

デジタルカメラによる医療用液晶モニタの均一性測定

要旨

高解像度デジタルカメラを用いた医療用液晶モニタの均一性測定システムを構築し、その有効性を検討した。液晶モニタに16箇所測定用の輝度均一性測定用パターンを表示し、望遠型輝度計を用いて測定した結果と本システムの結果を比較した。デジタルカメラのCCDの不均一性は均一画像の撮影によってあらかじめ補正した。輝度計を用いて、モニタの時間的な輝度変化を測定して、一度に複数箇所の輝度値が得られる本システムの有効性を調べた。また、本システムの精度を確認した上で、医療用ディスプレイに搭載された輝度均一性補正機構の評価も行い、その機構の有効性が証明された。本システムは、精度に優れ、一度の撮影で輝度分布が得られるため、従来の輝度計による他数回の測定に対して効率的であった。また、輝度分布のカラーマップが簡単に得られることから視覚的に評価できる点で有効であった。

I. 緒言

医療用液晶モニタの輝度均一性は日本画像医療システム工業会によるガイドライン、JESRA X-0093¹⁾に（以下、JESRA）において、輝度計で一箇所ずつ測定して輝度の均一性を確認することとなっている。これは受入試験の際に行うだけで受入後の不変性試験においては行われず、視覚評価だけが義務づけられる。しかし、視覚評価では輝度のわずかの差異は判別困難であるため、受入後にも簡便かつ定量的な手法によって評価されれば管理において有効である。そこで、一度の測定（撮影）で、画面全体を評価できるデジタルカメラを用いた医療用液晶モニタの均一性測定システム（以下本システム）を構築し、その有効性を本研究では検証した。用いたデジタルカメラは、一眼レフレックス方式の高精細デジタルカメラであり、このカメラの優れたCCD（charge coupled device）の特性を有効に利用する。本研究では、望遠型輝度計との測定結果の比較を中心に、本システムの精度を検討した。また医療用液晶モニタに搭載された輝度均一性補正機構の評価にも用いた。

II. 使用機器

医療用液晶モニタ：2MP（mega-pixel）モニタ:ME253i2 3MP モニタ:ME355i2（TOTOKU 社製）
望遠型輝度計：LS-110（KONICA MINOLTA 社製）
デジタルカメラ：Nikon 社製 D80
マイクロレンズ：Nikon 社製 AF MICRO NIKKOR 60mm1:2.8D
テストパターン：TG18-UNL80-1MH
TG18-LN8-01-1MH～TG18-LN8-18-1MH（すべて JESRA ガイドライン指定）
自作テストパターン：TG18-UNL80-1MH を改良

III. 方法

本システムは、マイクロレンズを装着したデジタルカメラを三脚で固定して、液晶モニタが全面入るように撮影し、撮影されたCCDデータを解析することによって、輝度分布を得るものである。デジタルカメラのCCDの不均一性は均一画像を撮影したデータによってあらかじめ補正した。本システムの機能は、任意位置での輝度値表示、画面中心部分の50%～200%の輝度範囲についてのカラーマップ表示、そして、輝度プロファイル表示機能である。

1) 自作テストパターン（図1）による輝度計と本システムでの比較

均一性試験用パターンTG18-UNL80を16箇所の測定を目的に改良したもの（図1）を用いて、各正方形の中央を輝度計にて3回ずつ測定し、その平均値を得る。この結果をLS-110による測定結果と比較した。

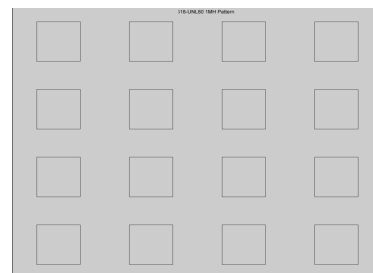


図1. 自作テストパターン

2) 距離による測定値の変化の検討

デジタルカメラでは一点の位置から撮影となるため、それによって、画面周辺部では視野角によ

る影響が懸念される。この視野角は、距離が離れるにつれて無視できる状態となる。そこで、カメラモニター間距離を 1.5m と 3.0m として撮影して、その結果を LS-110 と比較した。

3) 輝度計による輝度の時間変動の測定

本システムは、一度に画面全体を測定できるため、液晶モニタの輝度の時間的変動の影響を受けないという利点があると考えられる。そこで輝度計で TG18-UNL80 のテストパターン(図 2)の中心部分を 10 秒ごとに 5 分間測定し、輝度値 (cd/m²) に変化があるかどうか検証した。

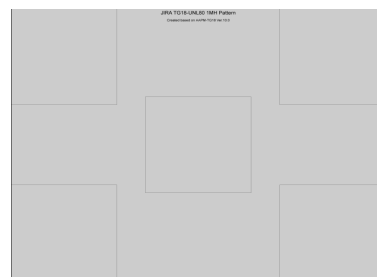


図 2. TG18-UNL80 のテストパターン

4) 輝度均一補正機構の効果の検証

医療用液晶モニタに搭載された輝度均一性補正機構の有効性を評価することを目的に、JESRA の均一性試験にしたがって、LS-110 と本システムによって得られた輝度値から均一性の改善度を評価した、また本システムのカラーマップ表示によって、視覚的にも評価した。

a) JESRA の輝度均一性の評価

TG18-UNL80 テストパターン(図 2)を表示し定められた 5 箇所の輝度を測定する。表示パターンの輝度偏差は、以下の計算式にて求める。

$$\text{輝度偏差} = \{(L_{\max} - L_{\min}) \div (L_{\max} + L_{\min})\} \times 200$$

