

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00145

研究課題名(和文) 継時加法混色を利用した画像へのメタデータ埋め込みに関する研究

研究課題名(英文) Study on embedding metadata into images using successive additive color mixing

研究代表者

石沢 千佳子 (Ishizawa, Chikako)

秋田大学・理工学研究科・講師

研究者番号：00282161

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：液晶ディスプレイ(LCD)に表示された画像を保護可能な方式を確立するために、色の異なる2枚の画像をLCD上で高速に切り替えて表示する手法を提案し、切り替え表示に用いる2枚の画像を作成する手法を構築した。具体的には、切り替え表示時にちらつきを発生しない色の組み合わせ方を明らかにした。また、ちらつきを伴わずに目的の色を混色可能な2色を選定する方式、およびオリジナル画像中の色を文字形状に改変して2枚の画像を作成する方式を構築した。作成された2枚の画像をLCD上で切り替え表示した場合、オリジナルと同様の色の画像を知覚可能であるものの、カメラで撮影された画像には文字情報が写ることを確認した。

研究成果の概要(英文)：In order to establish a method capable of protecting images displayed on a liquid crystal display (LCD), this study proposed a method of switching two images of different colors on the LCD and constructed a method to create two images for switching. A combination of colors not causing flicker at the time of switching became clear. A method of selecting two colors that can display the target color without flicker and a method of modifying the color in the original image to the shape of the letter to create two images were constructed. When two images created are switched on the LCD, it is confirmed that letters appear in the image captured by the digital camera though the image of the same color as the original is perceived.

研究分野：知覚情報処理

キーワード：視覚特性 継時加法混色 カラーマネジメント 情報ハイディング 著作権保護

1. 研究開始当初の背景

カメラ付き携帯電話やスマートフォンの普及に伴い、手軽に写真撮影が行われるようになった。しかしながら、その一方で、撮影されたテレビ放送画面の画像がインターネット上で公開されるなど、著作権侵害が多数発生している。デジタル画像のコピー防止には電子透かしを用いる方式が提案されているものの、テレビ画面やコンピュータディスプレイに映し出された画像は、その時点でアナログデータに変換されているため、無防備な状態になる。すなわち、不正コピー防止技術で保護された画像であっても、ディスプレイに表示されて一旦アナログ化されると、第三者がデジタルカメラなどを使って再度デジタル化し、不正に使用することが可能になるという問題がある。

一方、人間の視覚には、複数の色が高速に切り替わって提示された場合に混合された色を知覚する特性がある（継時加法混色）。そこで、継時加法混色の原理を利用し、オリジナルとは異なる色の画像をディスプレイ上で切り替えて表示することによって、オリジナルと同様の色の画像を知覚可能であるものの、デジタルカメラなどを用いて取得される画像はオリジナルとは異なる色の画像となるような画像表示方式の開発が可能ではないかと考える。

研究代表者はこれまでに、輝度値が同一である 2 枚の単一色画像を液晶ディスプレイ（以降、LCD）上で切り替え表示したときに 2 色の中間的な色が知覚されること、LCD の画素を構成している赤、緑、青のサブピクセルの輝度がそれぞれ一定の範囲内で切り替わるときにちらつきを伴わない切り替え表示が可能であること、などを明らかにしている。さらに、色を改変する領域の形を画像の作者名や公開元ホームページの URL といった文字の形状にすることが可能になると、デジタルカメラなどを用いて取得された画像上に著作権情報や公開元 URL などのメタデータを目に見える形で表すことが可能になり、画像の保護効果が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、オリジナル画像中の色を文字の形状に改変して色の異なる 2 枚の画像を作成し、作成された画像を液晶ディスプレイ上でリフレッシュレートと同じ速度で交互に切り替えて表示することによって、オリジナル画像と同等の画像を知覚可能な手法を開発することを目的とする。具体的には、(1) ちらつきを発生させることなく切り替え表示を行うことが可能な色の組み合わせを明らかにし、(2) オリジナル画像中の色を文字形状に改変する方式を検討する。さらに、(3) 切り替え表示を行っている最中にデジタルカメラを用いて撮影された画像と知覚された画像を比較し、文字情報（メタデータ）の埋め込みによる画像の保護効果を検討する。

