

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：32648

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11968

研究課題名（和文）ウォーターカラーイリュージョン効果の服飾デザインへの応用と教材提案に関する研究

研究課題名（英文）Application of the Watercolor Illusion Effect to Clothing Design and Proposal for Teaching Materials

研究代表者

井澤 尚子（ISAWA, Shoko）

東京家政学院大学・現代生活学部・准教授

研究者番号：90595133

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：ウォーターカラーイリュージョン（水彩錯視）効果を用いた白色知覚向上の研究はされていないことから、この効果を図柄プリントなどに活用し、服飾デザインに応用する可能性を検討した。

白色度知覚データの収集には刺激呈示装置システムを使い、心理物理実験を行った。図柄に用いた有彩色2色の明るさの変化が白色知覚向上に与える影響を検証するために、有彩色の輝度値をそれぞれ「低・中・高」の3段階に設定し、二肢強制選択法を用いて白さの評価実験を行った結果、有彩色2色の組み合わせの輝度の変化が水彩効果を用いた白色知覚に影響があることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水彩錯視効果を活用した白色知覚の向上には、背景色の明るさと図柄に用いた有彩色2色の組み合わせの輝度値の変化が影響することが確認された。白色知覚を向上させる図柄の決定条件を具体的に導くことができたことは、学術的に意義があると考えられる。

現在は、持続可能な開発目標（SDGs）が世界的規模で掲げられている。この水彩錯視効果を使った白色知覚向上を生活の中で服飾デザイン等に活用することは、色彩学と被服学の両分野の知見を使ったSDGsへの活動にも繋がり、社会的意義も高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）： Since no previous research exists on the application of the watercolor illusion effect to improve whiteness perception, the feasibility of applying this effect was investigated, for example, in graphic printing and clothing design.

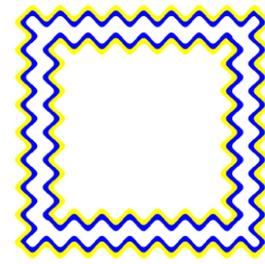
A stimulus presentation device was used to acquire whiteness perception data, and psychophysical experiments were performed. To verify the effect of the changes in the brightness of two chromatic colors used in designs to improve whiteness perception, chromatic brightness was set at three levels: low, medium, and high. Whiteness evaluation experiments were performed using the two-alternative forced-choice method. The obtained results confirmed that changes in the brightness of a combination of two chromatic colors affected whiteness perception owing to the watercolor illusion effect.

研究分野：家政学 色彩学

キーワード：白色度 ウォーターカラーイリュージョン 水彩効果 白色向上 色覚 服飾デザイン

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 「ウォーターカラーイリュージョン (watercolor illusion : 水彩錯視)」とは、B.Pinna, G.Brelstaff, L.Spillmann が「Surface color from boundaries : a new a'watercolor'illusion」(2001) で発表した、図形の輪郭を内側と外側を有彩色 2 色で塗ると、内側の色がにじみ出ているように見える色彩上の錯視現象である<sup>[1]</sup>。筆者らはこの現象に着目し、ウォーターカラーイリュージョンを用いた図柄の「知覚的白さ」の見え方に関する比較実験を行ってきた。その結果、ウォーターカラーイリュージョン効果によって、白色紙の台紙に描いた図柄の知覚的白さを上昇させることができることを明らかにした<sup>[2]</sup>。



watercolor effect

(2) ウォーターカラーイリュージョンを実際に服飾デザインに適用した研究はなく、本研究はウォーターカラーイリュージョン効果を服飾デザインに応用しようとする初の研究となる。まず、刺激呈示システムを使った段階的な心理物理実験で得られた知見をもとに、ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さの定量化から物理モデルの構築を目指す。これは、知覚的白さの予測を可能とするものであり、有彩色のにじみ効果予測にも応用できると考えられる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、ウォーターカラーイリュージョン効果を服飾デザインに応用する可能性を検討することを目的とする。実験により、布地でも知覚的に白さを向上させる効果を証明できることが予想され、これを図柄プリントなどに活用することにより、服飾デザインに新たな可能性を追求する。

(2) ウォーターカラーイリュージョンを使い視覚に訴える効果を利用した知覚教材の提案を検討する。色彩を用いた教材は、低学年～高学年用の教材としても十分興味を持って受け入れられると考える。色彩学分野のウォーターカラーイリュージョンを被服学に応用し、教育学分野における知覚教材としての提案も検討するという、3分野をつなぐ学際的研究を目指す。

