイで要求される画像表示とは、表示のムラの少なさ、階調特性の正確さです。

これを実現するために、既存のNECディスプレイソリューションズの技術である、ムラ補正機能や12ビットガンマ補正機能に加え、次項から説明する技術を開発しました。

3.1 広視野角パネル

医者と患者が違う角度から画像を見る場合など、それぞれから見える色や階調特性の変化を小さくするため、広い視野角特性が求められます。

MD212MCでは視野角特性の優れたIPS（In-Plane Switching）技術を使用した液晶パネルの採用に加え、光学シートの最適化などにより、更なる視野角特性の向上を実現しました。図3は視野角による白輝度の低下特性を示しています。従来は正面輝度を重視し、点線に示すような視野角特性とするのが一般的でした。今回、実線に示すように視野角特性を重視したパネルを開発しました（開発協力：NEC液晶テクノロジー）。

また、アンチグレア処理の微細化や低反射処理を施すこと

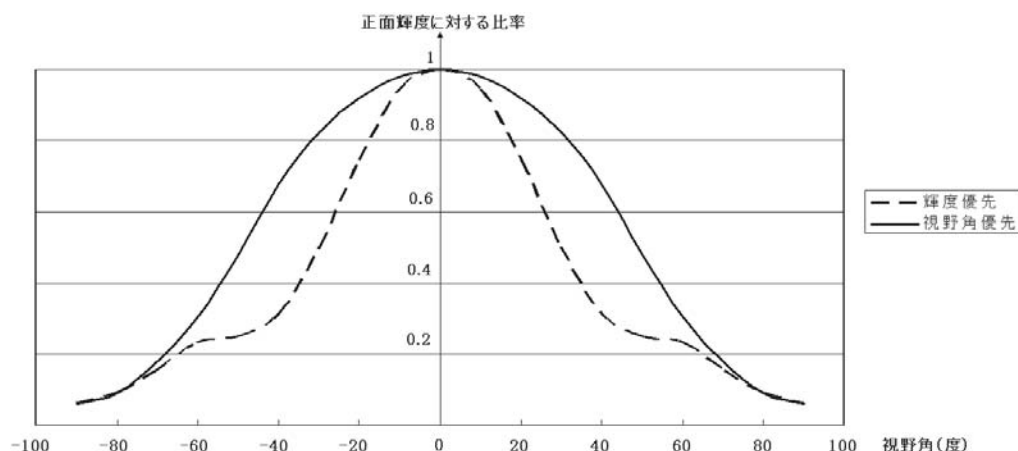


図3 視野角による白輝度の低下率

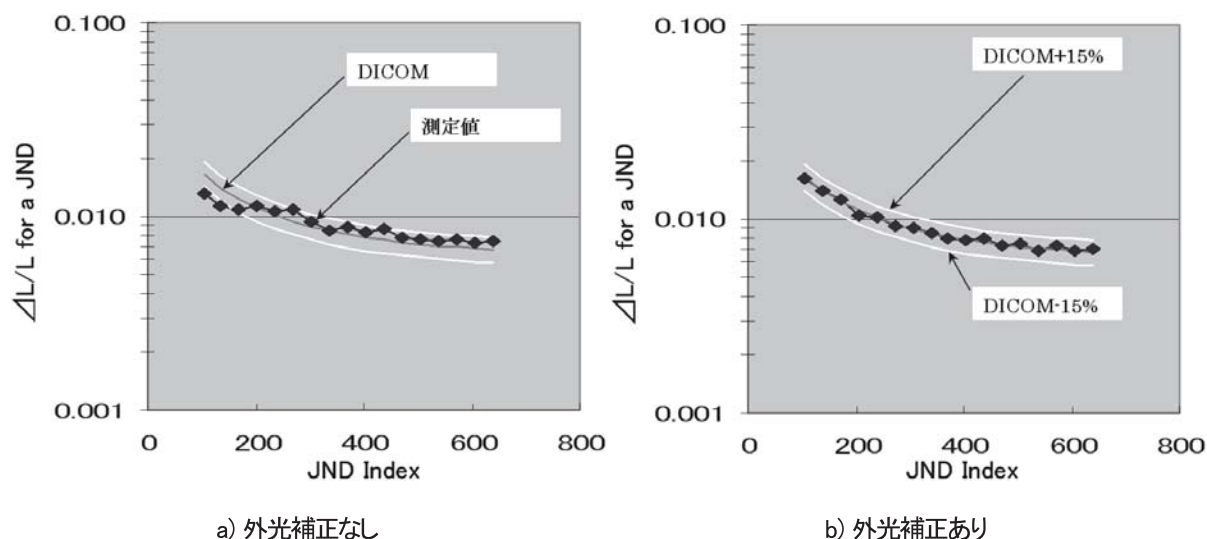


図4 DICOM適合試験のコントラスト応答

で、蛍光灯の映り込みを最小限に抑えつつ、フォーカス特性の劣化や乱反射によるざらつき感も抑え、切れのよい画像と引き締まった黒を実現しています。

3.2 外光補正

医用画像での診断を行うに当たり、階調の正確さは最も重要視される画像特性です。

明るい診察室で使用される場合には、環境光の影響を考慮する必要があります。それは、環境光が液晶パネル表面に反射して、表示している輝度よりも明るく見えることで階調性の正確さに影響を与えるからです。

