

## 4色カラー液晶モニタの医療画像表示における画質評価

### 要旨

4色液晶カラーテレビ(Sharp社製, LC-40LX3, 1920×1080ピクセル, 以下LX3)について, モノクロ画像表示における画質特性を測定し, 医療用カラーモニタ(TOTOKU社製, CCL252i2, 1600×1200, 以下COL), 医療用モノクロモニタ(TOTOKU社製, ME-6MEGA, 1600×1200, 以下MONO)と比較する. 0~255の間に18段階のdigital driving level(DDL)を有するテストパターンを輝度計(KONICA MINOLTA LS-110)で測定し, DDLと輝度との関係を調べた. 解像特性(MTF)について, 水平・垂直方向の専用バーパターンを高精細デジタルカメラ(Nikon社製, D90)にて撮影し解析した. ノイズ特性(NPS)について, 60cd/m<sup>2</sup>, 200cd/m<sup>2</sup>の1様画像を撮影し, 一次元ノイズプロファイルをフーリエ変換にて解析した. また, 胸部の臨床画像を表示し比較した. 輝度特性については, COL, MONOではGSDFに適合した値となり, LX3ではガンマ特性に従った値となった. 医療用として用いる場合は内部の階調設定変更(現在は不可)が必要である. MTFについては, LX3の水平方向の低周波領域において高い値を示した. これは, バーパターンのエッジにオーバーシュート様の描出がみられことからテレビ装置特有のエッジ強調処理によると考えられた. NPSについては, 双方の輝度で水平・垂直共にMONOが最も良く, LX3が最も悪くなった. また, 臨床画像においては辺縁にジャギー様描出がみられた. これらの原因は, LX3の特殊なサブピクセル構造と発光パターンであると考えられ, 医療用として用いるためには, 発光パターンの変更が必要であることが示唆された.

### I. 緒言

昨今のソフトコピー(モニタ)診断においては, カラー画像の観察のためカラーモニタが普及しつつある. しかし, 表示画像のほとんどがモノクロ画像である. 最近, 広い色域表示を目的とした4色カラー液晶テレビが登場し, これまでの液晶のRed, Green, Blue(RGB)のサブピクセルに加えてYellow(Y)が追加された. 4色液晶では, サブピクセルの構造がより細かい. よってこれによる解像特性と粒状性の向上が期待され, 医療用としての利用の可能性もある. そこで, 4色液晶テレビのモノクロ画像表示における物理的画質特性を測定し, 医療用カラーモニタ, 医療用モノクロモニタと比較した.

### II. 使用機器

使用機器は以下に示すとおりである.

- ・4色液晶カラーテレビ(SHARP社製, LC-40LX3, 1920×1080ピクセル, 以下LX3)
- ・医療用カラーモニタ(TOTOKU社製, CCL252i2, 1600×1200ピクセル, 以下COL)
- ・医療用モノクロモニタ(TOTOKU社製, ME-6MEGA, 1600×1200ピクセル, 以下MONO)
- ・一眼レフレックスタイプデジタルカメラ(Nikon社製, D90)
- ・マクロレンズ(MICRO NIKKOR 60mm f2.8D)
- ・輝度計(KONICA MINOLTALS-110)

### III. 方法

#### 1) 輝度特性

日本画像医療システム工業会 JESRA X-0093 に従い、LX3, COL, MONO について測定を行った。18 段階に輝度変化するテストパターンを輝度計で測定し、digital driving level (DDL) と輝度との関係を調べた。

#### 2) 解像特性：MTF(modulation transfer function)

一眼レフレックスタイプデジタルカメラを用い、図 1 に示すバーパターンをそれぞれのモニターに表示し、撮影を行った。また、バーパターンは水平・垂直方向に表示した。取得した画像をバーパターン法により解析を行った。なお、医用画像は実寸表示で観察するとは限らないため、今回は 1 ピクセルで表現できる能力を比較した。この場合にモニターの 1 ピクセルに画像の 1 ピクセルを当てはめて観察することを仮定し、その場合の最高周波数であるナイキスト周波数の相対値を横軸とした。

