

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00249

研究課題名(和文)色覚異常者における誘目領域推定アルゴリズム

研究課題名(英文)A new estimation algorithm of visual salient region for color vision deficiency

研究代表者

目黒 光彦(MEGURO, Mitsuhiko)

日本大学・生産工学部・准教授

研究者番号：20323884

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：最初に、実施した研究の概要について述べる。色覚異常は、ヒトの持つ三種類の錐体細胞の内、どの細胞が欠落または感度特性が正常からずれているかにより、三種の特性に分類される。錐体細胞が欠落している状態を色盲、感度特性のずれを生じている場合を色弱と呼ぶ。色弱者の色弱の型の分類と色弱度合いを判定する簡易な判定表を作成するための、色の組み合わせの求め方、および、提案手法による色覚検査表の作成法に関する研究を行った。次に、研究の成果について述べる。色弱者のうち、特に多いと言われるP型、及び、D型の分類、および色弱の度合いを判定可能な色覚検査表を作成し、その検査表の有効性について実験を通じて明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義について述べる。色覚異常には、網膜に三種類ある錐体細胞のうち、いずれかの錐体が欠落している色盲と、いずれかの錐体の分光感度特性にずれを生じている色弱がある。本研究では、どの錐体細胞による色盲か、色弱であると判定することができるほか、色弱の強弱の程度を、一見して計ることのできる色覚検査表を作成することができた。次に本研究の社会的意義について述べる。本研究成果により、眼科医による診断をする前に、自らの色覚特性を認識することができることに意義がある。

研究成果の概要(英文)：First, we describe the outline of the research. Color blindness is classified into three types of characteristics, depending on which of the three types of cone cells possessed by humans is missing or whose sensitivity characteristics deviate from normal. The state in which cone cells are missing is called color-blindness, and the state in which sensitivity characteristics are deviated is called color-weakness.

We conduct the research on how to obtain color combinations and how to create a color vision test table by the proposed method in order to classify these characteristics. The types of color-weakness and the degree of color-weakness will be able to be classified by the simple color table.

Next, the results of the research will be described. We created a color vision test table that can determine the classification of P-type and D-type color-weakness, and the degree of color-weakness, and clarified the effectiveness of the test table through experiments.

研究分野：視覚色覚のモデル化

キーワード：色覚異常 色弱 色弱度 色覚実験 色覚検査表

1. 研究開始当初の背景

人は、ものを見るときに、つい、誘われるように目立つ領域や、興味のある、または、探している物体に視線を向けてしまう。これらの領域は、心理学等では誘目(サリエンシー)領域と呼ばれている。サリエンシー領域は、人間の視線追跡機器等を用いて、ある程度は視線の推移をモニタリングすることで推定が可能である。しかしながら、視線追跡装置は高価で、しかも、頭部、顔面に設置する機械により、常に視線追跡を実験することは困難である。さらに、実験協力者によって、視線の行き先が大いに異なることも多く、常に安定したサリエンシー領域を検出できるとは限らない。

そこで、カメラにより撮影された、ユーザが見ていると思われるカラー画像データのみから、サリエンシー領域を追跡するアルゴリズムが、L. Ittiら(1998)らにより提案された。これ以降、Ittiらの方法を改良したサリエンシーに関するアルゴリズムが種々提案されている。

次に、色盲・色弱者ら、色覚異常者の色覚に関する研究は、

- 1) 色盲者の錐体上で知覚する色覚特性のモデルに関する研究、
- 2) Web ページ制作における色の組み合わせ方の検討、
- 3) 色盲者のための色変換技法、等がある。

1) に関して、色覚特性を数式によるモデル化が H. Brettel(1997)らにより研究されている。このモデルを利用して、カラー画像から、色盲者の色覚特性により観測されるカラー画像を生成することができ、色盲者の視覚をコンピュータ上においてシミュレート可能となっている。2) は、インターネットにおける Web ページの色使いを、色覚バリアフリーに沿って作成する指針を検討したものであり、メーカーや個人らの成果を、Web 上で公表している状況である。3) では、我々も本研究と同様に、スタンフォード大における色盲者の見やすいように色変換を施したカラー画像を生成する研究や、静岡県立大の勝矢教授らによる弁別しやすいモノクロ画像に変更する方法が、既に研究されている。しかしながら、色覚異常者のためのサリエンシー領域を推定するアルゴリズムの研究はまだない。

