

氏名	高田 瑠美子		
学位の種類	博士 (美術)		
学位記番号	甲 第 37 号		
学位授与日	令和 6 年 9 月 30 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
論文題目	2つの色刺激間の離角が色の誘目性に与える影響		
審査委員	主査	女子美術大学大学院教授	奥山 亜喜子
	副査	女子美術大学大学院特命教授	前田 基成
	副査	女子美術大学大学院特命教授	川口 吾妻

内容の要旨

色の誘目性は視野全体の情報から対象に視線が誘目される過程の目立ち感である。現在のところ、色の誘目性は中心視による比較を前提とした順序尺度の結果が一般的に広く知られており、周辺視の見えを考慮した尺度は明らかにされていない。同じ色刺激でも視野中心と視野周辺では色の見え方が異なることから、周辺視情報で目立ち評価が可能であれば、色の視知覚現象の効果や感情反応を伴う色刺激の認知処理の程度も変わり、視野周辺の呈示位置とともに色の誘目性の尺度も変化するのではないかという点に着目した。目立ち評価の回答は主観的な経験の言語化に基づく尺度であり、目立ち感を決定した色刺激の位置する方向およびその程度が言語変換されたものであるから、呈示する色刺激間の目立ち感に統計学的な差がある場合は誘目性の評価に至る色刺激の情報処理過程に一定の方向性が示されることになる。評価中の視線移動追跡により色刺激呈示中の視線停留領域や色の誘目性評価に至る視線移動のプロセスを明らかにすれば、色の誘目性の視知覚処理過程を推定することができると思われる。

本研究では周辺視に呈示させる2つの色刺激間の距離を離角とし、10度、30度、60度、90度の4種の離角にそれぞれ直径3度の色刺激対を500ms表示させ、2つの色刺激間の離角が色の誘目性に与える影響を明らかにすることを目的とした。また、視野全体の位置で注意を向けさせたい色彩のデザイン構成に改善の指針を見出すために、色の誘目性の間隔尺度を構成し、目立ち評価中の視線移動解析より色の誘目性評価に至る視線移動のプロセスおよび視知覚処理過程を検討した。

まず、各離角において色の三属性の差が誘目性に与える影響を考察するために、色相差、明度差、彩度差の3つの条件を設定し、定量的に調整した色刺激を用いて一対比較による

主観評価実験を行った。全ての属性条件において呈示した色刺激の目立ち感に十分な差が認められ、離角ごと、ユニーク色ごとに間隔尺度を構成した。誘目性の尺度は、無彩色より有彩色、寒色系より暖色系の色相が目立つとされる中心視比較による色の目立ち感とは異なる結果を示した。色相差による影響は全ての離角において暖色系のユニーク黄の尺度値の順位が低く、寒色系のユニーク青の尺度値の順位が離角増大に伴い高くなる傾向を示した。また、ユニーク赤は離角 10 度～離角 60 度で誘目性が高く、離角 90 度でユニーク青より顕著に尺度値の順位が低下した。さらに、ユニーク緑の尺度値の順位は離角 10 度～離角 60 度で徐々に低下したものの、離角 90 度ではユニーク赤と同程度であった。明度差条件や彩度差条件においては、同じユニーク色相でも離角によって明度差や彩度差による誘目性への影響の程度は異なった。離角 10～離角 60 度では、背景との明度差のある色刺激、高彩度色の尺度値の順位が高い傾向を示したが、離角 90 度ではユニーク赤やユニーク黄の低彩度色が高彩度色よりも尺度値の順位が高く、彩度差が近接する色刺激間の有意差はユニーク青でのみ顕著な傾向を示した。2 つの色刺激を同時比較した場合、周辺視における色の見えを考慮すれば、離角 10 度～離角 90 度においては周辺視側にむかい色相差および彩度差の影響は徐々に低下すると想定されることから、離角 90 度における尺度値の順位は離角 10～離角 60 度とは異なり、周辺視における色相や彩度の色み知覚低下だけでは解釈が困難な結果が示された。