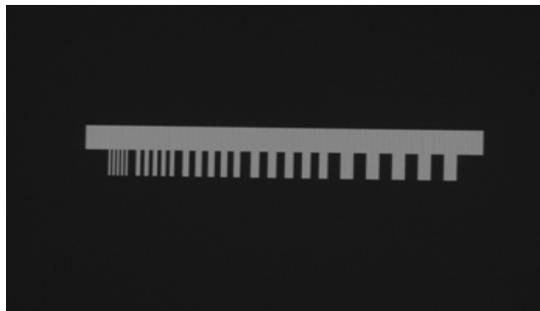


図 1 MTF 測定用バーパターン

#### 3) ノイズ特性：NPS(noise power spectrum)

一眼レフレックスタイプデジタルカメラを用い、それぞれのモニターにおいて  $60\text{cd/m}^2$ ,  $200\text{cd/m}^2$  に輝度を調整し、図 2 に示す一様画像を撮影した。取得した一様画像の水平・垂直方向について、仮想スリット (60 ピクセルの加算) のスキャンにより一次元ノイズプロファイルを取得して、フーリエ変換にて解析した。

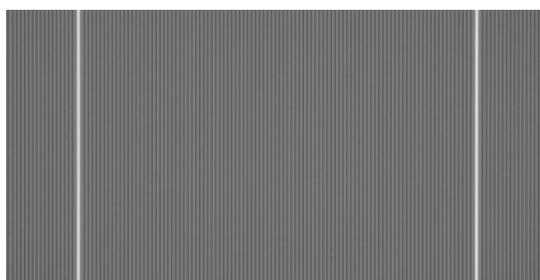


図 2 NPS 測定用一様画像

#### 4) 臨床画像の観察

胸部 X 線画像を用い、3 種類のモニターの臨床画像表示における視覚的な観察をおこなった。

### IV. 結果

#### 1) 輝度特性

図 3 に輝度特性の比較を示す。医療用ディスプレイである COL, MONO は Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) 規格の Grayscale standard display function (GSDF) に適合した値となった。LX3 は、市販のテレビであるため、ガンマ特性に従った特性を示し、低輝度領域でコントラストが強くなった。

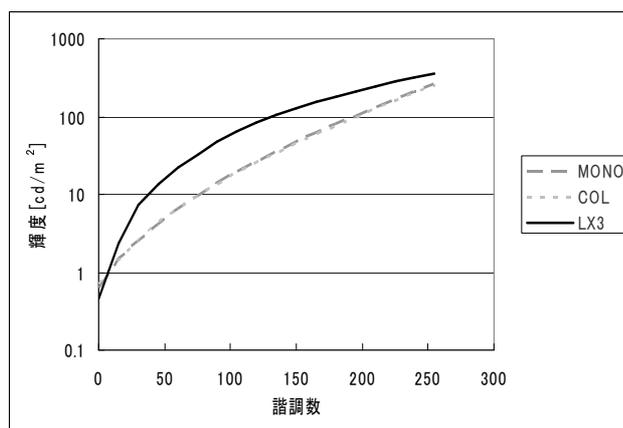


図 3 輝度特性の比較

#### 2) 解像特性

図 4 に解像特性の比較を示す。高周波領域において、COL(水平・垂直)は同様な値を示した。MONO(水平)が COL とほぼ同等の値となり、MONO(垂直)では COL と比べ僅かに低い値となった。LX3(垂直)は、MONO(垂直) とほぼ同様な値となり、LX3(水平)は低周波領域において高い値を示した。