(3) ウォーターカラーイリュージョンに関する基礎知覚特性を獲得するために、刺激呈示システムを用いた心理物理実験を行い、定量的データを収集する。感性面のアプローチデータに数量的データも加えることで、多角的により信憑性のあるデータ収集を目指す。

## 3. 研究の方法

(1) ウォーターカラーイリュージョン効果を用いた白色増大知覚が表示媒体に依存するか、液晶ディスプレイと紙媒体の 2 種類の刺激提示方法を用いた評価実験を行った。実験刺激は、あらかじめ実施した予備実験で効果が見られた青 (内側) - 黄 (外側)、黄 - 青、緑 - 赤、赤 - 緑、青 - 橙、青 - ピンク、赤 - 青、青 - 緑 の 8 種類の色の組み合わせを 2 重輪郭線の内側と外側に使い、任意の組み合わせで左右に配置した 28 通りを作成し、さらに左右逆転させた全 56 通りのウォーターカラーイリュージョンの刺激対を用いた。同色の色の組み合わせを用い、一対比較により知覚的白さの評価を行った。実験は外光を遮断した実験ブースで行い、ディスプレイ刺激による実験の被験者は、正常色覚者 成人男性 3 名、成人女性 7 名の計 10 名。紙刺激による実験の被験者は、正常色覚者 成人女性 10 名である。

(2) 曲線変調時のウォーターカラーイリュージョン効果の変化量を測定することで、水彩効果の強さを検証することを目的とし、hue cancellation 法を用いた刺激呈示システムでの実験 (実験 1) を行うとともに、色の組み合わせを 3 色に拡張した実験も行い、ウォーターカラーイリュージョン効果の加法性が成立するかを調べる実験 (実験 2) を実施した。いずれも外光を遮断した実験ブース内で、液晶ディスプレイを用いて行った。被験者は、正常色覚者 成人男性 6 名、成人女性 1 名の計 7 名である。

①実験 1 の実験刺激は、同化現象が強く起きた色の組み合わせ、黄 (内側の色) - 青 (外側の色) (YB)、赤 - 緑 (RG)、緑 - 赤 (GR) を作成した。被験者には、周波数変調 (0.4、0.6、0.7、1.2、2.1(cpd))、振幅変調 (0.3、0.4、0.7、0.8、1.2(deg)) の変調条件で 5 枚の刺激画像を 5 回ランダムに呈示し、計 75 試行した。ウォーターカラーイリュージョン効果によって色みがついて見える輪郭線内部の領域を白または無彩色になるように、マウスで色みを調整した。

②実験 2 の実験刺激は、外側刺激を紫色に固定し、内側の色を 5 色 (赤、緑、黄、青、橙) の組み合わせで行った。被験者は、正方形刺激に囲まれた領域の色みが無彩色に知覚されるように、マウスで色みを調整した。

(3) ウォーターカラーイリュージョン効果を用いた白色知覚の強弱の条件を解明するために、

図柄に用いる有彩色の明るさの変化が白色知覚向上に与える影響を検証する実験を行った。この実験では、白色知覚と有彩色の輝度値の変化に着目した。この実験は二肢強制選択法を用い、実験刺激は、これまでの実験結果から白色度の向上が強いと認められた色の組み合わせ、青（内側の色）－黄（外側の色）（BY）、赤－緑（RG）、緑－赤（GR）を作成した。刺激のサイズは500ピクセル×500ピクセル、呈示時の一辺は視距離約70cmで約10.7度であった。刺激の周波数変調、振幅変調についてはこれまでの実験の結果を踏まえた上で図柄を決定し、有彩色の輝度値を「低・中・高」の3段階に設定した。被験者はBYの刺激対を例にすると、B高Y高×B高Y中、B高Y高×B高Y低、B高Y高×B中Y高など、36の組み合わせを3セット108回繰り返し評価した。同じ手順で、RG、GRもそれぞれの組み合わせごとに、計108回試行した。さらに、補助実験として交照法による等輝度を求める実験、直接比較法による等明るさを求める実験を行った。いずれの実験も外光を遮断した実験ブースで行い、被験者は、正常色覚者 成人男性1名、成人女性7名の計8名である。

