

論文内容要旨 (和文)

2017年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学専攻

氏 名 井澤 尚子



論 文 題 目 水彩効果を用いた図柄の輪郭色条件が白色知覚に及ぼす影響

水彩効果とは、図形の内側輪郭線と外側輪郭線を明るさの異なる有彩色2色で描くと、内側輪郭線の色が図形内部に滲み出ているように見える「水彩錯視」と呼ばれる色彩上の錯視現象である。この水彩効果を活用した白色知覚の研究がこれまでなされていないことに着目し、水彩効果を用いた白色知覚の向上を明確にすることを目的に研究を行った。さらに、生活の中での白色知覚向上を目指し、その一助として水彩効果を用いることを検討した。本研究では、水彩効果の図形輪郭に用いられた有彩色2色の淡い色の滲みが、濃い色の輪郭の部分で食い止められるように見える現象を「せき止め効果」と呼び、2色の刺激条件や刺激の輝度コントラストが白色知覚に影響すると仮定して心理物理学実験を実施した。

まず、水彩効果を用いた白色増大知覚が表示媒体に依存するのかを調べた。この実験では、ディスプレイと紙面で刺激を呈示し、それぞれで評価実験を行った。実験刺激は、予備実験で効果が見られた同色の2色の組み合わせを用い、ディスプレイと紙面それぞれに同形の水彩効果の図形を描き、一対比較法により知覚的白さの評価を行った。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、青を輪郭図形の内側線に配置した組み合わせが選ばれ、ディスプレイでの実験、紙面での実験ともに似た傾向を示した。これにより、ディスプレイを用いた刺激実験でも、水彩効果を用いた白色効果実験が可能であることが示唆された。

次に、水彩効果はうねりのある輪郭線を用いることで色の拡散が強くなるという報告から、実験に用いる図形の周波数変調条件、振幅変調条件の変調による水彩効果の強さを定量的に検証した。この実験では、hue cancellation法を用いて曲線変調時各5段階の水彩効果の変化量を求めた。周波数変調条件では、周波数の増加に伴い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水彩効果は強まることが明らかになった。また、振幅変調条件では、カラーパターンによっては、水彩効果の強さにピークが存在するものもあった。これらの実験結果から、水彩効果への影響力は、周波数変調のほうが大きいと考えられた。

次に、白色知覚と明るさの関係を検証した。まず輝度条件を5段階に設定した無彩色の水彩効果刺激を用い、輪郭色の輝度コントラストが内側輪郭線内部の明るさに与える影響を一対比較法による実験で調べた。実験結果から、無彩色の水彩刺激を用いることで、明るさ知覚を向上させることが可能であることが明らかになった。さらに、内側輪郭線または外側輪郭線に高輝度を用いた場合を明るいと感じる傾向があり、同化（滲み出し）と対比（切り出し）現象の二極化が確認された。輪郭色2色の明度差から、コントラストが大きい組み合わせを選択する傾向がみられた。このことから、明るさ知覚の要因として輪郭色の輝度差が必要条件であると考えられる。これらの結果から、有彩色2本を用いた水彩刺激での白さ向上の要因として外側輪郭線および内側輪郭線の輝度値を高くすることが挙げられる。白さ向上における背景は白であることから外側輪郭線および内側輪郭線のコントラストは中程

度とすることが望ましいなどの知見を得ることができた。

次に、実験刺激に有彩色2色を用いて輝度条件の変化が「せき止め効果」と白色知覚に与える影響について調べた。まず有彩色刺激では、輝度ではなく「見えの明るさ」が要因になっているという仮説を立て、「せき止め効果」がより有効となる条件を検討するために、二肢強制選択法による白色度の選択実験、刺激色の明るさ効率を求める交照法での実験を行った。実験刺激にはこれまでの実験で同化現象が強く起きた色の組み合わせ刺激対 (BY, RG, GR) を用い、輝度条件を高・中・低に設定した。実験結果から、3刺激対ともに外側輪郭線が高輝度との組み合わせを白色知覚が高いと感じている傾向にある。このことは、無彩色刺激を用いた実験結果の知見と一致する。RG条件、GR条件では、水彩効果を使った白色知覚がほぼ同じであることが明らかになった。また、BY条件では外側輪郭線が高輝度と内側輪郭線が中輝度、外側輪郭線が高輝度と内側輪郭線が低輝度の組み合わせを白色知覚が高いと感じていることから、RG条件、GR条件より「せき止め効果」の有効性が高いことがわかった。この場合は「切り出し効果」との相乗効果も働いているものと考えられる。BY条件、RG条件、GR条件ともに、外側輪郭線が低輝度と内側輪郭線が低輝度の組み合わせは、白色知覚が低いと感じていることから、暗さが助長されるためと推察される。このことは、無彩色刺激を用いた実験結果とも一致する。

本研究結果から、有彩色2色の水彩刺激を用いて白色知覚を向上させることは可能であることが明らかになり、生活の中に活用するための知見を得ることができた。

論文内容要旨 (英文)

2017年度入学 大学院博士後期課程

電子情報工学専攻

氏 名 井澤 尚子



論 文 題 目 The Effect of Contour Color Conditions due to the Watercolor Effect on White Color Perception in Design

In design, the watercolor effect is the way the inner contour of an image appears to blur into the inside of the image when the inner and outer contour lines are drawn with two different chromatic colors of differing brightness. This study demonstrated that the watercolor effect can be used to enhance perception of the color white.