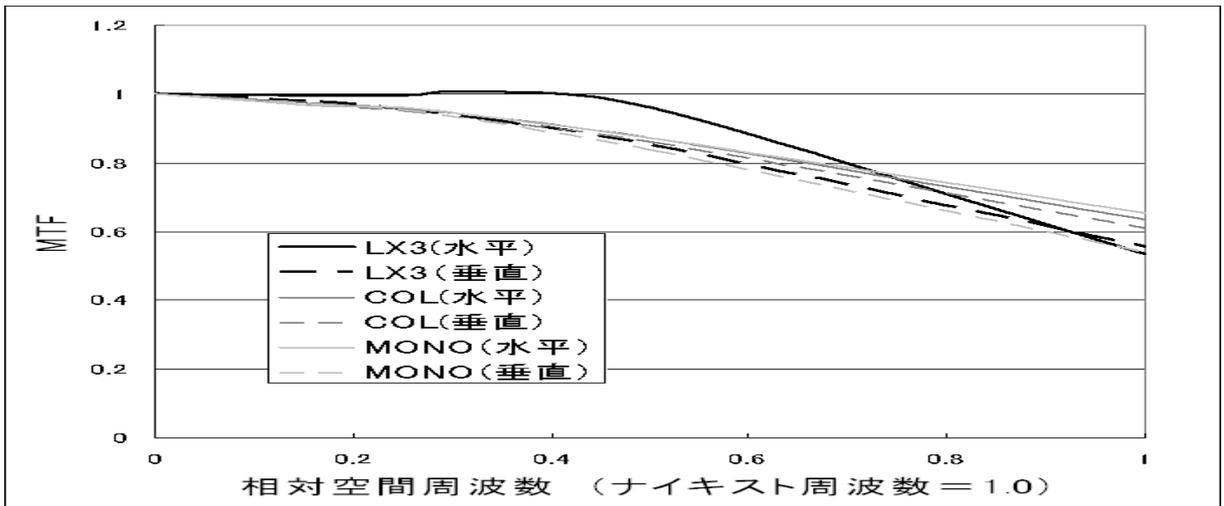


図4 解像特性の比較

### 3) ノイズ特性

図5, 6に輝度  $60\text{cd/m}^2$ ,  $200\text{cd/m}^2$ における水平方向のNPSの比較を示す. また, 図7, 8に輝度  $60\text{cd/m}^2$ ,  $200\text{cd/m}^2$ における垂直方向のNPSの比較を示す. 水平・垂直ともに双方の輝度において, MONOで最もノイズレベルが低く, LX3で最もノイズレベルが高くなった. また, 垂直方向の高周波領域において, LX3のノイズレベルがCOLとほぼ等しくなった.

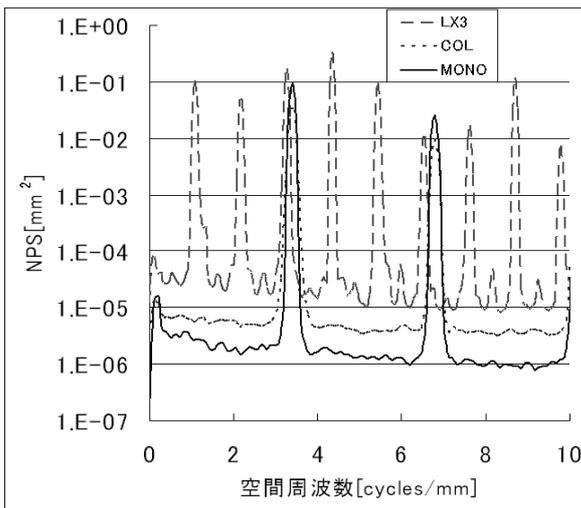


図5 輝度  $60\text{cd/m}^2$  (水平方向)

