

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 6日現在

機関番号	12601
研究種目	挑戦的萌芽研究
研究期間	2012～2012
課題番号	24656109
研究課題名（和文）	ディザ近似を用いた色数を制限しないロバストなカラー・ユニバーサルデザイン
研究課題名（英文）	Robust Color Universal Design without Restricting Colors and Their Combinations Using Lightness Contrast Dithering
研究代表者	
	村上 存 (MURAKAMI TAMOTSU)
	東京大学・大学院工学系研究科・教授
	研究者番号：20212251

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、明度差ディザ近似によるカラー・ユニバーサルデザインのカラーパターンについて、異なる照明条件に対するロバスト性の基礎データを得ることである。照度3水準（100lx、500lx、1000lx）、色温度3水準（2800K、5500K、8000K）について評価実験を行い、低照度において視認性は低下するが、色温度に関しては有意差を示さないという結果を得た。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to obtain basics data for a robustness against different lighting conditions of the color universal design method using lightness contrast dithering approximation. Color patterns generated by lightness contrast dithering approximation are evaluated about visibility under different lighting conditions: three levels of illuminance (100lx, 500lx, 1000lx) and three levels of color temperature (2800K, 5500K, 8000K). The experiments are conducted for 19 subjects. The results show that the visibility decreased in low illumination, but there are no significant difference about the color temperature.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：カラー・ユニバーサルデザイン、明度差ディザ近似、ロバスト性

1. 研究開始当初の背景

従来のカラー・ユニバーサルデザインの代表的なアプローチは、色覚異常者にとって識別が可能な色の組合せのみを用いるものであり、結果として使用できる色数が減ることに通じていた。それに対して研究代表者は、色を明度差ディザ近似表現することによって、使用する色を制約しない新しいアプローチの可能性を着想した。基礎的研究により、照明条件等が統制された実験室環境においては、着想が有効である見通しが得られたが、実用的な有効性のためには、プリンタやディ

スプレイの表現可能色域の制約を考慮する必要があること、一般的な照明環境下でも目的を果たすように明度差ディザの演色性を考慮する必要があること、が明らかとなった。

2. 研究の目的

本研究は、色を明度差ディザリングで近似表現し、正常色覚者は色で、色覚異常者は明度差ディザリングの有無または相違により、色領域を識別するというものである。そこでまず、プリンタの印刷色域が明度差ディザ近似による元の色の合成再現性に及ぼす影響

を、色空間中から適切にサンプリングされたいくつかのカラーサンプルについて評価実験し基礎データをとる。次に、人が日常生活において経験する、印刷物やコンピュータディスプレイを見る際の照明条件を列挙し、実験に用いる条件の組合せを選定する。そして、その照明条件かにおいて、さまざまな明度差ディザ近似のパラメータ値を組み合わせたカラーサンプルを作成し、複数被験者による実験によりその識別性を評価して統計的に分析する。その結果を用いて、照明条件による演色性なども考慮した、色数を減らさないロバストなカラー・ユニバーサルデザイン手法として取りまとめる。

3. 研究の方法

本研究では、正常色覚では識別可能であるが色覚異常では識別困難な色の組み合わせによる文字サンプルに対して、背景に明度差ディザ近似を適用したカラーサンプルを作成する。

カラーサンプルは、これまでの研究で色評価用の標準的な照明環境での実験で「可読性がある」と判定された、下記のパラメータを用いる。評価サンプルに書かれている文字は、部分的に識別できただけで残りの部分を推定で補って回答することがないように、フォントを崩したひらがな、カタカナ、数字、漢数字、アルファベットを用いる。文字の複雑度については、うまく残差に含まれるように複数サンプル中に配分する。有彩色のディザ、無彩色のディザの影響を調査するため、前景と背景の色の組を入れ替え、2通り（図1、図2）で行う。

元カラーパターン（図1(a)、図2(a)）は、P型色覚異常にとっては識別が困難な無地色の組み合わせである（図1(b)、図2(b)）が、本研究の明度差ディザ近似により、ある明暗（明度差 $\pm \Delta L$ ）であるサイズ（縦縞の場合は縞の幅）のディザパターンを適用すると（図1(c)、図2(c)）、見た目の色相は変えずに、P型色覚異常にとっての識別性を向上することができる（図1(d)、図2(d)）。

本研究では次のパラメータの組み合わせを用いた。

色（標記は sRGB）：

グレー (R, G, B)=(150, 150, 150)

青緑 (R, G, B)=(74, 155, 156)

明度差 $\pm \Delta L^*$ ： 4, 7

ディザサイズ： 0.4, 0.5 (mm)