#### 4. 研究成果

(1) 白色増大知覚が表示媒体に依存するかのディスプレイ刺激実験から、ディスプレイ刺激と紙刺激を使用した両実験ともに、白色増大を確認した。知覚的白さが増大する組み合わせは、Zスコア値をみると、青（内側）－黄（外側）、青－緑、青－ピンクであった（Fig.1）。全体的に青を内側に配置した組み合わせの選択率が高い傾向にある。

紙刺激実験では、青－橙、青－緑、青－ピンクが選択され、青を内側に配置した組み合わせが選ばれており、ディスプレイ刺激実験の結果と似た傾向といえる（Fig.2）。また、紙刺激実験のZスコア値をみると、ディスプレイ刺激実験ほど数値に差はみられなかった（Fig.3、Fig.4）。これは、表示メディアの違いによる評価判断の難易を示すものであり、被験者には、ディスプレイによる刺激実験の評価判断の方が容易であったといえる。

両実験結果から、知覚的白さが増大する色の組み合わせは、青を内側に配置した組み合わせが選ばれ、似た傾向を示した。これにより、ディスプレイを用いた刺激実験でも、ウォーターカラーイリュージョンを用いた白色効果実験が可能であることが示唆された。

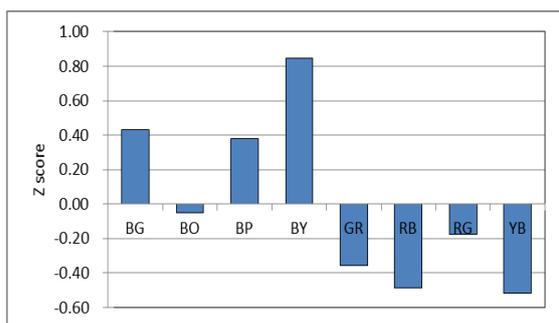


Fig.1: Z score average of display experiment

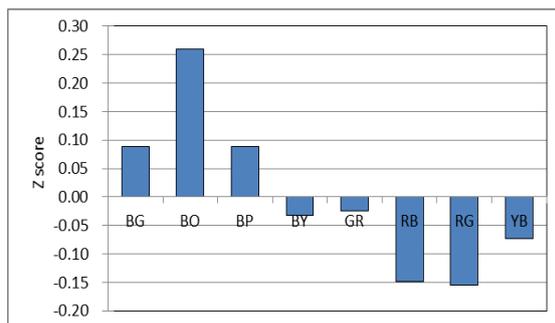


Fig2: Z score average of paper experiment

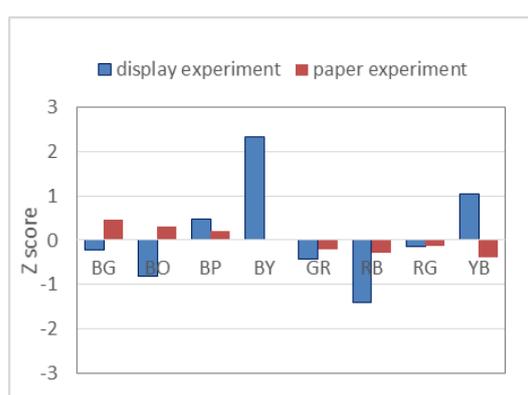
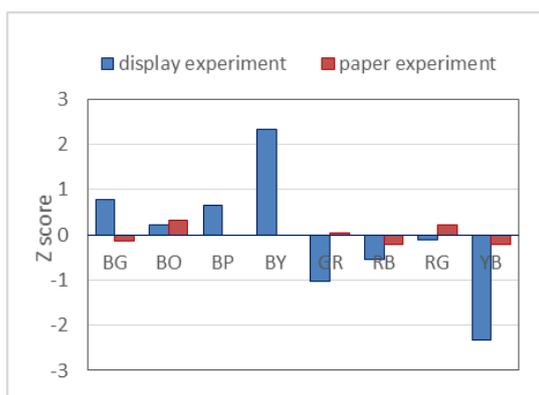