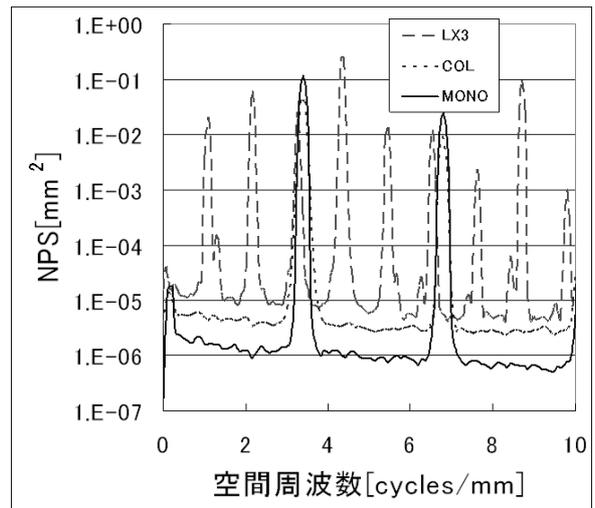


図6 輝度  $200\text{cd/m}^2$  (水平方向)

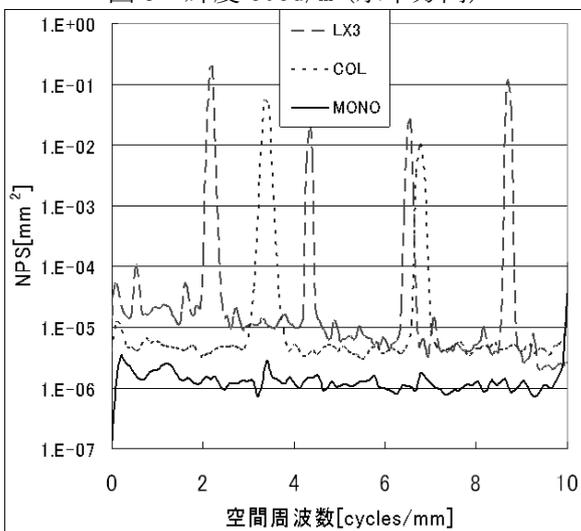


図7 輝度  $60\text{cd/m}^2$  (垂直方向)

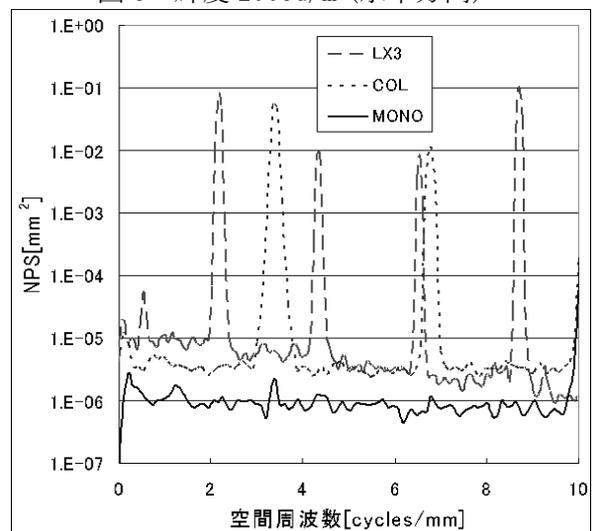


図8 輝度  $200\text{cd/m}^2$  (垂直方向)

