

LCD 上での色の交互表示におけるちらつきの評価

石沢 千佳子 佐藤 錬 勝原 晶 景山 陽一 西田 眞
秋田大学

1 はじめに

異なる 2 色が高速に切り替わって表示された場合、混色された色が知覚される[1]. この視覚特性を利用し、コンピュータのディスプレイ上で色の異なる 2 枚の画像を交互に切り替えて表示した場合、ステガノフィーと同等の効果を得られることが期待できる[2]. しかしながら、LCD (液晶ディスプレイ) 上で切り替え表示を行った場合にはちらつきが発生するため、ちらつきを低減させる必要がある.

ちらつきは光の明滅の繰り返しによって発生するため[1], 切り替わる 2 枚の画像の輝度を均一化することがちらつきの低減に寄与すると考える. 一方, LCD の画素は赤, 緑, 青の 3 種類のサブピクセルの組み合わせによって構成されており, これらのサブピクセルが色の RGB 値に対応した強度で発光することによって色が表示される[3]. したがって, 色の切り替え時にはサブピクセルの輝度が切り替わるため, その輝度変化が大きい場合には, ちらつきが発生すると考える.

そこで本稿では, ちらつきの認められない切り替え表示を行うための条件を明らかにすることを目的とし, 同一輝度色を交互に切り替えて表示した場合のちらつきの有無について目視評価を行った. また, サブピクセル毎の輝度変化とちらつきの有無についても目視評価を行い, 同一輝度色を切り替え表示した場合の結果との照合を行った.

2 使用ディスプレイ

実験に用いた LCD (EPSON LD1952G, 19 型 SXGA, 画素ピッチ 0.294mm×0.294mm, True Color, 最大輝度 250cd/m², 応答速度約 25ms, リフレッシュレート 60Hz) の階調輝度特性を図 1 に示す. 図 1 は, LCD に表示された色の輝度を輝度計 (KONICA MINOLTA LS-110) を用いて計測した結果に基づいて作成したものである. 切り替え表示に用いる色 (以降, 使用色) の輝度値と階調値の変換は図 1 を用いて行う. なお, 本研究では, 実験の再現性を得るために LCD の出力輝度を最大に設定した. このため, 図 1 における階調値 191 以上の値は一定値になっている. そこで, 使用色の階調値は 0~191 の範囲内とした.

3 同一輝度色の切り替え表示とちらつき

3.1 実験方法

実験の概要を図 2 に示す. 実験では, LCD 上の切り替え表示画像を被験者 16 人 (20 代男性 13 人・女性 3 人, モンゴロイド) に提示し, 静止画像と同様に見える場合を“ちらつきなし”と判定し, それ以外の場合を“ちらつきあり”と判定した.

使用色は, RGB 表色系の基本色である赤, 緑, 青, 並びに補色である黄, シアン, マゼンタを主要 6 色とし, 輝度値が 10cd/m² ずつ異なる同系色赤 3 色, 同系色緑 9 色, 同系色青 1 色, 同系色黄 11 色, 同系色シアン 11 色, 同系色マゼンタ 5 色の合計 40 色である. なお, 使用色の数が系統色毎に異なるのは, 赤, 緑, 青の色毎に出力可能な輝度範囲が異なるためである. また, 補色の階調値は基本色の輝度値を加算した値を基にして求めた. 例えば, 10cd/m² の黄色の階調値は, 赤と緑の輝度値を足し合わせて 10cd/m² となる場合の階調値とした. 実験では, 上記の 40 色の中から“輝度値が同一であり, かつ,

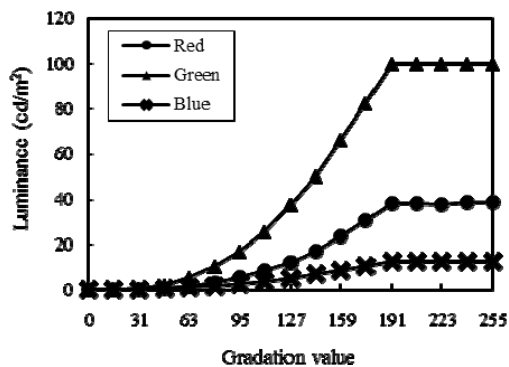


図 1 LCD の階調輝度特性 (出力輝度: 最大)

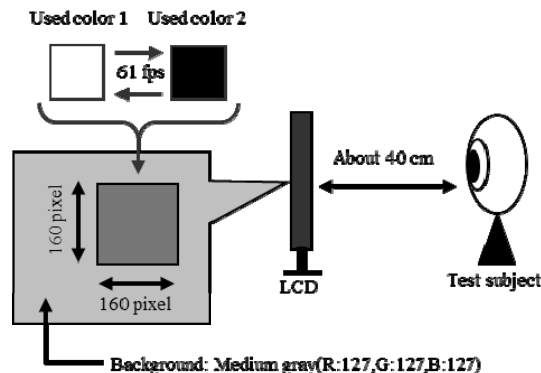


図 2 実験の概要

Evaluation of Flicker at Alternate Display of Colors on LCD.
Chikako Ishizawa, Ren Sato, Aki Katsuhara, Yoichi Kageyama, Makoto Nishida
Akita University

系色が異なる2色”を選定して61組の組み合わせを作成し、各組の色を切り替えて表示したときのちらつきの有無を評価した。なお、本研究は“秋田大学手形地区におけるヒトを対象とした研究に関する倫理規定第6条2項”に基づいて倫理審査の申請を行い、承認を得た研究計画の下でデータの取得を行っている。