次に、各離角において色の誘目性と視線移動との関係を考察するために、一対比較による目立ち評価中の視線移動を 100Hz の装着型のアイトラッカーで追跡した。全ての離角で色刺激対を中心視でとらえる継続比較は認められず、色刺激呈示中は画面中央の視角 5 度領域に視線停留傾向を示した。また、視角 5 度領域より周辺視側へ視線移動を伴う場合は、主として色刺激消去から回答までの 500ms 区間で認められた。視線移動に対応した色刺激間の目立ち評価は全ての離角で有意な差があり、視線データが目立ち評価中の視線移動を反映したものであることを確認した。これらのことから、各被験者の評価ごとに水平方向の視線移動領域を分割統制し、視線滞在領域と誘目性評価との関係を解析した。その結果、視角 ± 2.5 度より周辺視側の左右領域へ視線移動を伴う場合の視線滞在時刻の中央値は離角増大に伴い遅延した。また、色刺激消去から回答までの 500ms を含めた 1000ms 区間において、視角 ± 2.5 度より周辺視側への視線移動方向と 5 件法による誘目性評価の回答方向は全ての離角において一致する傾向が示された。これは、無彩色背景のみが表示されたディスプレイ上で初めて視線が移動した領域が左方向の場合の回答が「左」または「やや左」、無彩色背景のみが表示されたディスプレイ上で初めて視線が移動した領域が右方向の場合の回答が「右」または「やや右」、視線が左右視角 ± 2.5 度領域から周辺視側へ移動しない場合は「どちらでもない」に対応したことを示す。誘目性の口頭評価の開始時刻は全被験者の全ての評価において色刺激消去後 500ms 以降であったことから、色刺激情報の視知覚および目立ち感の比較評価が認知処理されるとともに、言語変換による回答に先行して内発的目立ち判断が視線移動方向に反映されたと推定された。目立ち評価中におけるディスプレイ中央付近の固視微動は周辺視に位置する 2 つの色刺激情報への内発的注意により眼球運動が抑制され、目立ち評価の情報処理後は知覚維持の必要はなくなり、より目立つ

と判断された色刺激が位置する方向へトップダウンプロセスによるサッカードが生じることが示唆された。

本研究における誘目性評価の解析結果で得られた離角ごと、ユニーク色ごとの組み合わせ効果や位置効果、明度差や彩度差の属性値が近接する色刺激間の有意差、視線移動の解析結果で得られた内因性注意を指し示すディスプレイ中央付近での色刺激対の比較、片眼優位性を示すサッカード反応時間の差異などは、眼球網膜から外側膝状体を経由した視覚処理経路、特に初期視覚野における多くの知見と一致した。これらのことから、各離角における色刺激の誘目性の尺度は、一次視覚野へ投射される視覚野経由の情報入力の違いが比較的高次の大脳レベルでの知覚、認識に反映された結果であることが示唆された。色刺激呈示中のディスプレイ中央付近の視線停留領域は全ての離角で一貫して周辺視により色刺激情報を取得していたことから、水平色視野に対応する色刺激対を両眼で同時比較すれば、左色刺激の情報は右眼と左眼の左視野で、右色刺激の情報は右眼と左眼の右視野でとらえられ、眼球網膜からの視交叉を経た右 V1 には右眼と左眼の網膜右半の情報、左 V1 には右眼と左眼の網膜左半の情報が写像関係を保って投射されると解釈できる。これらのことを考慮し、離角 10～離角 60 度程度の周辺視における同時比較では、呈示する色刺激対の離角増大に伴い色みの影響が低下するものの、色刺激対の並列的な比較処理により、同一色相対の属性値の近接する色刺激間の対比効果が顕著になったと推定された。一方、水平色視野の左右非対称性を考慮すると、色視野が鼻側 45 度程度に対応しない場合、左右片眼の鼻側視野は明るさの情報に対応しても、色みの知覚は困難であることが示唆される。これらのことから、離角 90 度程度の周辺視における同時比較では、固視微動中に取得される V1 での両眼視差時に違いが生じ、色覚の高次レベルのメカニズムにより継時的に弁別されると推定された。末梢の視覚機序による情報処理過程の解釈であるため、色刺激の属性の統制、眼球運動計測に加え、fMRI 等を併用した検証が必要であるが、2つの色刺激それぞれが背景 J60 と色刺激との同時対比の領域による情報として比較処理されたという解釈は、色相差条件による離角 90 度の有彩色刺激の尺度値が HK 効果の等価明度順であり、無彩色刺激を含めた背景 J60 上の知覚明度順であることと一致した。また、HK 効果が有効であることは、離角 90 度における色の誘目性は背景との明暗コントラストだけでなく、色刺激の色相や彩度の影響も目立ち判断に影響することが示唆された。ユニーク青に関しては色視野の広さに加え、網膜周辺部の色相知覚遷移の影響も極めて少なく、離角 90 度の彩度差条件の色刺激対の比較では属性値の近接する対比現象がユニーク青以外に認められなかった結果とも一致した。また、彩度差条件の離角 90 度における暖色系の同一色相成分どうしの色刺激対の比較で低~中彩度色が高彩度色よりも顕著に目立ち感が高かったことは、継時的な弁別による高次レベルの感情と認知の相互処理による認識が示唆された。