2. 研究の目的

研究期間内において明らかにする点は、次の2点である。

- 1) 二色型色覚者を有するユーザ個人の異なる色の色覚認知の度合いを測定するシステム
- 2) 色覚認知の数理アルゴリズムのサリエンシーモデルへ援用の検証

1) では、色弁別の観測実験を通じて、二色型色覚者の色弁別の度合いを測定することで、色覚の度合いを推定するシステムの検証を行う。混同色のほか、混同しない色の組み合わせ、色の感知している相違の度合いを算出する。次に、提案されている色覚異常者の色覚の数理モデルを元に、色覚異常者のための反対色モデルを検討する。

2) では、サリエンシーモデルのアルゴリズムを提案し、そのモデルの実際の実験協力者の視線追跡結果と比較することで、サリエンシーモデルの妥当性を検証する。サリエンシーモデルの妥当性を検証することは困難であるものの、視線追跡結果と重ね合わせて、定量的評価を行う。サリエンシーには、視線の先の注視領域をサリエンシー領域とするオバート(陽)なサリエンシー、および、視線の先ではなく、無意識のうちに、視野内であるが注視領域外の領域への心理的な注意領域であるカバート(陰)なサリエンシーがある。時系列的な視線領域の検証を通じて、オバートな領域推定のみならず、カバートな領域推定の検証も行う。

実際の研究の進捗では、1)の段階のみの成果しか得られなかった。

3. 研究の方法

2. で述べた、1)に関する研究においては、実際に二色型色覚者が観測していると推測される色覚モデルによる色の見え方と、混同色線理論に基づく混同色の検出結果を比較し、混同色線理論、および、二色型色覚者の色覚モデルの有効性とその精度について精査する。二色型色覚者の色覚モデルにより求まる見え方による色差の関係から、定量的な色混同の度合いを算出するモデルを構築する。実験協力者に、同一色の二つのパッチを並べてディスプレイ上に表示させたものを見せ、一方のパッチの色のパラメータを徐々に修正させることで、色の差異に気づく弁別閾を調べるシステムを用いて、色弁別を定量的に算出する。これにより、二色型色覚者の色弁別の度合いを測ることができ、提案手法における処理方法の決定やその評価に科学的な判断を持ち込むことができる。

4. 研究成果

補助事業期間全体を通じて実施した研究の成果について、ここに述べる。色覚特性は個人個人で異なることが知られている。さらに、いわゆる色覚異常と呼ばれる色覚特性を持った人が、男性で5%にも上ることが知られる。色覚異常は、ヒトの持つ三種類の錐体細胞の内、どの細胞が欠落または感度特性が正常からずれているかにより、三種の特性に分類される。錐体細胞が欠落している状態を色盲、感度特性のずれを生じている場合を色弱と呼ぶ。得られた成果として、色弱者の色弱の型の分類と色弱度合いを判定する簡易な判定表を作成するための、色の組み合わせの求め方と、提案手法により得られた色覚検査表について成果を得た。色弱者の型の分類は、特に多いと言われるP型、及び、D型の分類を実現することが重要である。15種類の色相の異なるパッチの色を、最初のパッチの色から色の似た順に並べるD-15テストや、眼科での検診に用いられるアノマロスコープテストにより、通常は色覚の型が判別される。本研究では、眼科での検診が必要なく、一見することにより、色覚の型と、色弱の度合いが判定される色覚検査表を作成した。図1に色覚検査表例を示す。

得られた色覚検査表を用いて、心理学実験を行い、その有効性も確認した。まず、複数の色覚正常者に対して、ある度合いの色弱者の見えによる色覚検査表を見せる。そのとき、複数個あるパッチの中から、一個のみ色の異なるパッチを当てさせる。色弱の型や度合いを基に、作成した色覚検査表から、正確に色の異なるパッチを当てることができることを確認した。さらに、実際の色覚異常者の実験協力者にも色覚検査表を見てもらい、色弱の型を正しく判定することができ、さらに、色弱度合いも、眼科で得られていた度合いに近いことを確認した。