3.2 実験結果

実験結果を表1に示す。表1の数値は、“ちらつき無し”と評価した被験者数（以降、評価数）を表している。評価数が12以上である組（表1の太字）と6以下である組（表1の太字以外）に大別可能であることがわかる。LCD上に表示される色の輝度は、3種類のサブピクセルの輝度の和となるため、同一輝度の2色を切り替え表示した場合であっても、サブピクセル毎の輝度は必ずしも同一ではなく輝度差の生じる場合が存在する。したがって、LCD上で2色を交互に切り替えて表示したときのサブピクセル毎の輝度変化がちらつきの有無に影響を及ぼすと考える。

4 サブピクセルの輝度変化とちらつき

4.1 実験方法

3.2節に示した実験結果を踏まえ、サブピクセル毎の輝度変化に対するちらつきの有無について目視評価を行った。実験では、輝度値が10cd/m²ずつ異なる同系色赤3色、同系色緑9色、および輝度値が2.5cd/m²ずつ異なる同系色青4色を一方の使用色（以降、使用色1）とした。また、使用色1と同系色であり、かつ以下に示す方法によって階調値（輝度値）を変更した色をもう一方の使用色（以降、使用色2）とした。

- ・変更方法1：階調値を0（最小輝度値）から191（最大輝度値）まで1ずつ上昇させる
- ・変更方法2：階調値を191（最大輝度値）から0（最小輝度値）まで1ずつ下降させる

被験者数は13人（20代男性9人・女性4人、モンゴロイド）であり、その他の実験条件は3.1節と同様である。

4.2 実験結果

実験の結果、階調値の変更方法の相違によって結果に大差は認められなかった。そこで、被験者の過半数以上が“ちらつきなし”と評価した輝度値の範囲を“ちらつきの認められない輝度範囲”と定義した。緑のサブピクセルの結果を例として図3に示す。“ちらつきの認められない輝度範囲”の上限値および下限値は、使用色1の輝度値に対してほぼ平行な関係にあり、使用色1の輝度値に対して約±5.5cd/m²の範囲内であることがわかる。同様に、赤のサブピクセルでは約±5.5cd/m²の範囲内、青のサブピクセルでは約±2.5cd/m²の範囲内が“ちらつきの認められない輝度範囲”であることが明らかとなった。

さらに、上記の結果と3.2節で得られた結果の照合を行った。その結果、3種類のサブピクセルの輝度変化が全て上記の“ちらつきの認められない輝度範囲”内に含まれていた組は6組存在し（輝度10cd/m²および20cd/m²のG・Y、G・C、Y・C）、それらの組み合わせはいずれも“ちらつきの発生しない組”であることが明らかとなった。以上の結果は、サブピクセル毎の“ちらつきの認められない輝度範囲”に基づいてちらつきを低減可能なことを示唆している。

5 まとめ

本稿では、輝度が同一である2種類の単一色画像をLCD上で交互に切り替えて表示した場合のちらつきの有無と、LCDの1画素を構成しているサブピクセルにおける輝度の切り替わる範囲とちらつきの関連を明らかにした。今後は、異なる性能を有するLCDを用いて検討を加える予定である。

表1 “ちらつきなし”の評価数 [人]

組 \ cd/m ²	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
R・G	14	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
R・B	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
R・Y	1	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
R・C	14	0	0	—	—	—	—	—	—	—	—
R・M	14	12	3	—	—	—	—	—	—	—	—
G・B	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G・Y	16	11	4	0	2	0	0	1	0	—	—
G・C	15	15	15	14	14	13	15	14	12	6	—
G・M	16	1	0	0	0	—	—	—	—	—	—
B・Y	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B・C	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B・M	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Y・C	16	15	12	1	0	3	2	1	1	0	0
Y・M	12	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—
C・M	14	0	0	0	0	—	—	—	—	—	—

R：赤，G：緑，B：青，Y：黄，C：シアン，M：マゼンタ
太字：被験者の過半数（8名）以上

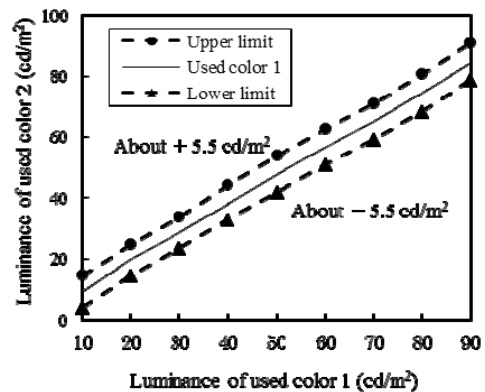


図3 緑のサブピクセルにおける“ちらつきの認められない輝度範囲”

参考文献

- [1] 日本視覚学会：視覚情報処理ハンドブック，東京大学出版会，2000。
- [2] 塩田和也，吉田英樹，曾我正和，田窪昭夫，林部敬吉，中村逸一，水野忠則，西垣正勝：視覚特性を利用した画像型デジタルコンテンツの不正コピー防止，情報処理学会誌，Vol.46，No.8，pp.2078-2097，2005。
- [3] 山崎照彦，川上英昭，堀浩雄：カラー-TFT 液晶ディスプレイ，共立出版，2005。1122-1124，2007。