

液晶ディスプレイ上での色の切り替え表示における ちらつきに関する検討

A Study of Flicker Arisen from Switching Colors on the LCD

高木 誠吾[†] 石沢 千佳子[†] 西田 眞[†]

Seigo Takaki Chikako Ishizawa Makoto Nishida

1. はじめに

インターネット上に公開されている画像の不正コピーが著作権保護の見地から社会的問題になっている。この問題への対策として、電子透かし[1]や暗号化[2]を用いた手法が提案されているものの、画像がディスプレイに表示された時点でのコピーを防止するまでには至っていないのが現状である。

そこで本研究では、コピーによって得られる画像がオリジナルと異なる画像である場合にコピー防止と同等の効果が得られると仮定し、オリジナル画像中に存在しない色を用いて擬似的に色の表示を行い、コピー防止と同等の効果をj得る手法(以降、擬似的色表示法)の開発を目標とする。本稿では、切り替え表示時におけるちらつき(フリッカ)について検討を加えた。

2. 擬似的色表示法の概要

擬似的色表示法の概要を図1に示す。擬似的色表示法では、異なる2色が高速で切り替え表示された場合に2色の中間色が知覚されるという視覚特性[3]に着目し、オリジナル画像中の色を改変した2種類の画像を交互に切り替えて表示する。この手法をインターネット上に公開する画像に適用した場合、オリジナルと同等の色の画像を表示可能でありながら、コピーされる画像は切り替え表示に用いる画像となるため、コピー防止と同等の効果が得られると考える。

3. 液晶ディスプレイの輝度特性

液晶ディスプレイは画素の集まりで構成されており、各画素は3種類のサブピクセルから構成されている。各サブピクセルは、色のRGB値に対応した強度で赤、緑、青の単色光をそれぞれ発光し、この3種類の光の混合により様々な色が表示される[4]。また、切り替え表示時にはサブピクセル毎に輝度が切り替わる。本研究では、図2に示す特性を有する液晶ディスプレイ(EPSON LD1952G, 画面サイズ: 1280×1024画素, 応答速度: 約25ms, 最大輝度: 250cd/m², True Color, リフレッシュレート: 60Hz)を検討に用いた。

4. 色の組み合わせとちらつきの有無

4.1 実験方法

液晶ディスプレイ上で高速に色を切り替え表示した場合、

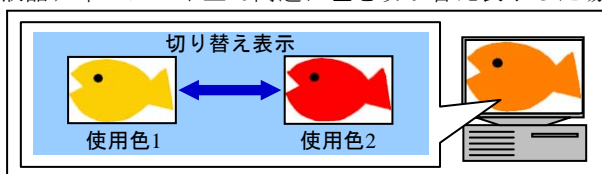


図1 擬似的色表示法の概要

[†]秋田大学 Akita University

ちらつきの発生しやすいことが指摘されている[5][6]。ちらつきは閲覧者の身体に悪影響を与える場合があるため、ちらつきの防止方法について検討を行う必要がある。そこで切り替え表示に用いる2種類の画像の輝度が同一である場合に、ちらつきの発生しない切り替え表示が可能であると仮定し、同一輝度の2色を切り替えて表示した時のちらつきの有無について目視調査を行った。実験に用いた使用色の階調値を表1に示す。なお、使用色の輝度値から階調値への変換は、図2の階調特性に基づいて行った。実験では、表1に示す使用色の中から2色を選択して組み合わせを作成した。例えば、一方の使用色(以降、使用色1)を10 cd/m²の赤とした場合、もう一方の使用色(以降、使用色2)は同一輝度、すなわち10 cd/m²の緑、青、イエロー、シアン、並びにマゼンタとした。また、被験者は健常者である16名(20代: 男性13名, 女性3名)であり、ディスプレイと被験者間の距離を約40cmに設定した。