パターン： 縦縞

視距離： 40cm



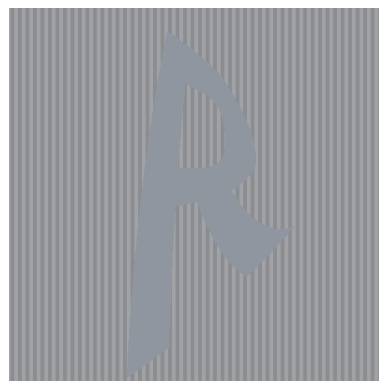
(a) 元カラーパターン



(b) 色覚異常模擬



(c) 明度差ディザ近似



(d) 明度差ディザ近似の色覚異常模擬

図1 カラーサンプル（文字：有彩色）



(a) 元カラーパターン



(b) 色覚異常模擬



(c) 明度差ディザ近似



(d) 明度差ディザ近似の色覚異常模擬

図2 カラーサンプル (文字: 無彩色)

照明条件は、次の組み合わせを適用する。

色温度: 3水準 (2800K, 5500K, 8000K)
 照度: 3水準 (100lx, 500lx, 1000lx)
 計9水準

被験者は正常色覚者19名で、P型色覚異常の色覚を模擬する眼鏡(バリエントール)を着用してもらい、正常色覚者を模式的に色覚異常者として扱う。カラーサンプルを一つずつ提示し、読めた文字を解答してもらおう。読めない場合は、読めないと解答してもらおう。カラーサンプル提示から解答までの所要時間を計測、記録する。

4. 研究成果

分散分析と多重比較分析を行い、解答とパラメータの関係を分析した。目的変数は、解答の可否と、読むのにかった時間の逆数である(読めなかった場合は0とする)。説明変数は照度、色温度、ディザサイズ、明度差である。分散分析において、色温度に有意な差が見られなかったため、残差に含めて分析をし直した。その結果を表に示す。

表1 解答の正否を目的変数とした分散分析の分散分析表

因子	Type III 平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
照度	0.0105	2	0.0053	1.8092	0.1642	
ディザサイズ	0.0031	1	0.0031	1.0532	0.3050	
明度差	0.0031	1	0.0031	1.0532	0.3050	
照度 * ディザサイズ	0.0194	2	0.0097	3.3299	0.0361	*
照度 * 明度差	0.0194	2	0.0097	3.3299	0.0361	*
ディザサイズ * 明度差	0.0119	1	0.0119	4.1035	0.0430	*
照度 * ディザサイズ * 明度差	0.0105	2	0.0053	1.8092	0.1642	
誤差	3.9109	1346	0.0029			
全体	3.9882	1357				

** : 1%有意 * : 5%有意

表2 「照度」の各水準における「明度差」の多重比較検定

目的変数	手法	照度	水準1	水準2	P 値	判定
正否	Scheffe	100	4	7	0.0086	**
		500	4	7	0.3857	
		1000	4	7	1.0000	

** : 1%有意 * : 5%有意

表3 「照度」の各水準における「ディザサイズ」の多重比較検定

目的変数	手法	照度	水準1	水準2	P 値	判定
正否	Scheffe	100	0.4	0.5	0.0086	**
		500	0.4	0.5	0.3857	
		1000	0.4	0.5	1.0000	

** : 1%有意 * : 5%有意

表 4 1/s を目的変数とした分散分析の分散分析表

** : 1% 有意 * : 5% 有意

因子	TypeIII 平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
照度	8.7551	2	4.3775	251.8316	0.0000	**
ディザサイズ	0.5611	1	0.5611	32.2815	0.0000	**
明度差	0.8640	1	0.8640	49.7020	0.0000	**
照度 * ディザサイズ	0.0646	2	0.0323	1.8585	0.1563	
照度 * 明度差	0.0208	2	0.0104	0.5973	0.5505	
ディザサイズ * 明度差	0.1295	1	0.1295	7.4486	0.0064	**
照度 * ディザサイズ * 明度差	0.0066	2	0.0033	0.1902	0.8268	
誤差	23.5711	1356	0.0174			
全体	33.9727	1367				

以上、明度差ディザ近似によるカラーサンプルは、低照度において視認性は低下し、高照度において視認性が向上する、色温度に関しては視認性の有意差を示さないという結果を得た。このことは、明度差ディザ近似が、色（相）を変える従来のカラー・ユニバーサルデザインと異なり、色相はできるだけ変えずに明度のみ差をつける方法であることから、その原理から考えても妥当な結果であると考察される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 2 件)

- (1) Yuki OMORI, Naoto MITSUISHI, Tamotsu MURAKAMI and Takumi IKEDA, Color Universal Design without Restricting Colors and Their Combinations Using Lightness Contrast Dithering, Proceedings of 2012 Design Engineering Workshop (DEWS 2012), Sungkyunkwan University, Seoul and Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea, 2012, pp. 87-92
- (2) 大森有貴、村上存、三石直人、池田卓美、ディザ近似を用いた色数を制限しないカラー・ユニバーサルデザイン、日本機械学会第 22 回設計工学・システム部門講演会講演論文集、広島大学、広島、2012、pp. 213-222

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称：画像処理装置、画像処理方法、画像処理プログラム

発明者：村上存、三石直人、大森有貴、池田

卓美

権利者：同上

種類：特許

番号：特願 2013-005433

出願年月日：2013 年 1 月 16 日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 存 (MURAKAMI TAMOTSU)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：20212251