#### 4) 臨床画像への影響

LX3において、胸部画像の骨の辺縁がジャギー様に描出された。

#### V. 考察

LX3の輝度特性は医療用とは異なったが、医療用に用いる場合は内部の階調設定変更(現在は不可)が必要である。LX3は、医療用モニタと同等の解像特性を示し、解像特性の問題はないものと考えられた。LX3の低周波MTFの高値は、テレビ特有のエッジ強調処理によるものと考えられ、水平方向のバーパターンのエッジにオーバーシュート様の描出が見られた。また、MTFの高周波領域でMONOが水平と垂直に差が生じたのは、水平でピクセル間に隙間があり、実際のピクセルサイズより小さく認識されMTFが上昇したためである。COLでは、グレーを表示させる時に、RGBサブピクセルの発光の割合がR:G:B=1:6:3となり、垂直の輝度プロファイルがシャープになり、MTFが増加し結果的に水平と垂直がほぼ等しくなった。粒状性がLX3で明らかに劣った理由については、発光パターンを調べた。用いたパターンは15DDLおきに輝度を変化させたBW(グレー)、R(レッド)、G(グリーン)、B(ブルー)パッチを含むパターンで、これを画面に表示させた。図9は、BWの画面である。LX3のサブピクセルは上段と下段に分かれており、輝度が低い場合はRのみ、他のG、B、Yと別側が発光する。また、1ピクセルおきに発光するサブピクセルが入れ替わり、輝度の増加とともに、上下双方のサブピクセルが発光する構造となっている。R、G、Bについても輝度の増加に従い、片側発光から両側発光に移行した。このことから、LX3は特殊な上下分割、交互配列サブピクセルを持ち、この構造と輝度レベルによる上下の発光パターンの変化により粒状性が低下すると考えられた。水平方向のMTFは他のモニタと比べて約1.1倍高い値を示したが、NPSではカラーとの差が約3.2倍、モノクロとの差が約8.1倍となった。 $SNR^2=MTF^2(u)/NPS(u)$ であると考えれば、MTFの上昇に比べ、NPSの上昇が顕著であり、結果的にSNRは悪くなっていると考えられる。

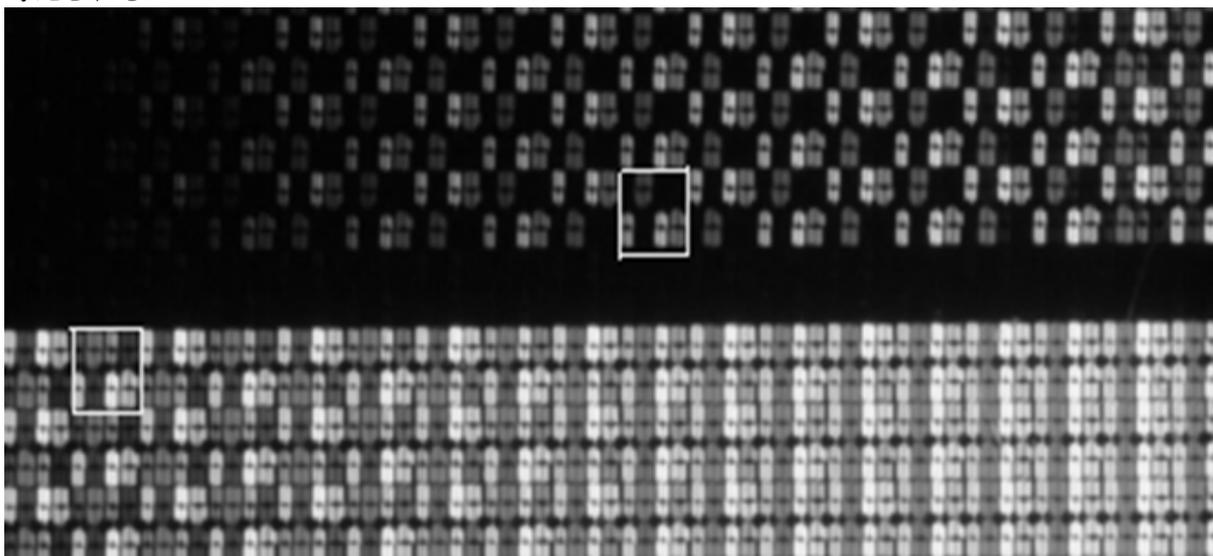


図9 BWにおけるDDLと輝度との関係

#### VI. 結語

4色液晶カラーテレビ(LX3)の物理的画質特性を測定した。水平方向のMTFの上昇は見られたが、ノイズ特性が顕著に劣り、臨床画像でもジャギー様描出というかたちで、その特性が確認できた。医療用として用いるためには、発光パターンの変更が必要であることが示唆された。