Fig3: Comparison of Z-scores: (a) subject SI, (b) subject KM

(2) 曲線変調時のウォーターカラーイリュージョン効果の変化量の測定実験の結果、周波数変調条件、振幅変調条件とも、被験者による個人差は見られるが、色度点が内側拡散色の補色の方向選択をする傾向が見られた（図4、図6）。周波数変調条件では、周波数の増加に伴い、白色点からのシフト量が大きくなっていることから、周波数の増加によってウォーターカラー効果は強まることが分かった（図5）。これはGRが顕著であった。振幅変調条件では各色ともにウォーターカラー効果の強さにピークがあることが分かった（図7）。また、両実験ともにカラーパターンによってシフト量の大きさにばらつきが生じており、カラーパターンによって周波数変調と振幅変調から受ける影響力は異なると思われる。この実験から、水彩効果への影響力は、周波数変調のほうが強く起因することがわかった。

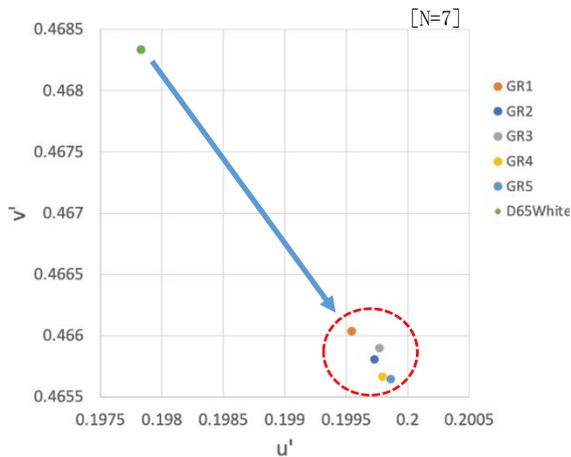


図4 周波数変調条件時の平均色度点 (GR)

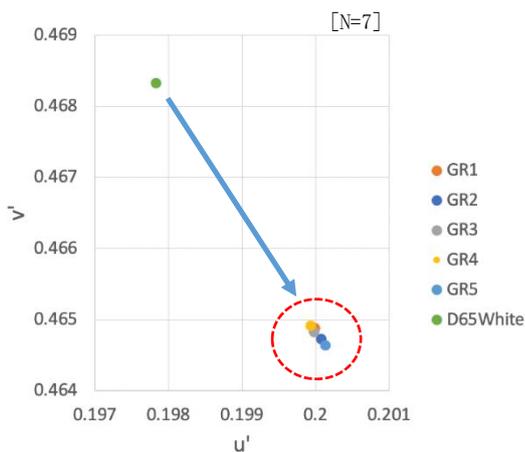


図6 振幅条件時の平均色度点 (GR)