これまで、色の誘目性は中心視による色刺激情報の取得を前提としないものの、中心窩に対象が存在することを前提とした顕著性の目立ち感と明確な尺度の違いは明らかにされてこなかった。本研究における実験条件では、色の誘目性の尺度は周辺視の呈示位置によって変化し、少なくとも離角 10 度～離角 90 度においては、色刺激の呈示位置まで視線移動を伴う比較を前提とせず、周辺視の見えで目立ち判断が可能であることが示された。同

じ色刺激でも視野中心と視野周辺では色の見え方が異なることから、色の視知覚現象の効果や感情反応を伴う刺激の認知処理の程度も変わり、目立ちの程度も顕著性とは異なる尺度が推定された。また、色の誘目性は視野全体の色情報から視線が誘目される過程の目立ち感であり、中心窩で対象をとらえて細部認識をする前に周辺視による情報処理によって対象に注意を向ける誘目性の評価プロセスが示された。デジタル表現の技術発展により、様々な場所で表示内容を時刻ごとに切り替えが自動化できる現在、対象に視線を向ける前段階として注意を向けさせたい対象方向を大局的に特定する過程が誘目性で、視野中央付近の対象の識別により位置を明確に特定させる過程が顕著性であるにとらえれば、実空間において見る人の視点を起点として目立たせたい対象の位置や情報により、配置する色のデザイン構成に応用できるのではないかと考えられる。

審査の結果の要旨

これまで、異なる色を組み合わせた場合の対比や同化等の色彩現象や配色の感情効果や調和について、多くの研究が行われてきた。また、色差の定量的評価はさまざまな製品の品質管理に重要であるため非常に活発に研究されている。これらはいずれも異なる色が隣接した状態を想定している。ただ、日常生活でわれわれは、視野内のさまざまな位置に存在する隣接しない複数の色刺激を識別し、注意を向けて情報処理を行っているにもかかわらず、視野内で隣接しない色刺激の三属性と色刺激間の離角が目立ち感に与える影響について定量的に分析した研究は見当たらない。色刺激の目立ち感が色刺激の位置関係によってどのように変化するのかがわかれば、画面上だけでなく実空間においても、視野内で目立たせたい情報を制御することが可能となる。このようなことから、本研究では 2 つの色刺激間の離角が色刺激の目立ち感に与える影響を明らかにすることを目的とした。

