

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K00377

研究課題名(和文) 初期視覚情報の変化に伴う色知覚変化の色恒常性等価知覚に関する研究

研究課題名(英文) Equivalent color perception of color constancy with changing the initial visual information

研究代表者

徳永 留美 (Tokunaga, Rumi)

千葉大学・大学院国際学術研究院・准教授

研究者番号：80573914

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：色恒常性とは照明により物理的にシフトした物体表面の色を、人の視覚系が視覚情報処理の過程において差し引くことができ、結果として物体の色が恒常的に見える現象である。本研究では、6色の照明光色と11色のテスト色票、異なる3つの周辺視覚条件を設定し、観察者の色の見えの心理物理実験を実施し、各周辺視覚条件に対する色知覚構造を求めた。周辺視覚条件が異なると色知覚構造における領域が異なり、物体表面の知覚と照明の認識との関係について検討可能なことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はヒトの色恒常性について検討するものである。実験では実物の色票、照明を設定し、それらが異なる視覚情報の周辺環境おかれた場合の色知覚を心理物理学手法により求めた。実験結果は色知覚構造として3次元座標にプロットした。周辺環境が異なると色知覚は異なるが、色知覚構造における領域の大きさ、形に変化があることが示された。このことから、人の照明の認識と物体表面の色知覚の関係性について検討手法を提案できることが示唆される。

研究成果の概要(英文)：Color constancy is a phenomenon in which the human visual system is able to subtract physically shifted colors due to illumination in the course of visual information processing, resulting in the color of an object appearing constant. In the experiment, eleven colors were selected as a color patch for judging its' appearance, and it was illuminated by one of six colors of light. Three peripheral conditions were set as the initial visual information for the color patches. Observers responded to the color appearance of each color patch by the elemental color naming.

Unlike the colorimetric values, the areas indicated by the color perception structure differed under peripheral conditions. These results suggest that the perceptual relationship between the object surface and illumination perception can be studied quantitatively in the perceptual color structure.

研究分野：心理物理学

キーワード：色恒常性 色知覚構造 エレメンタリーカラーネーミング 周辺環境 色の見えのモード

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は色知覚、特に色恒常性について色知覚構造を検討したものである。例えば、実空間で黄色の紙に青色の照明が当たり、青色の紙に黄色の照明が当たる場合に、両者が同じ色度(本例では無彩色)を反射するようにそれぞれの照明の色を設定する。この場合、視覚系への入力(物理的に同じとなり、測光値を定量的に表す色度図上では同一点として示される)。しかし、私たちはそれらを同一の色と知覚せず、黄色の紙は黄色、青色の紙は青色として見る¹⁾。物体色の色知覚の研究では、刺激の物理的な性質と人間の色知覚との対応をどのように表現するのが重要である。この議論の中で、既存の色度図では色を明度を加えた3次元で表現するのに対し、物体色の色知覚では物体と照明に対応する3次元以上の座標が必要だという提唱もある^{2,3)}。そこで、申請者は以前、実空間での実験を行い、物体色の色知覚は物体表面の色と関係する‘Material dimension’と照明の色と関係する‘Lighting dimension’から構成される6次元空間で表現されることを心理物理実験によって示した¹⁾。この6次元色知覚構造を用いることで、ある物体がある照明環境から別の照明環境に移った場合の色知覚の変化を、同一座標系上で表現でき、定量的な比較が可能となる。本研究では、異なる視覚情報に対して視覚系が‘Lighting dimension’をどのように処理しているのかに着目し、色知覚の実験を通して色恒常性のメカニズムについて検討する。

2. 研究の目的

人間の色知覚の定量化が困難である原因の一つが、色知覚には物その物の見えだけでなく、それが置かれている周辺情報が大きく関わっている点である。これまでの色知覚実験の多くは、その結果を色恒常性指数によって表現してきたが、色恒常性は完全には成立しない。そして、このことが視覚機能が不完全である印象を与えてきた。しかし、物の見えは視覚機能の視覚情報処理による結果であり、不完全とは考え難い。そこで本研究では、周辺の視覚情報の変化に対する色知覚として「色恒常性等価知覚」という概念を導入する。そして、いろいろな周辺視覚情報に対する色知覚を心理物理学的手法により測定し、様々な色票と照明光色の実験条件下における色知覚について色恒常性等価知覚の構造のモデル化を試みる。

