

多階調ディスプレイのコントラスト分解能

要旨

新しく開発された医療用多階調（1276階調）ディスプレイ（TOTOKU社製ME-6 MEGA, 以下, ME-6）を用いて256階調モードと多階調モードのコントラスト分解能を低コントラスト円形信号の視覚的検出率試験により比較した。ME-6の品質管理試験は日本画像医療システム工業会のガイドラインであるJESRA X-0093（以下JESRA）に従い、実施した。そのうえで、両階調モードで視覚的検出率試験を行い、平均検出率を比較した。さらに多階調モードではコントラスト一定のもと、背景のDDLを変化させて試験を行い、検出率を比較した。また、グラデーションを含む画像を比較することで元データに対する画像表示の再現性を確認した。その結果、ME-6はJESRAのグレード1の判定基準を満たした。コントラスト分解能は総合的な平均検出率では多階調のほうがやや劣るが、256階調で信号の無くなるコントラスト0.5未満でも多階調では信号を表現する能力があることが示された。また、グラデーションの比較により多階調のほうがより元データを忠実に表現できることが示された。

I. 緒言

現在、医療用ディスプレイとして主に用いられているものは256階調であるが、多階調（1276階調）モードを搭載したディスプレイが新しく開発された。そこで、その性能を確認するために今回は両階調のコントラスト分解能を、視覚的検出率試験を行うことで比較した。

II. 使用機器

多階調（1276階調）ディスプレイ：ME-6 MEGA（ME-6）（TOTOKU社製）

輝度計：LS-110（KONICA MINOLTA社製）

テストパターン：TG18-UNL80

TG18-LN8-01～TG18-LN8-18

III. 方法

まずME-6が256階調と多階調のコントラスト分解能の比較試験に使用できるか確認するために日本画像医療システム工業会のガイドラインであるJESRA X-0093（以下JESRA）に従い輝度均一性、コントラスト応答、最大輝度、輝度比の4項目について評価した。性能の確認されたME-6を用いて両階調モードで視覚的検出率試験を行い、平均検出率を求めた。また両階調のグラデーション画像の比較観察も行った。

1) ME-6 の品質管理試験

a) 輝度均一性

TG18-UNL80 テストパターン (図 1) を表示し定められた 5 箇所を輝度を 3 回ずつ測定、その平均値をとった。輝度偏差は以下の式にて求めた。

$$\text{輝度偏差} = \{(L_{\max} - L_{\min}) \div (L_{\max} + L_{\min})\} \times 200 \quad \dots (1)$$

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% 以内であればグレード 1 の判定基準を満たす。

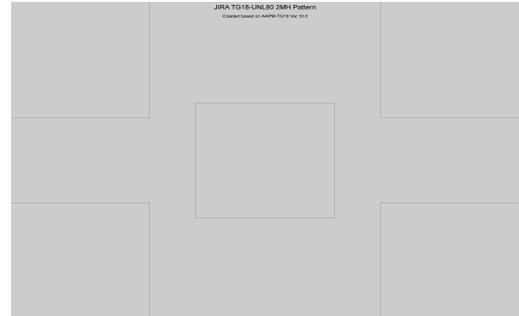


図 1. TG18-UNL80

b) コントラスト応答

TG18-LN8-01~TG18-LN8-18 テストパターン (図 2) を表示し輝度計で測定、JESRA の受け入れ試験報告書のシートに数値を入力した。コントラスト応答の最大偏差が ±15 以内ならグレード 1 の判定基準を満たす。