(a) P1 の $w = 1$ の P 型検査表



(b) P1 の $w = 0.8$ の P 型検査表



(c) P1 の $w = 0.6$ の P 型検査表



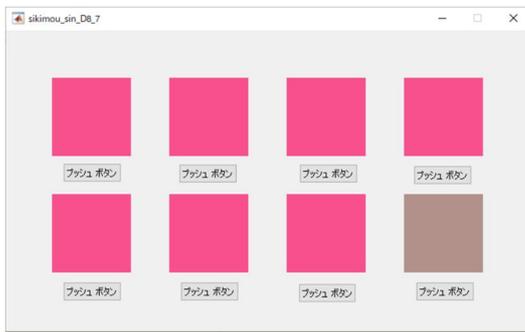
(d) P2 の $w = 1$ の P 型検査表



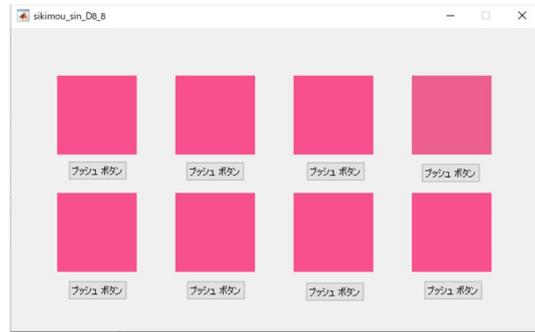
(e) P2 の $w = 0.8$ の P 型検査表



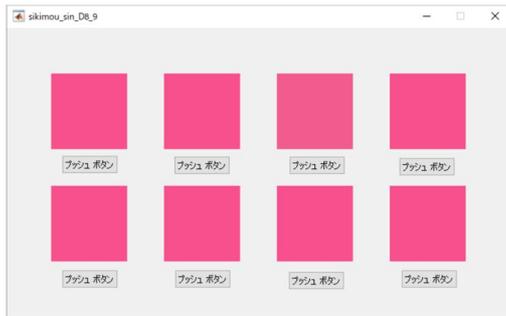
(f) P2 の $w = 0.6$ の P 型検査表



(g) D1 の $w = 1$ の D 型検査表



(h) D1 の $w = 0.8$ の D 型検査表



(i) D1 の $w = 0.6$ の D 型検査表



(j) D2 の $w = 0.8$ の D 型検査表



(k) D2 の $w = 0.8$ の D 型検査表



(l) D2 の $w = 0.6$ の D 型検査表

図 1 : 提案手法による色覚検査表例

【参考文献】

- [1] 高木幹雄, 下田陽久 (監修), “新編画像解析ハンドブック” 東京大学出版会, 東京, 2004.
- [2] 市川一夫, “知られざる色覚異常の真実,” 人はどのようにして色を感じているのか. 幻冬舎, 2015.
- [3] 天野みゆき, 鈴木永子, 河合美重子, 馬嶋昭生, “色覚検査における各種程度判定法の比較” 日本視能訓練士協会, 20 巻, pp.182-189, 1992.
- [4] F. Vienot, H. Brettel and J.D. Mollon, “Digital video colourmaps for checking the legibility of displays by dichromats,” Color Research. and Application., Vol.24, No. 4, pp.243-252, 1999.
- [5] 望月理香, 中村竜也, 趙晋輝, “色弁別閾値を基準とした新しい色弱補正法,” 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J94-A, No.2, pp.127-137, 2011.
- [6] 吉田豊彦, “色差式,” マテリアルライフ学会誌, Vol.19, No.3, pp.109-112, 2007.
- [7] 小松原仁, “許容色差データによる色差式の性能評価,” 照明学会誌, Vol.85, No.5, pp.293-297, 2004.
- [8] 色を測るといふこと <https://www.toyoink1050plus.com/color/chromatics/basic/005.php> (アクセス日: 2021/11/4)
- [9] 星野隆太, 目黒光彦, 古閑敏夫, “組み合わせ最適化に基づく色覚異常におけるカラー画像中の弁別困難色の変換” 電子情報通信学会技術研究報告, SIS, 106, pp.27-32, 2007.
- [10] 倉恒弘彦, “疲労および疲労感の分子・神経メカニズムとその防御に関する研究”, 文部科学省 生活者ニーズ対応研究, 「慢性疲労症候群に対する治療法の確立」, 2004.
- [11] Glanzer, M., Cunitz, A. R. “Two storage mechanisms in free recall.” Journal of

Verbal Learning and Verbal Behavior, 5, pp.351-360, 1966.

[12] 市川一夫 ; “ 仮現運動と運動知覚のメカニズム, ” 心理学評論, Vol134, No.2, pp.259-278, 1991.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kawai Mamoru, Meguro Mitsuhiko, Furuich Masakazu	4. 巻 1
2. 論文標題 Color Inspection Tables for Estimating Degree of Color-Defective Vision	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE 4th Global Cinfrence on Life Science and Technologies	6. 最初と最後の頁 386-387
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LifeTech53646.2022.9754890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 川合優, 目黒光彦, 古市昌一
2. 発表標題 提示順序の影響を取り除いた色弱度合い検査法
3. 学会等名 電子情報通信学会 HCGシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川合優, 目黒光彦, 古市昌一
2. 発表標題 混同色線を用いた簡易色弱度合い検査法
3. 学会等名 電子情報通信学会スマートインフォメディアシステム研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川合優, 目黒光彦, 古市昌一
2. 発表標題 色弱モデルを用いた簡易色弱度合い検査法
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------