3. 研究の方法

(1) ちらつきを発生しない色の組み合わせ

階調値の異なる単一色画像（無彩色および有彩色）を LCD 上で異なる速度で切り替えて表示し、ちらつきの有無を評価する。また、切り替え表示に用いた 2 色の輝度差と目視評価結果を照合し、ちらつきを発生させることなく切り替え表示を行える色の組み合わせ方式を明らかにする。

(2) オリジナル画像中の色を文字形状に改変する方式

LCD の入出力特性は曲線で表されるため、目的の色を混色可能な 2 色を選定するときに、実際に LCD 上に表示される色の色度を用いる必要がある。そこで、はじめに、RGB 値を LCD 上に表示される色の XYZ 値に変換する方式を作成する。次に、切り替え表示を行ったときに知覚される色は 2 色の中間的な色であること、および上記(1)で明らかにされた色の組み合わせ方式を考慮し、切り替え表示に用いる 2 色の選定方式を作成する。その後、オリジナル画像中の色を文字形状に改変して 2 枚の画像を生成する方式を作成する。

(3) 撮影された画像と知覚された画像の比較

文字形状に色の改変された 2 枚の画像を LCD 上で切り替えて表示し、被験者による閲覧とデジタルカメラによる撮影を行い、画像中に埋め込まれた文字の認識の可否について評価する。

4. 研究成果

(1) ちらつきを発生しない色の組み合わせ

階調値が 0～255 の範囲で 32 ずつ異なるグレースケール画像を 2 枚ずつ組み合わせ、100Hz、120Hz、144Hz の各速度で切り替え表示を行ったときのちらつきの有無について被験者 19 名（20 代男性 16 名、女性 3 名、虹彩：ダークブラウン）による目視評価を行った。その結果、LCD の一般的なリフレッシュレートの 2 倍の速度（120Hz）よりも高速な速度で切り替えることがちらつきの低減に有効である結果が得られた（図 1 参照）。

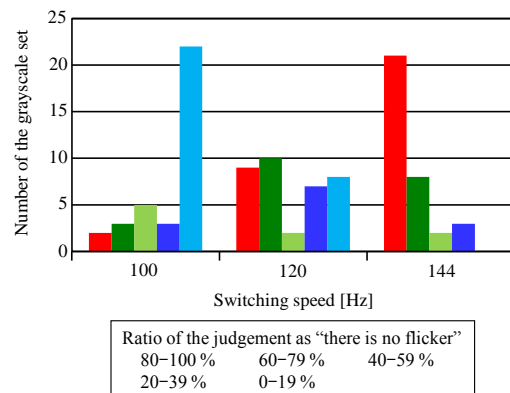


図 1 切り替え速度とちらつきの有無

階調値が 0~255 の範囲で 64 ずつ異なる赤、緑、青を 2 種類ずつ組み合わせ、100Hz、120Hz、144Hz の各速度で切り替え表示を行ったときのちらつきの有無について被験者 25 名(20 代男性、虹彩：ダークブラウン)による目視評価を行った。その結果、緑を用いた組み合わせにおいてちらつきの発生する傾向が認められた。

切り替え表示に用いた 2 色の輝度差と目視評価結果を照合した結果、2 色の輝度差が階調値レベル毎に一定の範囲内に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ことが明らかになった。例えば、グレーを切り替え表示に用いる場合、図 2 の赤枠内にある組み合わせの色を用いることにより(一方のグレーの階調値が 0~127 の場合、輝度差が約 70cd/m² 以内となる色、すなわち階調値が 0~127 の色と組み合わせることにより)ちらつきの発生しない切り替え表示が可能である。さらに、緑を用いた場合にちらつきの発生する傾向のあることを考慮し、本研究で用いた LCD では、以下の 3 種類の条件の何れかに合致する組み合わせの色を用いることにより、ちらつきの発生しない切り替え表示が可能であることを明らかにした。

- ・ 2 色の階調値が 0~126 の範囲内であり、且つ階調値差が 95 以下である
- ・ 2 色の階調値が 127~190 の範囲内であり、且つ階調値差が 95 以下である
- ・ 2 色の階調値が 191~255 の範囲内である