3. 研究の方法

実験は幅 1.5m x 2.0m、高さ 1.5mの暗幕で覆われた暗室で実施した。暗室は、観察者のいる観察室と、刺激室の2つから設計され、2室の間には仕切り壁がある。観察者はその仕切り壁に明けられた枠を通して刺激室を観察する。刺激室の天井には、プロジェクタが設置されており、観察者が見えを判定するテスト色票周辺を照明している。テスト色票は観察者の目の高さに設定されており、テスト色票の大きさは視角で2.6度であった。本実験では、テスト色票の輝度と色度が保持された状態で、周辺刺激が異なる場合の色知覚を測定したいので、周辺刺激は図1に示すように、3条件を設定した。図1(a)IVI1は、仕切り壁の向こうに置かれているテスト色票が観察でき、観察者からはテスト色票だけが宙に浮いているように観察できる。(b)IVI2は、テスト色票の後ろ側に、奥行きをとって壁が設定され、(c)IVI3では横壁と床が設定される。

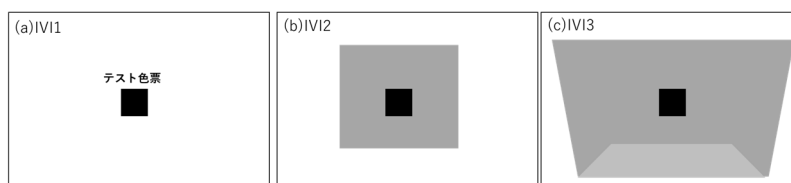


図1 テスト色票と異なる視覚刺激の周辺条件

テスト色票は11色とし、それらの色とマンセル値を表1に示す。照明光色は白、赤、黄、緑、青、紫の6色とした。テスト色票が白、赤1、黄、緑1、青1、紫1を抜粋し、これらの各照明光色におけるテスト色票の測色値を図2のCIE1976u'v'色度図に示す。測定は色彩輝度計(コニカミノルタ/CS150)により実施した。図中のバツ印はIVI1の周辺条件、三角はIVI2、丸はIVI3に対応し、プロットの色が色票の色、プロットの縁の色が照明光色に対応している。3つの周辺条件のプロットが重なっていることは、周辺条件によってテスト色票の色度が変化していないことを示している。

観察者は、テスト色票の見えに対してエレメンタリーカラーネーミングを実施した。まず、有彩色と無彩色の割合を応答した。次に、無彩色における黒と白の割合、有彩色における赤みか緑み、黄みか青みの割合を応答した。一つの周辺条件におけるテスト色票と照明色光の組合せである66に対する評価を1セッションとした。セッションは異なる日時で実施し、各周辺条件に10セッションを実施した。観察者は平均年齢22歳の5名で、いずれも石原色覚検査票において色覚正常であった。

表1 色票とマンセル表色値

色票	マンセル値
白	N9
灰	N4
赤1	10R6/10
赤2	10R8/6
黄	10Y6/10
緑1	10G6/10
緑2	10G8/6
青1	10B6/10
青2	10B8/6
紫1	10P6/10
紫2	10P8/6

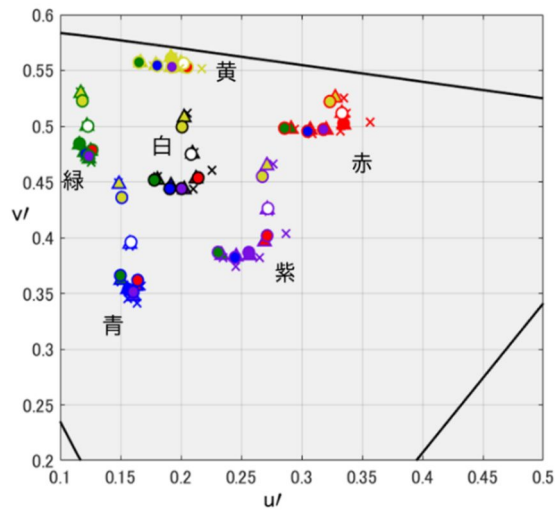


図2 6色の照明光色下のテスト色票(白、赤1、黄、緑1、青1、紫1)の色度図。プロットの色はテスト色票の色に対応し、プロットの線の色は照明光色に対応している。×, IVI1; ○, IVI2; △, IVI3。

4. 研究成果

本研究の成果として、実験結果を報告する。心理物理実験により取得したエレメンタリーカラーネーミングの結果は、極座標に変換された。テスト色票「赤1」が6色の照明光色で照明された場合の3つの周辺条件における観察者5名の平均値を図3に示す。図の中心が色みが0の場合で無彩色に対応しており、直径が色みの割合で知覚された彩度に対応している。円周は色相を示している。