First, a paired comparison method was used to assess whether increased white perception using the watercolor effect depends on the display medium, revealing that even stimulus experiments using a display can provide empirical data on enhanced white perception from the watercolor effect.

Next, experiments were conducted using the hue cancellation method to quantitatively verify the strength of the watercolor effect depending on changes in the contour lines. The results showed that frequency modulation may have a greater impact on the watercolor effect than contour changes.

Next, the relationship between white perception and brightness was verified. First, paired comparison was used to conduct achromatic watercolor effect stimulus tests at five brightness settings to assess the impact of outline color brightness contrast on brightness inside the inner contour line. The results show that the perception of brightness can be enhanced by using an achromatic watercolor effect. Next, a two-option forced-choice method was used to select white perception level, and a contrast method was used to gauge the luminous efficiency of the stimulus color. In general, for the three stimulus pairs (BY, RG, GR), an outer contour line combined with high brightness was observed to increase white perception. This matched the findings from the achromatic experiment.

The results show that the watercolor effect of two chromatic colors can increase white perception, a finding applicable to design in everyday life.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和 6年 2月 8日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 山内 泰樹 印
副査 高橋 晋也 印
副査 安田 宗樹 印
副査 内澤 啓 印
副査 印

学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	専攻・分野名	電子情報工学専攻	氏名	井澤 尚子
論文題目	水彩効果を用いた図柄の輪郭色条件が白色知覚に及ぼす影響			
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和 6年 1月 16日～ 令和 6年 2月 6日	
論文公聴会	令和 6年 2月 6日	場 所	工学部11号館 未来ホール	
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和 6年 2月 6日	

学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)

周辺の色情報により知覚される色が物理的な色と異なる現象（錯視）として、対比や同化が一般的に知られているが、水彩効果と呼ばれる錯視では、二重の輪郭線に囲まれた領域に内側の輪郭線の色が滲むことで色づいて知覚されたり、条件によっては内側領域の白色知覚（明るさや白さ）が向上するなどの報告もされている。本研究では、水彩効果に着目し、被服デザイン等への応用に向けた知見の蓄積として知覚される色や形状の影響を調べることを目的として研究がなされ、白色知覚を増大するために必要なデザイン条件を提案している。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。第2章では、水彩効果の表示媒体の依存性について確認するために、同一の実験を紙媒体とディスプレイ上の両者で実施し、両者の実験結果がほぼ同様の傾向を示すこと、反射物体への適用を考えながらも、パラメータ検討をディスプレイ上の刺激で実施しても問題ないことを示した。第3章では、刺激形状の影響、特に正弦波形状の周波数と振幅の変化が水彩効果に及ぼす影響を調べる実験について述べ、水彩効果を増強できる適切な条件を求めた。第4章では、無彩色画像を用いて様々な輝度条件で刺激を作成して白色知覚実験について述べ、実験結果に基づき、知覚される特性には個人差が見られるもののそれが大きく二分できることを実験的に示した。また、有彩色刺激では「見えの明るさ」という単一の強度軸では水彩効果の大小を決定することができず、色相や彩度等も考慮しなくてはならないことを示した。第5章では、実験結果から総合的な考察を行い、白色知覚を増大するために必要な条件を無彩色デザインおよび有彩色デザインにおいて提案した。第6章では、本研究の結論と今後の課題を述べながら研究を総括している。

このように本論文では、研究テーマに独自性があり、自ら研究を計画・遂行するための専門的知識を基に、研究背景・目的が正しく述べられていた。学位論文の構成は適切で、体裁も整っており、設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられていた。また上記の研究成果について、査読付き筆頭著者論文1報が学術論文誌に採択され、国際学術会議においても2件発表されている。以上より、本論文を博士（工学）の学位論文として合格と判定した。なお本論文に関する研究においては、人を対象とする医学系研究に関する学内規程に基づき申請者の本務先である東京家政学院大学倫理審査委員会に申請し、承認された後に遂行されている。

最終試験の結果の要旨

最終試験は、公聴会実施後に主査・副査の教員により、学位論文を中心とし関連する事項について口頭にて実施された。当該学生の専門的知識、学位論文の妥当性・論理性について議論が行われた。その結果、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断されたため、最終試験について合格と判定した。