(2)オリジナル画像中の色を文字形状に改変する方式

LCD 上に表示した階調値 255 の赤、緑、青、および階調値 0 の黒の各 XYZ 値(予め計測)を用いて、RGB 値を XYZ 値へ変換する方式を作成した。

変換式

$$X = (X_{\max} - X_k) \times (N/255)^{2.3} + X_k$$

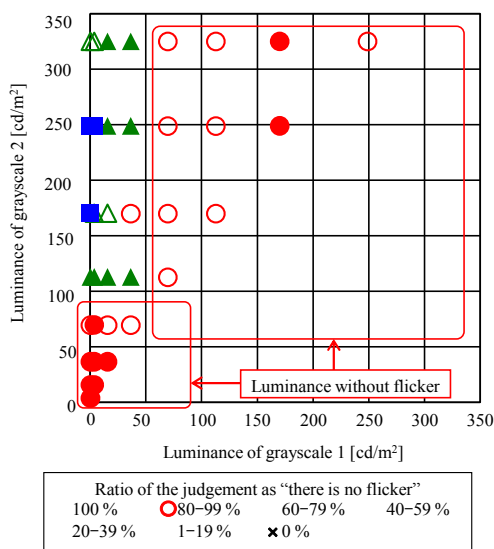


図 2 グレーの輝度とちらつきの有無

ここで、X は LCD 上に表示される色の X 値、X_{max} は階調値 255 の赤の X 値、X_k は黒の X 値、N は RGB 値の R 成分の値である。Y 値および Z 値を求める場合も同様の計算を行う。

切り替え表示に用いる 2 色の選定方式を作成した。一連の流れを以下に示す。

Step1: 変換式(研究成果(2))から求めた X 値に を加算および減算した値を算出し(の値は 3/4, 1/2, 1/4 など)、算出値に最も近い整数値を階調値とする。

Step2: Step1 で求めた 2 種類の階調値がちらつきを発生しない条件(研究成果(1))に合致する場合、当該階調値を R 成分の候補とする。

Step3: Y 値および Z 値についても Step1 および Step2 と同様の計算を行い、G 成分と B 成分の候補となる階調値を求める。

Step4: R, G, B 各成分の階調値を組み合わせ、2 色の輝度差が最小となる組み合わせを切り替え表示に用いる 2 色の階調値(RGB 値)とする。

明るさの異なる無彩色 15 種類および明るさと色相の異なる有彩色 210 種類を再現対象色とし、選定された 2 色の切り替え表示によって LCD 上に現れた色を計測した。その結果、切り替え表示によって現れた色と再現対象色の色度はほぼ同一であり、目的とする色を良好に混色可能な 2 色の選定が行えた。

オリジナル画像中の色を文字形状に改変して 2 枚の画像を生成する方式を作成した。具体的には、はじめに、オリジナル画像から RGB 値を読み出し、選定方式(研究成果(2))を用いて 2 種類の RGB 値を求め、求めた RGB 値を用いて 2 枚の画像を作成した。次に、2 枚の画像それぞれにマスク処理を施して文字形状領域を抽出し、抽出された領域の RGB 値を 2 枚の画像間で入れ替えた。作成された画像の例を図 3 に示す。

(3)撮影された画像と知覚された画像の比較

メタデータの埋め込まれた 2 枚の画像を LCD 上で 144Hz の速度で切り替え表示し、文字が認識されるか否かについて被験者 23 名(20 代男性 20 名、女性 3 名、虹彩：ダークブラウン)による目視評価を行った。その結果、文字が認識されなかった割合(オリジナル画像と同様に知覚された割合)は、自然画像で 52.2%、人工画像で 91.3%であった。また、切り替え表示中の LCD 画面を、デジタルカメラを用いて 5 種類のシャッタースピード(1/80s, 1/100s, 1/125s, 1/160s, 1/200s)で撮影した。その結果、画像の切り替え速度を上回る速さのシャッタースピード(1/160s, 1/200s)で撮影された画像には、メタデータが明確に写ることが確認できた(図 4 参照)。



(a) 自然画像



(b) 人工画像

図3 メタデータの埋め込まれた画像の例

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

C. Ishizawa, N. Araya, Y. Kageyama and M. Nishida, "Comparison between Measurements and Estimated Chromaticity of Colors Displayed by Switching Two Colors on a Liquid Crystal Display", Journal of the Institute of Industrial Applications Engineers, Vol.4, No.1, pp.19-25, (2016) DOI: 10.12792/JIAE.4.19

C. Ishizawa, S. Kitano, Y. Kageyama and M. Nishida, "Speed and Brightness Verification while Switching Two-Brightness without Flicker on a Liquid Crystal Display", IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol.6, No.1, (2018) (in press)