周辺条件がIVI1の場合が、観察者にはテスト色票のみが呈示されており、観察者はテスト色票の照明について知らない状態となる。IVI2の条件では、テスト色票と背景も天井からの照明により照明され、IVI3の条件では、さらに、テスト色票とその周辺が照明されるため、観察者のエレメンタリーカラーネーミングの回答は異なってくる。図2の色度図では3つの周辺条件に対応する×、○、△のプロットは重なっているが、図3において周辺条件が異なることで値は異なっている。このことは、測色値は同じであるが、知覚的な彩度が異なることを示している。周辺条件がIVI1とIVI3でIVI3の方が、6色の照明下のプロットが繋ぐ領域が小さくなっている。これは異なる周辺条件で色知覚の構造が縮小していくことを示している。この傾向は他のテスト色票においても示された。この結果の表示手法により、エレメンタリーカラーネーミングから求める色知覚構造の変化を定量的に扱うことが可能となる。

異なる彩度のテスト色票、白、赤1、赤2の結果を図4に示す。図4の赤1は、図3と同じ結果である。テスト色票の彩度は、白、赤2、赤1で変化しており、色知覚の結果も彩度が高いほど、より赤方向へシフトしていることがわかる。

初期視覚情報であるIVIの条件が異なる場合の知覚的な彩度の変化とテスト色票の測色値の違いについて検討した。図5は横軸が $u'v'$ 色度図上の距離、縦軸がエレメンタリーカラーネーミングの結果

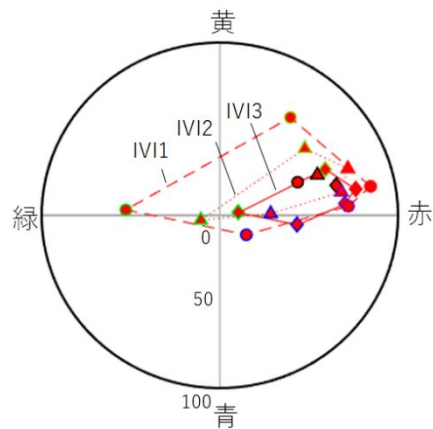


図3 3つの周辺条件のテスト色票赤1が6色の照明光色で照明された条件におけるエレメンタリーネーミングの結果

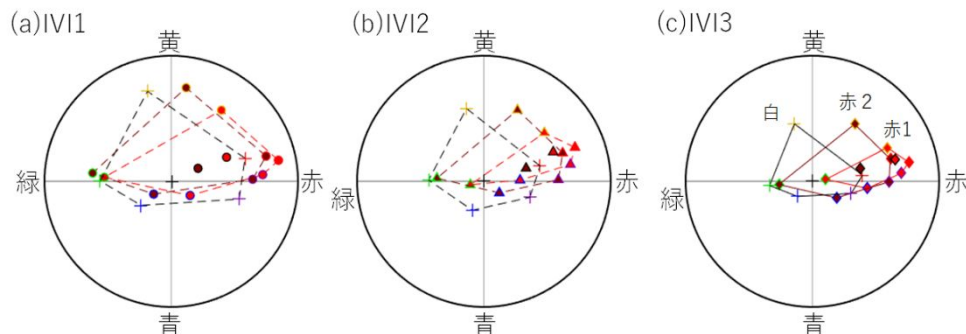


図4 テスト色票が白、赤1、赤2が6色の照明光色で照明された条件における周辺刺激条件ごとのエレメンタリーネーミングの結果

ーミングの極座標上の距離である。データはテスト色票が白、赤 1、赤 2、照明光色が赤色における 3 つの周辺条件の 9 点における全ての 2 点の組合せの距離を比較したものである。色知覚が測色値を反映しているとする、2 つの関係には相関があると予測できるが、図 5 においては無相関であった。このことは測色値と色知覚構造がことなる事を示している。そして、ある物体がある照明光色で照明された際の人の色知覚を予測する場合、測色値からは予測できないことを示している。

色恒常性という観点から本実験の結果を考察する。テスト色票の赤 1 が 6 色の照明光色で照明された場合の色知覚を周辺条件 3 つで繋いでプロットした図を図 6 に示す。図 3 を視覚情報の観点から再プロットしたものである。結果から視覚情報の増加により色知覚は変化していることが分かる。それぞれの周辺条件に対する結果は、それぞれ特定の視覚情報に対する観察者の色知覚であり、この知覚を色恒常性等価知覚とする。本実験においては完全な色恒常性はデータとして取得できていないが、彩度が高い場合の赤色のテスト色票は、図 6 の赤色の軸上で円周側に近いところへプロットされると予測できる。図 6 の結果は IVI1 から IVI3 へと変化すると、結知覚点は赤色の軸上で、かつ円周側へと移動している。照明光色は異なるがテスト色票赤 1 の色知覚は、色知覚構造においてはある点に収束するように移動している。図 6 はその方向を示していることになる。これらの線はそれぞれの周辺視覚情報に対する色知覚であり、色知覚構造における色恒常性等価知覚を示すことができた。この結果から、今後は周辺視覚情報を増やすことにより、各照明光色条件から得られる色恒常性等価知覚曲線の交点によりできる領域、もしくは点が存在することが示された。これらの領域、もしくは点が完全な色恒常性が成立しうる領域、もしくは点と定義できる可能性があることを示唆している。本研究によりエレメンタリーカラーネーミング法により得られた結果から、人が物体表面をどのような色として知覚し、それを照らす照明への認識はどうなっているのかについて、構造的に示すことができる可能性があることが示唆された。

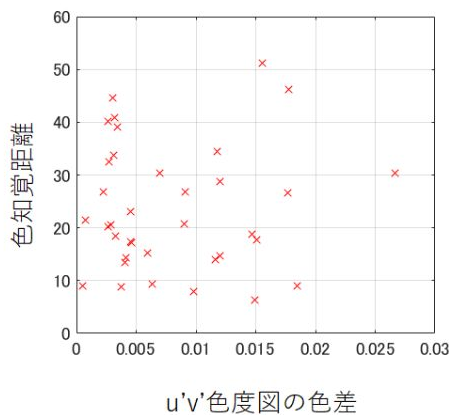


図 5 測色値と色知覚距離の比較

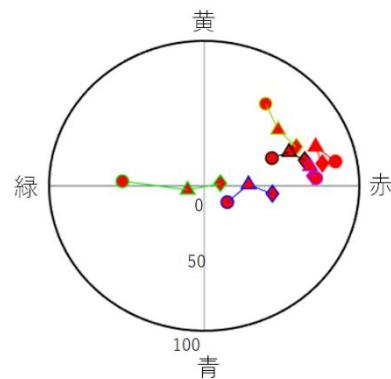


図 6 照明光色ごとの周辺条件が異なる場合の色知覚図 .○, IVI1; △, IVI2; ◇, IVI3.

< 参考文献 >

- (1) Tokunaga R. and Logvinenko A. (2010) *J. of Opt. Soc. of Am* **27**: 2551-2557.
- (2) MacLeod D.I. (2003) *Trends Cogn Sci* **7**:97-99.
- (3) Mausfeld R. (1998) in *Color vision*, eds Backhaus W, Kliegl R, Werner J. (De Gruyter: Berlin) 219-250.

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 Hsieh Tsuei-Ju Tracy, Kuriki Ichiro, Chen I-Ping, Muto Yumiko, Tokunaga Rumi, Shioiri Satoshi	4. 巻 20
2. 論文標題 Basic color categories in Mandarin Chinese revealed by cluster analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 6~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.20.12.6	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7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 大塚 薫, 徳永 留美
2. 発表標題 白磁のふるふる感の印象評価と色評価
3. 学会等名 日本色彩学会第51回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大塚 薫, 徳永 留美
2. 発表標題 白磁の印象評価に及ぼす照明の影響
3. 学会等名 2020年度(第53回)照明学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Panitanang N., Phuangsuwan C., Kuriki I., Tokunaga R., and Ikeda M.
2. 発表標題 THAI BASIC COLOR TERMS AND NEW CANDIDATE NOMINATION
3. 学会等名 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Takano, Y. Mizokami, K. Yokokawa, R. Tokunaga, T. Ito, M. Yamada
2. 発表標題 Cortical areas related to saturation correction for haze vision
3. 学会等名 The 14th Asia-Pacific Conference on Vision and the 3rd China Vision Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗木一郎, Ryan Lange, 武藤ゆみ子, Angela M. Brown, 福田一帆, 徳永留美, Delwin T. Lindsey, 内川恵二, 塩入 諭
2. 発表標題 日本語色カテゴリーとその個人差類型
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 栗木一郎, Ryan Lange, 武藤ゆみ子, Angela M. Brown, 福田一帆, 徳永留美, Delwin T. Lindsey, 内川恵二, 塩入 諭
2. 発表標題 k-平均法による日本語話者の色カテゴリー領域と個人差類型の導出
3. 学会等名 日本画像学会研究討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rumi Tokunaga, Hiroyuki Shinoda
2. 発表標題 Recall identical color from previously described color name of faces
3. 学会等名 East Asian Association of Psychology and L Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2017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
---------	---------