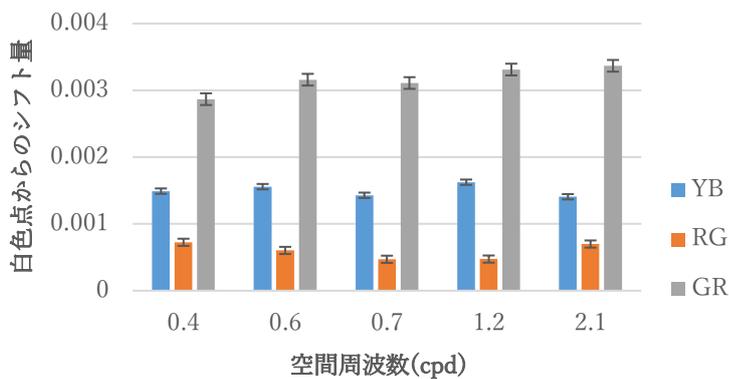


図5 周波数変調条件時の  $u'v'$  色度図上での各色色度点との色差を示すシフト量

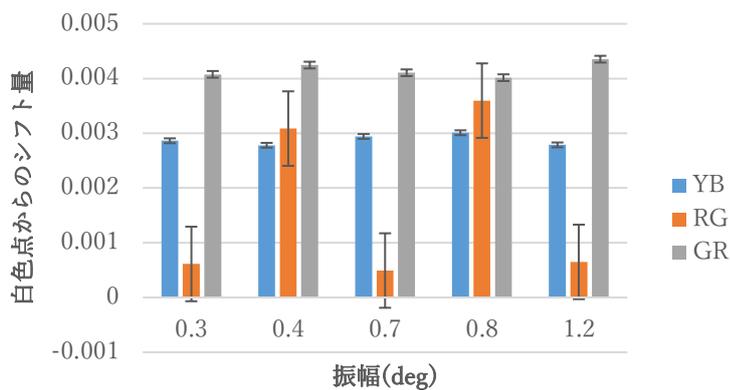


図7 振幅条件時の  $u'v'$  色度図上での各色色度点との色差を示すシフト量

(3) ウォーターカラーイリュージョンでは、淡い色のにじみが、濃い色の輪郭の部分で食い止められるように見える (B.Pinna ら、2001) と報告されている。これを、本研究では「せき止め効果」と呼ぶ。図柄の輪郭の内側と外側を有彩色 2 色で塗った場合、輝度が低い方の色が片方の色のにじみを止めているのではないかという効果のことである。この効果を白色知覚に用いる。

2 色の輝度をそれぞれ「低・中・高」に設定し、それぞれの組み合わせの輝度差と「せき止め効果」の関係をみると、二肢強制選択法の実験結果から、RG と GR では、水彩効果を使った白色知覚が同じ傾向であることがわかった。「a 中 b 高 > a 低 b 高」の、内側中輝度・外側高輝度の白色知覚が高いという結果から、輝度差の小さい組み合わせの方を白く感じる傾向があると考えられる。BY, RG, GR とともに、内側同輝度の場合、外側高輝度の組み合わせを白色知覚が高いと感じることがわかった。これらのことから、2 色の有彩色の組み合わせの輝度の変化が、水彩効果を用いた白色知覚に影響があることを確認した。

〈この実験で得られた知見については、学会誌に論文を投稿予定である〉

以上の一連の研究結果から、ウォーターカラーイリュージョン効果を活用して白色度を向上させる図柄を決定する際の曲線の周波数変調条件と振幅条件、有彩色 2 色の輝度値の設定条件を導くことができた。このことは、紙刺激での実験結果から白布上でも再現可能と考える。さらにディスプレイ刺激の実験結果から、デジタル機器を使用した知覚教材にも利用可能であることを確信した。今回の研究では、コロナ禍の影響で、実験の実施に際しての長期にわたる制限があったことから研究の進捗が遅れ、服飾への応用という本研究課題の最終的な目標まで至らず、具体的なデザイン提案までは及ばなかったが、今後の課題としたい。

〈参考文献〉

- [1] Pinna, B., Brelstaff, G., Spillmann, L. 2001. Surface color from boundaries: a new 'watercolor' illusion. Vision Research 41(20): pp.2669-2676
- [2] ウォーターカラーイリュージョンによる知覚的白さの変化について、井澤尚子、東京家政学院大学紀要 第 56 号, pp.27-32, 2016 年

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 Shoko Isawa, Kazutaka Takeo, Nanako Koda, Tomonori Tashiro and Yasuki Yamauchi	4. 巻 Vol.1
2. 論文標題 HOW CAN THE WATERCOLOR EFFECT BE ENHANCED BY STIMULUS CONFIGURATION?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th Asia Color Association Conference	6. 最初と最後の頁 pp.702-707
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 Shoko Isawa, Tomonori Tashiro, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi	4. 巻 4
2. 論文標題 WHITENESS ENHANCEMENT USING THE WATERCOLOR EFFECT	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th Conference of Asia Color Association	6. 最初と最後の頁 pp.317-321
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shoko Isawa, Kazutaka Takeo, Nanako Koda, Tomonori Tashiro and Yasuki Yamauchi
2. 発表標題 HOW CAN THE WATERCOLOR EFFECT BE ENHANCED BY STIMULUS CONFIGURATION?
3. 学会等名 The 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 行田菜々子、井澤尚子、田代知範、山内泰樹
2. 発表標題 複数の輪郭色が水彩効果に及ぼす影響
3. 学会等名 日本視覚学会 2020年冬季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shoko Isawa, Tomonori Tashiro, Takehiro Nagai and Yasuki Yamauchi
2. 発表標題 WHITENESS ENHANCEMENT USING THE WATERCOLOR EFFECT
3. 学会等名 The 4th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	山内 泰樹  (YAMAUCHI Yasuki)  (60550994)	山形大学・大学院理工学研究科・教授   (11501)	
研究分担者	片山 一郎  (KATAYAMA Ichiro)  (70369916)	近畿大学・生物理工学部・教授   (34419)	

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
---------	---------