実験に用いた器具および設定条件の詳細は、以下の通りである。

- ・コンピュータ (CPU: Pentium®4(3.20GHz), RAM: 1Gbyte)
- ・画像サイズ: 160×160画素
- ・背景色: グレー(R:127,G:127,B:127)
- ・ディスプレイ上の照度: 約210lx(室内, 蛍光灯下)
- ・切り替え表示速度: 61fps
- ・評価基準: 静止画像と同様に見える場合を“ちらつきなし”。上記以外の場合を“ちらつきあり”

4.2 実験結果

使用色の組み合わせに対するちらつきの有無の目視調査結果を表2に示す。なお、過半数以上(8名以上)が“ちらつきなし”と評価した場合を“○”で表している。同一輝度の2色を切り替えて表示したものの、ちらつきの認められる事例が存在していることがわかる。また、使用色の輝度の上昇に伴ってちらつきの認められる傾向が示されており、ちらつきの認められる組と認められない組に大別可能であることがわかる。ディスプレイ上に表示される

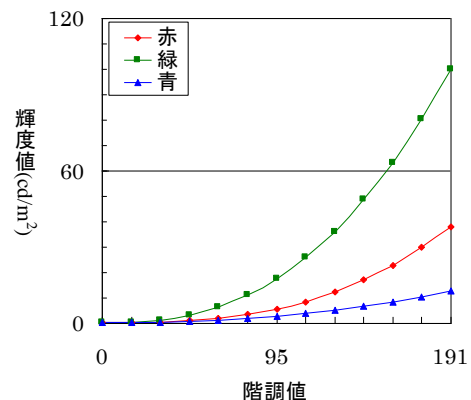


図2 サブピクセルの階調と輝度関係

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においても、サブピクセル毎の輝度は必ずしも同一ではなく輝度差が生じる場合が存在する。従って、ディスプレイ上で2色を切り替えて表示した時のサブピクセル毎の輝度差がちらつきの有無に影響を及ぼすと考える。

5. サブピクセル毎の輝度変化に対するちらつきの有無

5.1 実験方法

4.2 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調査を行った。実験に用いた使用色1の階調値を表3に示す。使用色2は使用色1と同系色で階調値(輝度値)の異なる色とし、以下に示す方法によって階調値(輝度値)を変更した時のちらつきの有無を目視調査した。

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

なお、使用色の輝度値から階調値への変換、被験者、実験に用いた器具、並びに設定条件は4.1節と同様である。

5.2 実験結果

赤のサブピクセルにおける結果を例として図3に示す。①の赤線は使用色1の輝度、②の紫線は使用色1に対するちらつきの認められない輝度の下限、③の橙線は使用色1に対するちらつきの認められない輝度の上限を示している。なお、①-②、①-③の範囲は、被験者の過半数以上(8名以上)が“ちらつきなし”と評価した輝度範囲を示している。①に対して、②と③は平行な関係にあり、ちらつきの認められない輝度範囲は使用色1の輝度値に対して約±

表1 使用色(同一輝度を用いた場合の評価用)

輝度色	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
赤	116	148	172	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
緑	77	100	117	130	142	152	161	171	180	/	/	/	/	/
青	96	124	146	163	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
イエロー	68	88	104	115	126	134	143	151	158	163	170	176	182	186
シアン	69	91	108	121	132	142	152	160	169	178	185	/	/	/
マゼンタ	101	130	151	170	185	/	/	/	/	/	/	/	/	/

* 輝度:cd/m²,赤:(n,0,0),緑:(0,n,0),青:(0,0,n),
イエロー:(n,n,0),シアン:(0,n,n),マゼンタ:(n,0,n)