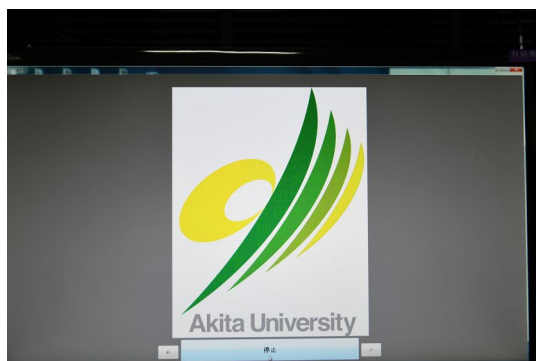
S. Kitano, C. Ishizawa, Y. Kageyama and M. Nishida, "Reduction Condition of Flicker during Switching of Two-colors for Protection of Image Displayed on a Liquid Crystal Display", International Journal of the Society of Materials Engineering for Resources, Vol.23, No.2, (2018) (in press)



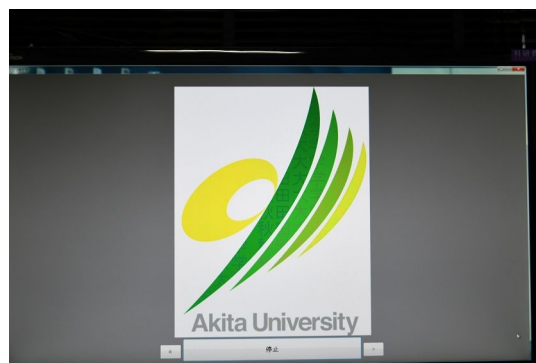
(a) 自然画像 1(シャッタースピード 1/100s)



(b) 自然画像 2(シャッタースピード 1/160s)



(c) 人工画像 1(シャッタースピード 1/100s)



(d) 人工画像 2(シャッタースピード 1/160s)

図4 撮影された画像の例

〔学会発表〕(計 11 件)

C. Ishizawa, N. Araya, Y. Kageyama and M. Nishida, "Measurement of Chromaticity of Colors Displayed by Switching Two Colors on a Liquid Crystal Display", The 3rd IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2015, pp.180-186, (2015)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 西田 眞 "LCD に表示される色の色度推定とちらつきに関する検討", 平成 27 年度日本知能情報フアジィ学会東北支部研究会, T2-3, (2015)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 西田 眞, "切り替え表示を用いて LCD 上に出力する色の推定とちらつきに関する検討", 日本素材物性学会 平成 28 年度(26 回)年会, A-20, (2016)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 西田 眞, "液晶画面上での継時加法混色によるちらつきに関する検討", 平成 28 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2G14, (2016)

C. Ishizawa, S. Kitano, Y. Kageyama and M. Nishida, "Speed Verification for Two-Color Switching without Flicker", The 5th IEEEJ International Workshop on Image Electronic and Visual Computing 2017, 1P-3, (2017)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 西田 眞, "LCD 上での色の切り替え表示に伴うちらつきの発生条件に関する検討", 情報処理学会第 79 回全国大会, 5N-03, (2017)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, 西田 眞, "LCD 上での切り替え表示に用いる 2 色の輝度差とちらつきに関する検討", 平成 29 年度電気関係学会東北支部連合大会, 1H18, (2017)

Shogo KITANO, Chikako ISHIZAWA, Yoichi KAGEYAMA and Makoto NISHIDA, "Reduction of Flicker while Displaying Images by Switching Two-Colors on a Liquid Crystal Display", The Eighth International Conference on Materials Engineering for Resources, pp.359-364, (2017)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一 "LCD 上での継時加法混色による色の再現性に関する検討", 第 19 回日本感性工学会大会, P02, (2017)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, "継時加法混色による疑似的画像表示法の開発に関する研究", 平成 29 年度 情報処理学会東北支部研究会, #5, (2017)

北野 将伍, 石沢 千佳子, 景山 陽一, "有彩色を用いた LCD 上での継時加法混色による色の再現性に関する検討", 第 18 回 計測自動制御学会システムイン

テグレーション部門講演会, 1C2-18, (2017)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等
<http://adeos6.ie.akita-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

石沢 千佳子 (ISHIZAWA Chikako)
秋田大学・理工学研究科・講師
研究者番号: 00282161

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし