

氏 名 馬 燁唯

学 位 の 種 類 博士 (学 術)

学 位 授 与 年 月 日 令和4年3月24日

ディスプレイの図と地の配色が高齢者の操作特性と生理・心理に及ぼす影響

学 位 論 文 名 (Influence of the figure and ground color scheme of information technology display terminals on operating characteristics and psychophysiological states for elderly)

論文審査委員 主査 酒井 英樹

副査 瀧澤 重志

副査 森 一彦

論文内容の要旨

現在情報を提示する装置としてタッチパネルが普及し、銀行のATMや自動販売機、スマートフォンなどモバイル端末、行政サービスなど、生活していく上でその利用が欠かせなくなりつつある。よって、このような電子端末ディスプレイにおけるユーザビリティについては、視覚機能が低下している高齢者への配慮が求められ、特に、加齢に対応したカラーバリエーションは重要な課題の一つである。本論文では、視認性だけでなく、操作性の観点からの研究として、タッチパネル画面に表示された様々な図と地の配色による図形の方角を読み取る実験ソフトを開発し、視認性の違いが操作時の心理・生理反応及び指操作の状態に与える影響を調べることで、世代間にどのような差異があるか検証した。

第1章では、上述の背景及び研究目的を述べ、本論文の位置づけを明確にした。

第2章では、関連する先行研究をまとめた。これまでにウェブセーフカラーの提案など、画面色に関する研究は多数あり、自治体、NPO 団体などカラーユニバーサルデザインの取り組みは報告されている。しかし、それらの色における心理や生理に与える影響に関連する研究があまり多くはない。そのため、適切な条件を明確にできるように、配色の違いが視認性、操作パフォーマンスに及ぼす影響を調べる必要がある。

第3章では、若年者を対象として若年者の主観、生理的なデータを蓄積、分析を行った。その結果、図と地の配色における視認性の違いにより、主観的な評価においても生理的な評価においても負担が異なることを示した。視覚情報を認知、判断するために、タスク中における集中、緊張、ストレスによる脳の活動や交感神経の活動度が高まり、心身における負担が大きくなることが示された。さらに、配色における視認性が低下すると、注視点移動量が多くなり、瞬目回数も増加する傾向から、視覚疲労を引き起こしやすくなることが推測され

た。なお、それぞれの配色パターンのコントラストが低下すれば、タスクにおける反応時間が延長され、操作中の指の動きの速度、加速度が遅くなる傾向が見られ、選択反応時間及び操作面においてパフォーマンスを低下させることも明らかになった。

第4章では、高齢者を対象として実験を行なった。加齢に伴い、水晶体の黄濁化が進むことで、高齢者では、色の識別能力は低下する。しかし、提示する配色のコントラストが低下に対して、主観評価については、感受性が加齢に伴い低下するためか、若年者と比べて、疲労や負担を感じにくいことが示された。一方、生理指標を見ると、脳血液動態、交感神経活動は有意に高まり、操作の速度、加速度を抑え、操作指の移動量が増加する傾向が示された。

第5章では、総合考察として主な指標に関して視覚条件間及び世代間を2要因とする二元配置分散分析を行い、世代間の差の有無や特徴を検証した。若年者、高齢者ともに見分けにくい条件では反応時間が有意に遅くなり、世代間に有意差が認められた。しかし、主観的には、実験後の疲労に関する感覚量について、若年者における自覚症状の増加量は高齢者の増加量より大きく、高齢者では、ほぼ変化が見られなかった。神経機能の加齢変化により、高齢者は交感神経系、副交感神経系の反応がともに低下するため若年者に比べてその変化量は全体的に小さかったと考えられる。端末操作時の指の動きに関しては世代間の有意差は認められなかった。脳血液動態の結果は、いずれも有意差が認められなかったが、脳血液動態の傾向は世代に関わらず見分けにくい視覚条件になると変化量も有意に高まることが示唆された。その傾向は若年者の方が顕著であった。なお、高齢者の視覚機能は若年者の視覚機能より、水晶体自体の弾性変化による制御が衰えるため、瞬目率について世代間が有意となった。タスクの順序効果については瞬目率における検定では高齢者のみ、有意差が認められた。さらに、コントラスト比の基準として少なくとも3.0以上と言われているが、高齢者に対しては、モニター画面配色はコントラスト比5.0以上にする必要がある。また、若年者に対して鮮やかな青赤色の明度及び彩度が強い色を背景色としたら、目が眩しく刺激感が生じるためそれらの色は背景色として抑える必要があると考える。