医用画像表示用ディスプレイに要求される階調特性は、DICOM規格で規定されるグレースケール標準表示関数（GSDF）¹⁾に合致した階調特性（以降DICOMガンマ特性と呼ぶ）であり、どの階調間でも輝度差として認識できるように決められています。DICOMガンマ特性は、輝度の絶対値により規定されています。表示装置が表現できる最小輝度と最大輝度によって、DICOMガンマ特性カーブのどの部分を参照するかが決定されます。表示面に環境光が反射した場合は、反射光により最小輝度と最大輝度が変わります。それにより、DICOMガンマ特性カーブの参照するべき部分が変わるた

め、表示装置が使用するガンマLUT（Look Up Table）を書き換える必要があります。

本機種は外光センサーを設け、環境光の影響を低減する外光補正機能を実現しています。図4は、450luxの環境下でのDICOM適合試験を実施した時のコントラスト応答のグラフです。横軸は人が輝度差を識別できる最小単位であるJNDインデックスであり、縦軸は各JNDインデックス当たりのコントラスト閾値¹⁾です。外光の影響があると図4a)のようにJESRA²⁾で規定される評価試験の要求を満たせない場合があります。補正を行うと図4b)のように改善することができます。

4. 画質の安定性

医用画像表示装置では、高い精度の画像表示を長時間維持する必要があります。しかし、現在の液晶パネルでは、使用時間により徐々に白色点がずれ、またバックライトの発光効率も低下していきます。

また、安定した画像品質で表示するために、定期的な画像品質管理を行う必要があります。この作業は、ディスプレイを多数設置している場合、膨大な時間を必要とします。

4.1 フロントカラーセンサー

バックライトの発光効率が低下しても一定の輝度を保ち、安定した表示を維持するために、本製品はカラーセンサーを表示面側に設けることで、カラーフィルタの特性を含めた測定を可能としました。これによって、輝度だけでなく白色点の変化も検出し、輝度と白色点を維持するように、フィードバック処理を行うことで、画像表示の不変性を保つことができます。

また、フロントカラーセンサーには、高輝度から低輝度まで高い分解能で測定できる高性能なカラーセンサーを採用しました。これにより、外部センサーを追加することなくDICOMガンマ特性を高精度に再現することができます。

4.2 スタンドアローンキャリブレーション機能

本製品はパソコンを使わずにディスプレイ単体で短時間に下記機能を行うことが可能です。

1) セルフキャリブレーション

本製品のUSBコネクタに外付けカラーセンサーを接続して、フロントセンサーを校正することができます。

2) コピーキャリブレーション機能

外付けカラーセンサーで隣り合ったディスプレイと輝度色度を合わせることができます。

3) DICOM適合試験

グレースケールの階調変化がDICOMガンマ特性に合っていることを確認することができます。

4) DICOMガンマ調整機能

DICOM適合試験でずれていた場合、DICOMガンマ特性を正しく調整することができます。

5) グレースケール階調表示

図5のようにディスプレイ単体でJESRA X-0093²⁾で求められる目視検査に準拠したグレースケール階調画面を表示することができます。

以上のようにスタンドアローンキャリブレーション機能を持つことによりディスプレイ単体で画像品質確認ができるようにしました。

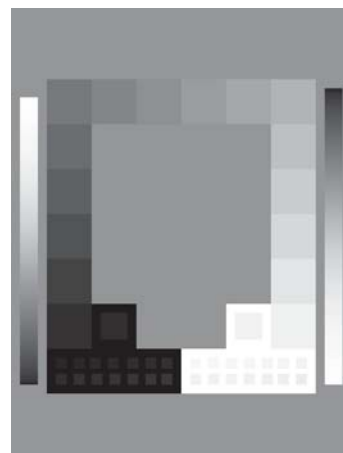


図5 グレースケール階調画面

4.3 ネットワーク機能

本製品はネットワークで接続されているディスプレイの情報をサーバ用ソフトウェアGammaCompMD Serverで管理することができます。このソフトを使うことでディスプレイの画像品質管理を短時間で行うことができます。

また、フロントセンサー搭載の本製品は、外部センサーの追加なしに前項で説明したDICOMガンマ適合試験やDICOMガンマ調整などをネットワーク経由で遠隔実行することができます。

更に、本製品は自己診断機能や寿命予測機能などがあるため、ネットワーク経由で交換の必要性や新規購入計画などの資産管理を行うことができます。

5. おわりに

近年急速な進歩を遂げている医療現場でのIT化において、従来の医用画像表示はもとより、CT・MRなどのフュージョン画像表示など様々な画像表示の要求が増えてきます。本稿で紹介させていただいた本製品の特長である「正確な画像表示」や「取り扱いやすさ」を追求するための技術はますます重要なものになると思われます。

参考文献

- 1) Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Part 14: Grayscale Standard Display Function
- 2) 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

執筆者プロフィール

阿部 正敏
NEC ディスプレイソリューションズ
モニター開発本部
第一開発グループ
主任

福島 清道
NEC ディスプレイソリューションズ
モニター開発本部
第一開発グループ
主任

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

関連URL

医用ディスプレイ製品紹介:
<http://www.nec-display.com/jp/display/medical/index.html>