本研究で取り扱う誘目性とは、意識しないのにその対象がどれくらい人の注意を引きつけるかの度合い、換言すればどれくらい目立ちやすいかということである。色の誘目性については、現在のところ、中心視による見えの比較に関する研究が広く行われているものの、周辺視の見えを考慮した研究は見当たらない。そこで本研究では、周辺視における色の誘目性を明らかにしようとした。同じ色刺激でも中心視と周辺視とでは色の見え方が異なることから、周辺視情報で目立ち感の評価が可能であれば、視野周辺における刺激の呈示位置によって色の誘目性も変化するのではないかとこの点に着目した。ここに本研究のオリジナリティが見られる。

論文の構成であるが、まず第 1 章で以上の問題意識について述べられ、続く第 2 章では、呈示する色刺激の定量的記述、および誘目性の尺度化として系統的に調整した色刺激の設定方法と主観評価方法について論じている。第 1 章、第 2 章ともに、関係する先行研究を丹念に調査し、これまでの研究の問題点を明らかにするとともに、本研究の意義と色刺激の設定について十分に述べられている。

第 3 章では、第 2 章で設定した色刺激を用いて 4 種の離角（10 度、30 度、60 度、90 度）における色相差、明度差、彩度差の 3 条件の影響を検討するために主観評価実験が行われた。その結果、すべての属性条件において色刺激間の主効果に十分な差が認められ、離角ごと、ユニーク色相ごとの間隔尺度を構成した。色の誘目性の尺度値の順位は離角によって変化し、無彩色より有彩色、寒色系より暖色系の色相が目立つとされる中心視比較による色の目立ち感とは異なる尺度が示された。特に、離角 10～離角 60 度と離角 90 度とでは誘目性の尺度値の順位に異なる傾向が示された

それに続く第 4 章、第 5 章では、誘目性評価に至る視線移動についてアイトラッカーを用いて視線追跡結果の解析が行われている。まず第 4 章では、一対比較による目立ち評価中の視線移動をアイトラッカーで追跡する実験を行い、その結果、色刺激対呈示中の視線停留領域は離角 10 度から離角 90 度までディスプレイ中央付近の視角 5 度領域で最も長い停留時間を示し、離れた色刺激をそれぞれ中心視で確認して色刺激情報を取得していないことが明らかになった。視線追跡中の一対比較による評価結果もすべての離角で色刺激間の主効果に十分な差があり、離れた位置の 2 つの色刺激は離角 90 度程度まで周辺視の色の見えで評価されていることが確認された。

さらに第 5 章では、各被験者の評価ごとに水平方向の視線移動領域を分割統制し、視線滞在領域と誘目性評価との関係を定量的に解析している。その結果、視角 5 度領域より周辺視側へ視線が移動する場合は色刺激消去後 500ms 区間に確認され、視線滞在時刻の中央値は離角増大にともない遅延し、視線移動方向はその後の口頭評価の方向と正の相関を示した。口頭評価の開始時刻は全被験者のすべての評価において色刺激消去後 500ms 以降だったことから、色刺激情報の視知覚および目立ち感の比較評価が認知処理されるとともに、言語変換による回答に先行して視線移動方向に反映されたと解釈できる。これらの結果から、呈示される色刺激対への視線移動によって取得される中心視の色刺激情報が目立ち評価に反映されたのではなく、ディスプレイ中央付近の両眼周辺視で取得された色刺激対の情報処理における内発的目立ち評価が視線移動方向に反映されたことが示唆された。第 3 章から第 5 章までは厳密に実証的な実験計画に則って行われ、結果についても統計学的な手法が用いられている。

以上の結果を受け、第 6 章では各離角における視知覚処理過程を考察している。色刺激呈示中の視線停留領域や誘目性評価と視線移動との関係は、すべての離角で一貫した結果を得たことから、系統的に調整した色刺激の誘目性の離角 90 度における尺度値の順位の違いは、初期視覚野へ投射される色刺激情報の入力処理の違いがその後の比較的高次の大脳レベルでの知覚、認識に反映された結果であると推定された。

本研究は、色の誘目性に関する研究に新たな知見を提供し、ウェイファインディング等における色のデザイン構成の改善や発展に寄与するものであると考える。以上のことから、本研究は博士論文としての学術的価値を有しており、博士の学位の授与に値するものと判断した。