c) 最大輝度、輝度比

コントラスト応答の測定結果から最大輝度と輝度比を求めた。輝度比は以下の式から求めた。

$$\text{輝度比} = \text{最大輝度} \div \text{最低輝度} \quad \dots (2)$$

最大輝度 ≥ 170 、輝度比 ≥ 250 ならばグレード 1 の判定基準を満たす。

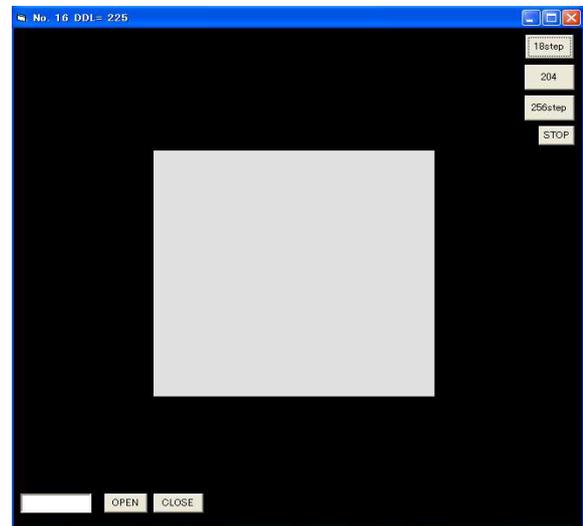


図 2. TG18-LN8-16 テストパターン

2) コントラスト分解能比較

専用ソフトウェアにより、均一な画面上の任意な位置に低コントラストの円形信号を表示、観察者は信号を探してその位置をクリックする。一つの条件につき 50 画像を試験し、正答率を検出率とした。一枚につき制限時間は 10 秒、画像間のブランクは 1 秒とした。また、円形信号の直径は 7mm、被験者は当研究室の学生 5 人とした。観察条件は照度約 90lux、観察距離は任意とした。低コントラスト信号のコントラストは 1 DDL コントラストを単位として 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 とした。それぞれのコントラストにおいて背景の DDL を 64, 128, 192 とし、試験し、結果を比較した (図 3)。



図3. 同一コントラストで各背景 DDL が異なる画像

DDL は一般にモニタに出力するデジタル値のことであり、256 階調では 0～255、多階調では 0～1275 の値をとる。今回は多階調を 0.2 単位の 0～255 に変換した。つまり、256 階調では 0, 1 といったような値をとるが多階調では 0.2、0.4 などといった、より細かい値の DDL コントラストを表現できる。また、1 DDL コントラストとは背景の DDL に対して信号の DDL の差が 1.0 であることを示す。

IV. 結果

1) ME-6 の品質管理試験

表 1 に品質管理試験の 4 項目の結果を示した。それぞれのテストパターンでグレード 1 の判定基準を示した。

表 1. ME-6 の品質管理試験結果

	テストパターン	判定基準 (グレード 1)	計測値
輝度均一性	TG18-UNL80	≤ 30	10.5
コントラスト応答	TG18-LN8-01～ TG18-LN8-18	$\leq \pm 15$	-8.9
最大輝度		≥ 170	461.7
輝度比		≥ 250	388

2) コントラスト分解能比較

図4に多階調でのそれぞれの背景 DDL における検出率の結果を示す。背景の DDL が 192 の時には全体的に検出率がやや低く、背景の DDL が 64 の時にはコントラストの大きい部分で検出率がやや高い結果になった。図5に 256 階調と多階調の両階調の検出率を比較した結果を示す。256 階調では DDL コントラストが 0.2~0.4 の場合は切り下げにより DDL コントラストは 0 になり多階調がやや有利、0.6~0.8 の場合は切り上げにより DDL コントラストは 1 になり多階調がやや不利となった。また、総合的な検出率の比較として両階調の全コントラストにおける平均検出率を比較した。表2がその結果であり、検出率において両階調に優位差は無く、256 階調が多階調よりもわずかに高い検出率を示した。

