

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：27301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00733

研究課題名(和文) タブレット画面の文字と背景色の色彩がアクセシビリティと生理心理反応に及ぼす影響

研究課題名(英文) Effects of color schemes for text display on tablet screens on accessibility and physiological and psychological responses

研究代表者

片山 徹也 (KATAYAMA, Tetsuya)

長崎県立大学・情報システム学部・准教授

研究者番号：00612805

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：タブレット端末等のスマートデバイスに関する実態調査では、若年利用者はスマートフォンの長時間利用により目の疲れを感じていた。目の疲れを感じる中高年利用者は、画面上の彩度や明度の高い色に見づらさを感じ、サイズの小さい文字に読みにくさを感じていた。大学生を対象にしたタブレット端末の文字探索の被験者実験では、背景の色相が緑の場合、高輝度より低輝度の背景色で正答所要時間は有意に短かった。また、黒文字より白文字の表示で文章の閲覧効率を向上させる可能性が示唆された。今後、タブレット端末の画面表示では、伝えたいイメージを大切にしながら誰もがわかりやすく正確に読み取ることのできる設計が求められる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、様々な領域でタブレット端末の活用が普及している。本研究は、タブレット端末画面の文字表示における配色に着目したものであり、色彩が文章閲覧時の作業効率に及ぼす影響について人間工学的視点及びデザイン学的視点から包括的に検討した学際的研究といえる。高度情報化が進む社会において、ICT(情報通信技術)は人間生活の充実のために活用されることが望まれる。本研究により、タブレット端末の文字表示に適した配色条件が明らかになった。これらの配色をウェブサイトやアプリケーション等の画面表示に適用することで、多様な利用者が快適にスマートデバイスを使用できるアクセシブルデザインの推進に寄与することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：A survey on the use of smartphones and tablet devices revealed that young people had eye strain by increased usage time of the devices. Middle-aged and elderly users with eye strain had difficulty viewing screens with higher levels of saturation and brightness as well as reading small size characters. In a survey of university students performing a character search task using tablets, the time needed to answer was significantly shorter at lower than higher levels of brightness, when the background hue was green. Furthermore, white characters increased the efficiency of reading text on tablet screens compared with black characters. The results indicate the necessity of designing tablet screens that allow all users to easily and accurately read text, while conveying the intended experience.

研究分野：色彩学、デザイン学

キーワード：色彩情報 タブレット アクセシビリティ ユーザビリティ 文字色 背景色 作業効率 VDT

1. 研究開始当初の背景

タブレット端末(タブレットコンピュータ)は、2010年以降急速に普及し、多分野において活用されている。総務省の通信利用動向調査によると、世帯毎のタブレット端末保有率は、2011年の8.5%から2017年の36.5%へ4倍以上増加している(総務省2018)。また、国内の公立学校へ整備されたタブレット端末は、2014年からの3年間で5.1倍に増加し、ICT活用学習ツールとして用いられている(文部科学省2017)。これにともない様々な利便性が高まる一方、タブレット端末画面の配色条件は文字の読みやすさや閲覧効率に影響を及ぼす可能性が懸念される。

2008年にWorld Wide Web Consortiumが勧告したWCAG(Web Content Accessibility Guidelines)2.0は、2012年にISO/IEC国際規格(ISO/IEC 40500:2012)として承認され、ウェブサイト作成技術指針のデファクトスタンダードとなっている。2010年、国内規格であるJIS X 8341-3「高齢者・障害者等配慮設計指針 - 情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス - 第3部:ウェブコンテンツ」は、ウェブコンテンツに関する要件をWCAG 2.0と同じ達成基準とする内容へ改定された。これらのガイドライン及び規格により、画面上の文字色と背景色のコントラスト比の適合基準は示されているが、色の選択や配色に関する具体的条件は示されていない。また、この技術指針は、コンピュータ画面による利用を想定して策定されているため、タブレット端末の利用状況や操作特性には適合しない場合も考えられる。

こうした現状から、タブレット端末画面の文字表示において望ましい配色条件を明らかにすることは、タブレット端末の利用者の負担を軽減し、利用目的の達成しやすさであるアクセシビリティを向上させる観点から重要といえる。

2. 研究の目的

本研究は、VDT(視覚表示端末)の一つであるタブレット端末の画面表示に着目し、使いやすさやアクセシビリティの向上に有効な文字色と背景色の色彩条件を明らかにすることを目的とした。これを踏まえ以下(1)~(3)の調査ならびに被験者実験を実施した。

(1) 近年、普及が進むスマートフォンやタブレット端末等のスマートデバイスでは、ウェブサイト以外にゲームやサービス等多くのアプリケーションも利用されることから、従来のコンピュータ画面による利用状況とは異なる場合も想定される。そこで、タブレット端末等のスマートデバイスの利用実態、スマートデバイスの利用による自覚症及び画面上に感じる問題点について明らかにすることを目的に18歳以上の男女を対象とする調査を行った。

(2) コンピュータ画面のVDT作業を対象とする先行研究では、VDT画面の読みやすさは文字色と背景色の明度差やコントラストが影響を及ぼすことが明らかになった(楨ら2005、片山ら2011、2014、2015)。しかし、タブレット端末を用いた研究は2010年前後よりユーザーインターフェース等を対象に進められ、画面の色彩条件に関する知見は十分に得られていない。そこで、大学生を対象に、タブレット端末画面の文字表示の配色が文章の閲覧効率に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする被験者実験を行った。

(3) ウェブサイトは、タブレット端末を始めとする機器により広く閲覧されている情報媒体の一つである。そこで、ウェブサイトのデザイン効果に着目し、女子大学ウェブサイトのトップページの色彩及び表示されるコンテンツが、利用者の印象評価に及ぼす影響について明らかにすることを目的とする調査を行った。

3. 研究の方法

(1)~(3)の研究の方法は以下の通りである。

(1) 九州地区の複数の大学を対象とする大学生と教職員及びその関係団体等に調査協力を依頼し、留置きならびに郵送による質問紙調査を2016年7月~8月に実施した(回収率79.6%)。調査対象者への質問項目は、年齢、利用するスマートデバイスの機器名、利用する場面と場所、一日の平均利用時間、利用目的である。また、調査対象者にスマートデバイスの利用による自覚症10項目に対する感じ方、画面上の問題点23項目に対する感じ方をそれぞれ3段階評価で回答してもらった。単純集計、²検定、Fisherの直接確率法により分析した。

(2) 大学生17名(男性10名、女性7名、平均年齢 19.8 ± 0.5 歳)を対象とした。被験者は教育用色覚検査表CMT(カラーメイトテスト)により三色型の色覚特性であることを確認した(金子1995)。調査時期は2018年2月~3月である。

以下の方法でタブレット端末を用いた文字探索課題を実施した。10.1インチ型タブレットを用い、色相と輝度の異なる背景色の文字表示配色18種を設定した。背景色は無彩色6色(白、グレー4色、黒)、有彩色12色(赤色相4色、緑色相4色、青色相4色)とし、文字色は白、黒の2色とした。使用したタブレット端末画面の白と黒の輝度を測定し(白 150 cd/m^2 、黒 0 cd/m^2)、グレー、赤、緑、青の各色は輝度が 30 cd/m^2 、 60 cd/m^2 、 90 cd/m^2 、 120 cd/m^2 となるRGBの各値を設定することで、輝度値は6段階とした。表示文章の書式設定は、配色による影響を調べる目

的から、予備調査にて読みやすいと評価された書体(MS ゴシック)、文字サイズ(文字高 5 mm)、行間(3 mm)を採用した。

実験場所は長崎県の大学内一般教室である。実験には 10.1 インチタブレット型 PC (IPS 液晶モニター、タッチパネル、解像度 1280×800、OS Windows 10、重量 553g、sRGB カラー対応) を用いた。作業課題は、画面の文章を読み、指定された課題文字の個数を数字ボタンのタップ入力での回答する文字探索である。配色 1 サンプルにつき 35 画面実施した。日本語による文学作品の一部を抜粋し、課題 1 画面には約 450 字表示した。探索する課題文字として、1 画面毎に異なるひらがな 1 字を指定した。1 画面毎の回答時間は制限せず、回答が入力されると次の課題画面が自動的に表示されるよう設定した。

タブレット端末画面を上向きになるよう傾斜角度を付けず机の上に設置し、被験者に普段机上で操作する際と同様の姿勢で課題を遂行するよう指示した。初回の実験前に操作練習を行い、実験開始前に椅座位にて 20 分間の安静時間を取った。1 日の実験は 1 配色から最大 3 配色までとし、2 配色以上実施する場合は、1 配色終了後に 30 分間の安静時間を取った。配色の呈示順による影響を考慮し、各被験者に 18 配色をランダムに呈示した。1 画面毎の回答所要時間と回答の正否を測定し、正答率と正答所要時間を算出した。t 検定、一元配置分散分析及び Tukey 法による多重比較にて分析した。

(3) 国内の女子大学 76 大学のウェブサイトのトップページについて、メニューバーの色彩と表示されるコンテンツを調査した結果、多くみられた色彩はレッド系と無彩色系、多くみられたコンテンツは「行事」、「ブランド力向上・差別化」であった。これらの条件に該当するウェブサイトから大学名がわからないよう編集したトップページのサンプル画像 17 点を作成した。女子大学生 16 名 (平均年齢 21.0±0.7 歳)、保護者世代女性 16 名、(平均年齢 51.2±4.5 歳) に、ウェブサイトトップページのサンプル画像について 18 項目のイメージ評価 (5 段階評価) を求めた。t 検定、一元配置分散分析、因子分析により分析した。