L_{\max} は測定した 5 箇所の輝度の最大値

L_{\min} は測定した 5 箇所の輝度の最小値

輝度偏差が 30%以下であれば判定基準を満たす。

b) カラーマップ表示の視覚的評価

本システムによって表示されるカラーマップによる輝度均一性補正機構の評価を行った。

IV. 結果

1) 自作テストパターンによる輝度計と本システムでの比較

表 1～3 に、LS-110 と本システムによる測定結果とその差を示した。この結果から、輝度計と本システム(撮影距離 1.5m)では $-2.2 \sim +0.5$ (cd/m²) の差であり、ほとんど差がないことが示された。

表 1. 輝度計の測定値

139.3	151.7	156.7	161.1
147.6	152.9	159.7	169.8
148.1	154.3	162.0	166.8
137.5	145.5	152.4	155.0

表 2. 本システムの測定値

139.6	152.2	157.4	161.2
149.8	153.9	160.8	170.2
148.3	154.1	161.7	166.3
137.7	145.9	152.5	155.0

表 3. 輝度計と本システムの差

-0.3	-0.5	-0.7	-0.1
-2.2	-1.0	-1.1	-0.4
-0.2	0.2	0.3	0.5
-0.2	-0.4	-0.1	0

2) 距離による測定値の変化

表 4, 5 は、本システムの撮影距離を 3.0m とした場合の測定結果と LS-110 による結果との差である。輝度計と本システム(撮影距離 3.0m)では $-1.4 \sim +0.4$ (cd/m²) の差であった。1.5m に対して、3.0m は僅かに精度が向上したが、1.5m でも十分な精度であった。

表4. 撮影距離 3.0mの測定値

140.5	153.1	157.6	161.1
149.0	154.2	160.8	170.3
148.5	154.5	162.4	166.4
137.5	145.1	152.6	155.6

表5. 輝度計と本システムの差

-1.2	-1.4	-0.9	0.0
-1.4	-1.3	-1.1	-0.5
-0.4	-0.2	-0.4	0.4
0.0	0.4	-0.2	-0.6

3) LS-110 による時間変動の観測

図3に、輝度の時間変動の結果を示す。

医療用液晶モニタでは時間変化による輝度の変化は最大 1.3 (cd/m²) あった。

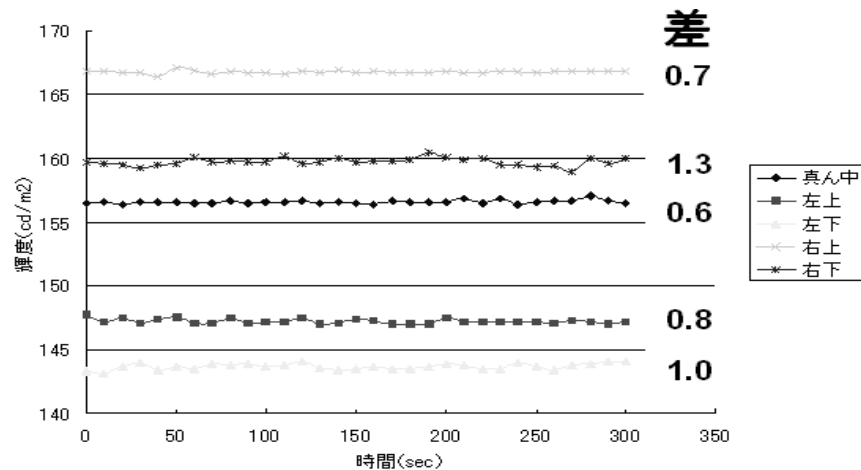


図3. 輝度の時間変動の測定

4) 輝度均一補正機構の検証

a) JESRA にしたがった輝度均一性の評価

表6, 7に、各医療液晶モニタにおける輝度均一性補正機構の評価結果を示した。

	輝度計(LS-110) (cd/m ²)		本システム(cd/m ²)		輝度偏差(%)	
	輝度計	本システム	輝度計	本システム	輝度計	本システム
補正前	159.0	152.5	159.1	152.0	9.3	9.6
	167.4		167.4			
	163.0	154.3	163.6	154.3		
補正後	167.3	164.0	168.9	165.3	3.5	3.8
	166.7		166.7			
	169.9	165.1	171.2	164.8		

表6. 2MP の液晶モニタの輝度計と本システムの輝度偏差の比較

	輝度計(LS-110) (cd/m ²)		本システム(cd/m ²)		輝度偏差(%)	
	輝度計	本システム	輝度計	本システム	輝度計	本システム
補正前	146.7	153.1	147.1	152.0	14.3	14.5
	169.2		169.2			
	147.6	146.6	149.6	146.3		
補正後	165.1	172.7	165.1	171.7	4.5	4.3
	166.6		166.6			
	168.3	166.2	165.4	164.4		

表7. 3MP の液晶モニタの輝度計と本システムの輝度偏差の比較

本システムと LS-110 は、ほぼ同等な評価結果を示し、輝度均一性補正機構によって顕著に均一性が向上したことが示された。

b) カラーマップ

図4, 5に, 本システムによって表示されるカラーマップによる輝度均一性補正機構の評価結果を示す. この機構により, カラーマップが画面の隅まで改善されることが視覚的に評価可能であった.