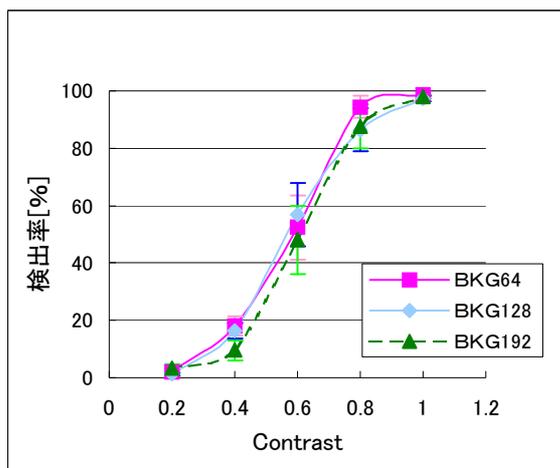


図4. 多階調での検出率比較

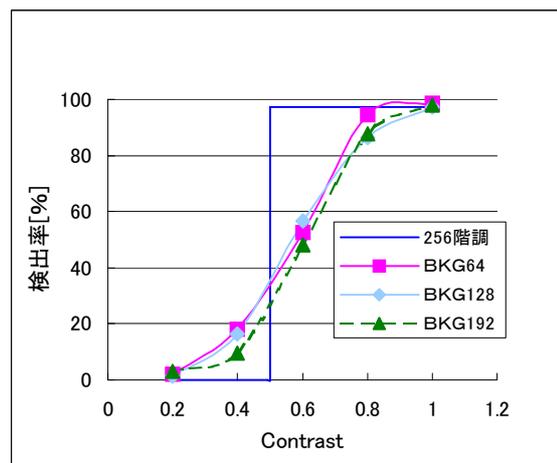


図5. 両階調の検出率比較

表2. 両階調の平均検出率

ディスプレイ	平均検出率 (%)
256 階調	58.3 ± 1.9
多 (1276) 階調	51.7 ± 13.7

5) グラデーションを含む画像の比較

図6はグラデーションを含む円形画像をそれぞれの階調にて表示した画像である。256 階調では切り下げにより辺縁が消えてしまい直径が減少した。多階調では 256 階調に比べより元データに忠実な表現が可能であった。

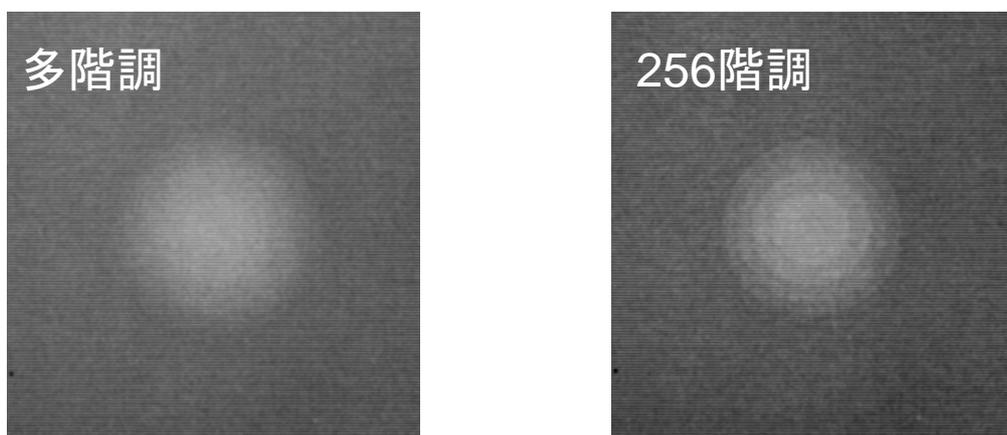


図6. 両階調におけるグラデーションを含む画像の表示画像

V. 考察

ME-6の品質管理試験に関しては輝度均一性、コントラスト応答、最大輝度、輝度比の4項目でJESRAのグレード1の判定基準を満たした。その中でも特に今回はコントラスト応答が重要であるが最大偏差は-8.9となり良好であった。

コントラスト分解能比較に関しては総合的な平均検出率では多階調のほうがやや劣る結果になった。これは、256階調では、DDLコントラスト0.6以上で切り上げされ、検出率が高くなったことが原因であった。256階調ではコントラスト0.5以下で信号がまったくなくなることが問題点であるが多階調ではそのレベルでも信号を示す能力があった。

グラデーションの比較では多階調は256階調では表現不可能な微妙なグラデーションが表現でき、元データに忠実な表示能力があることが示された。

VI. まとめ

医療画像用の多階調（1276階調）ディスプレイを用いて、多階調モードと256階調モードのコントラスト分解能試験を行った。その結果、多階調はコントラスト分解能において256階調よりもやや劣っていた。しかし画像のグラデーションを表現する能力に関しては多階調のほうが優れていた。