表2 使用色の組み合わせとちらつきの有無

輝度組	RG	RB	RY	RC	RM	GB	GY	GC	GM	BY	BC	BM	YC	YM	CM
10	○	x	x	○	○	x	○	○	○	x	x	x	○	○	○
20	x	/	x	x	○	/	○	○	x	/	/	/	○	x	x
30	x	/	x	x	x	/	x	○	x	/	/	/	○	x	x
40	/	/	/	/	/	/	x	○	x	/	/	/	x	x	x
50	/	/	/	/	/	/	x	○	x	/	/	/	x	x	x
60	/	/	/	/	/	/	x	○	/	/	/	/	x	/	/
70	/	/	/	/	/	/	x	○	/	/	/	/	x	/	/
80	/	/	/	/	/	/	x	○	/	/	/	/	x	/	/
90	/	/	/	/	/	/	x	x	/	/	/	/	x	/	/
100	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	/
110	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	x	/	/

* R:赤,G:緑,B:青,Y:イエロー,C:シアン,M:マゼンタ
* ○:過半数(8人)以上がちらつきなしと評価

表3 使用色(サブピクセルの評価用)

輝度色	2.5	5.0	7.5	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0
赤	/	/	/	116	148	172	/	/	/	/	/	/
緑	/	/	/	77	100	117	130	142	152	161	171	180
青	96	124	146	163	/	/	/	/	/	/	/	/

* 輝度:cd/m²,赤:(n,0,0),緑:(0,n,0),青:(0,0,n)

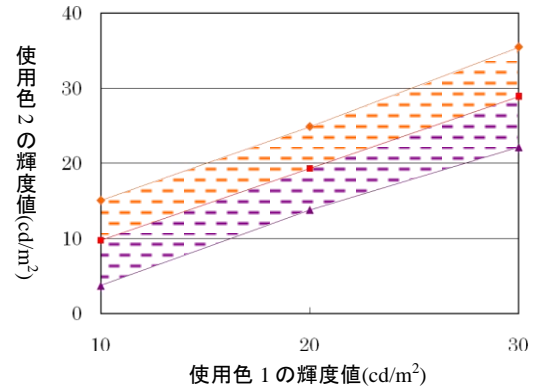


図3 赤のサブピクセルにおける輝度変化に対するちらつきの有無

5.5 cd/m²の範囲内であることがわかる。同様に、緑のサブピクセルでは約±5.5 cd/m²の範囲内、青のサブピクセルでは約±2.5 cd/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。

6. まとめ

本研究では、液晶ディスプレイ上で色を交互に切り替えて表示する手法を提案し、切り替え表示時におけるちらつきについて検討を加えた。本研究で得られた成果をまとめると以下ようになる。

- (1)同一輝度の2色を切り替えて表示した場合においても、ちらつきの認められる組み合わせと認められない組み合わせが存在することを明らかにした。
- (2)サブピクセル毎の輝度の切り替わりがちらつきの有無に影響を及ぼすことを明らかにした。
- (3)液晶ディスプレイのサブピクセルの輝度が赤：約 5.5 cd/m², 緑：約 5.5 cd/m², 青：約 2.5 cd/m²以下で切り替わる場合にちらつきの認められないことを明らかにした。

謝辞

本研究の遂行に協力下された本学大学院工学資源学研究所 景山陽一准教授および高橋毅技術専門職員に謝意を表します。

参考文献

- [1]小野 東, “電子透かしとコンテンツ保護”, オーム社 (2001).
- [2]山中 善好, “デジタルコンテンツの権利保護と流通”, 情報処理学会誌, Vol.40, No.5, pp.480-485 (1998).
- [3]日本視覚学会, “視覚情報処理ハンドブック”, 朝倉書店 (2000).
- [4]上山 清二, “Web サイト：情報処理概論”, <http://www.infonet.co.jp/ueyama/ip/hardware/rgb.html>.
- [5]相澤 清晴, 齊藤 隆弘, 森田 寿哉, 千葉 滋, 平山 雄三, 牧 敦, “コンテンツの生体への影響に関する調査・研究報告書”, 総務省 (2004).
- [6]大石 巖, 畑田 豊彦, 田村 徹, “ディスプレイの基礎”, 共立出版 (2001).