第6章では、総括として、各章の結論及び展望を述べた。また、今後の課題として情報提示位置の違いが操作パフォーマンスに及ぼす影響や、測定に関する精度の改善及び生理指標をUI設計に活かすための手法を構築したいと考えている。

論文審査結果の要旨

タッチパネル式の電子端末ディスプレイは、従来からある銀行ATMや自動券売機だけでなく、近年では、小売店での支払いや病院の受付等などでも広く導入されつつある。生活のあらゆる場面で利用を強く求められることから、そのユーザビリティについては、特に視覚機能が低下している高齢者への配慮が求められる。このような背景のもと、申請論文

では、タッチパネル操作中の高齢者の心理・生理反応に基づき、高齢者に適したディスプレイ画面の図と地の提示条件を明らかにすることを目的に研究が行われた。論文は、全6章で構成されている。

第1章では、序論として、研究の背景や目的が述べられており、本論文の位置付けが明らかにされた。

第2章では、画面の視認性に関する先行研究調査として、これまでに提案されたウェブセーフカラー規格や、カラーユニバーサルデザインの取り組みがまとめられている。その結果、先行研究では、画面の配色が高齢者の心理や生理に与える影響に関する研究が不足しており、適切な提示条件を明確にするには、さらなる研究が必要であることが示された。

第3章では、比較対象として行われた若年者を対象とした実験の結果が述べられている。若年者にタッチパネル画面に表示された様々な配色の図形の印の位置を読み取る操作を行わせて、操作感、疲労感を主観評価させるとともに、生理評価として、操作中の瞬目率、脳血液動態、自律神経活動度、手指の運動を計測した。その結果、視認性が低下すると、視覚情報を認知、判断するために、脳の活動が高まり、心身における負担が大きくなることが示された。

第4章では、高齢者を対象とした実験の結果が述べられている。加齢に伴い、水晶体の黄濁化が進むことで、高齢者では色の識別能力が低下しているが、提示する配色の視認性の低下に対して、主観的には、感受性の違いから若年者と比べて疲労や負担を感じにくいことが示された。しかし、生理指標を見ると、視認性の低下に伴い、反応時間は増加し、脳血液動態、交感神経活動は有意に高まり、操作指の移動量が増加する傾向が示された。以上のことから、高齢者では主観評価だけでなく、生理反応の計測が重要であることが明らかとなった。

第5章では、主要な指標に関して視覚条件間、及び、若年者と高齢者の世代間を2要因とする二元配置分散分析の結果が述べられている。実験後の疲労について、主観的には、若年者の方が自覚症状の増加量が大きかった。しかし、高齢者では、顕著な自覚症状がなくとも、視認性が低くなると生理的な負担がかかることが示された。一般的には、ディスプレイ画面に表示する際の配色のコントラスト比（輝度比）の基準として3.0以上を確保することが求められているが、本実験の結果から、高齢者を対象とした場合、視覚及び生理的な負担が軽減するように、コントラスト比を5.0以上とし、かつ、高彩度色を使用することが望ましいことが明らかとなった。ただし、若年者には、過度なコントラスト比、高彩度色は不快感を生じさせるため、利用者別に提示配色を調整する必要性が示唆された。

第6章では、結論として、高齢者の操作特性、及び、高齢者向けのディスプレイ画面の配色基準が示された。また、今後の課題として、生理指標に基づくユーザーインターフェース設計の重要性、さらに、それを実現するための生理指標の計測装置の開発の必要性が述

べられている。

以上、申請論文は、画面の配色の違いが高齢者の操作特性と生理・心理に及ぼす影響を丹念に調べることで、高齢者がタッチパネル式の電子端末ディスプレイを操作するために適した配色条件を明らかにしている。一連の研究は、生理指標に基づくユーザーインタフェース設計として、高く評価することができる。慎重に審査を行った結果、本審査委員会は、申請論文が博士（学術）の学位を授与するに値するものであると認めた。