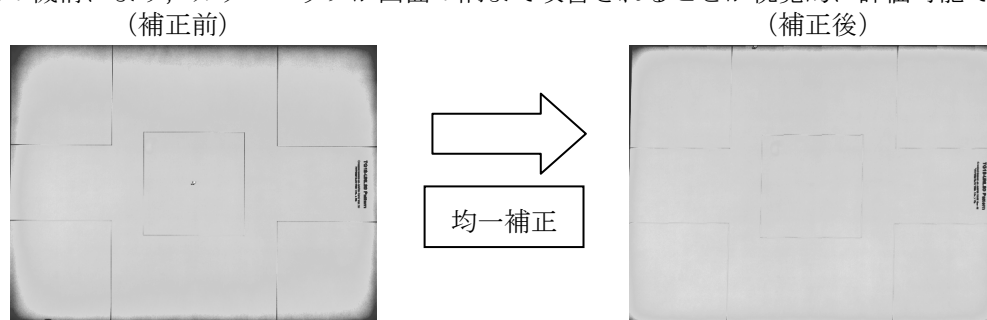


図4. 2MP 液晶モニタのカラーマップ

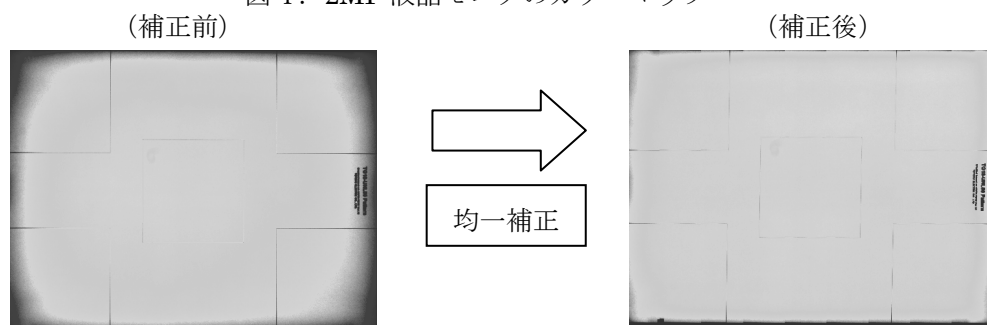


図5. 3MP 液晶モニタのカラーマップ

V. 考察

輝度計とデジタルカメラによる輝度はよく一致し, 本システムによって, 画面全体に詳細な輝度分布が得られることが検証された. デジタルカメラは1点からの測定となるために, 視野角の影響をなるべく少なくするためには離れて撮影した方が望ましい. しかし, 測定結果から, 臨床的に多用される21インチモニタが全面入るような撮影距離である1.5mであっても視野角の影響をほとんど受けずに測定可能であった. 医療用液晶モニタの輝度の時間的変動は, 僅かだが認められた. これにより一度に画面全体を撮影する本システムがより精度を高められる可能性があることが示された. 均一性補正機構の効果は, ガイドラインに従った輝度偏差による評価でも判明したが, 本システムのカラーマップ表示機能によりさらに詳細な改善効果が示され, 有効であった. 本システムによる測定は, カメラ自体の操作に若干慣れを必要とするものの, 比較的簡単で, 測定時間は僅かである. さらに解析は, CCDデータを読み込んだ後, 瞬時に計算されるため, 本システムは効率の高いシステムである.

VI. まとめ

デジタルカメラによる輝度均一性測定システムを構築し, その精度を検討した. その結果, 望遠型輝度計と同等の優れた精度を有することが確認できた. 本システムは, 一度の撮影で測定できるため, 時間変動の影響がなく効果的であり, 画面全体を撮影可能である撮影距離1.5mにおいても視野角の影響を受けず十分な精度を示した. 実際の医療用液晶モニタに装備されている輝度均一性補正機構の効果の本システムによって評価し, 輝度値だけではなくカラーマップにより視覚的に評価できる有用性も示された.

VIII. 参考文献

- 1) 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: 日本画像医療システム工業会規格 JESRA X-0093²⁰⁰⁵, 2005年
- 2) 市川 勝弘, 藤田広志: パ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, 67(2), 184-190, 2004
- 3) 市川 勝弘, 藤田 広志, 澤田 道人, 加藤 秀起: 高解像度デジタルカメラを用いたディスプレイ性能評価システムの開発, 医用画像情報学会雑誌, 21(3), 261-266, 200