(1) ~ (3) の統計処理には統計解析ソフト SPSS Ver.21 for Windows を用いた。

4. 研究成果

(1) ~ (3) の研究結果は以下の通りである。

(1) タブレット端末やスマートフォン等のスマートデバイスの利用状況の実態について、留置きならびに郵送により調査した結果、265 人 (平均年齢 42.8±18.4 歳、男性 109 人、女性 156 人) から回答を得られた。調査回答者の世代呼称と年齢区分を「若年者」(18 ~ 29 歳)、「中年者」(30 ~ 49 歳)、「高年者」(50 歳以上) の 3 群に区分した。若年者は、他の世代に比べスマートフォンの利用者が多く、利用時間が長かった。スマートデバイスの利用による自覚症は、若年、中年、高年の全世代とも目の疲れが最も多かった。若年者は、目の痛みや乾燥、集中への妨げ、睡眠への悪影響を感じ、中年者は他の世代より体の痛みやだるさを感じていた。利用時間が長いほど、若年者は目の疲れを感じていた。体の痛みやだるさについて、若年者は利用時間が長いほど感じていたが、中高年者は利用時間が短い場合も感じていた。

就寝前にスマートデバイスを利用する人ほど、寝つきが悪い、眠りが浅い、不眠等の睡眠への悪影響を感じていた。また、男女別では、就寝前にスマートデバイスを利用する男性ほど睡眠への悪影響を感じていた。就寝前のスマートデバイスの利用は、性別や世代を問わず睡眠の質の低下や不眠症等の睡眠障害のリスクに繋がる生活習慣の一つとして留意すべきといえる。

画面上の問題点 23 項目のうち、目の疲れとの関連が認められた項目数は、若年者は 1 項目であったのに対し、中高年者は 11 ~ 12 項目であり世代によって異なった。目の疲れを感じる中高年利用者ほど、彩度や明度の高い色による見づらさ、文字の色やサイズ等による読みにくさを感じていることが確認された。中高年者において、色に関する問題点が発生する要因の一つとして、加齢に伴う色の見えの変化が挙げられる。また、世代に関わらず先天性や後天性による色覚特性によって、赤と緑、オレンジと黄緑、緑と茶、青と紫、ピンクと無彩色、緑と無彩色等の色の組み合わせにおいて色誤認が生じることが報告されている (岡島 2016)。したがって、スマートデバイスの画面に文字情報を表示する際、世代や色覚特性の異なる利用者にとって容易に見分けられる色彩調節を施すことが必要である。

スマートデバイスの多様化や普及とともに、それらを介して提供されるコンテンツやサービスの領域はさらに拡大していくことが予測される。高度情報化が進む ICT 時代において、幅広い世代の利用者がスマートデバイスを快適に利用できる閲覧環境を整備することは急務といえる。そのためには、読み取りやすく閲覧効率の高い文字表示や配色条件を明らかにする等、利用者への負担を軽減するスマートデバイス画面の具体的条件についてさらに検討することの重要性が示された。

(2) 大学生 17 名を対象に、タブレット端末を用いた文字探索課題実験を行い、画面上の文字表示の配色が文章閲覧効率に及ぼす影響について分析した。その結果を以下の 、 に示す。

背景色の輝度差が閲覧効率に及ぼす影響について

背景色の輝度が閲覧効率に及ぼす影響を調べるため、背景色の色相が同一となる 4 条件 (緑色

相、赤色相、青色相、グレースケール)の各4配色に背景色の輝度が最大である白と輝度が最小である黒を加えた6配色について、正答所要時間及び正答率を比較した。

背景の色相が緑の場合、6配色間の正答所要時間に配色要因による有意な主効果が認められた($F(5,96)=6.21, p<0.001$)。その後の多重比較により、5組の配色組み合わせで有意差がみられ、このうち白文字を用いた3配色の正答所要時間は有意に短かった。背景の色相が赤、青、グレースケールの場合、各6配色間の正答所要時間に配色要因による有意な主効果が認められたが(赤色相: $F(5,96)=2.92, p<0.05$, 青色相: $F(5,96)=3.66, p<0.01$, グレースケール: $F(7,96)=3.07, p<0.05$)。いずれもその後の多重比較において有意差はみられなかった。正答率については、全ての色相において配色要因による有意な主効果はみられなかった。

これらの結果は、コントラストの大きい配色で作業効率が全般に高かったコンピュータ画面による先行研究(片山ら 2011, 2014, 2015)と異なった。この原因の一つとして、コンピュータとタブレットのデバイス間の特性の違いが挙げられる。WCAGを始めとする既存のガイドラインは、コンピュータ用ディスプレイによる使用が主であった年代に策定されたため、タブレット端末等の新たなデバイスに適しない場合もあり、コンピュータと異なる利用状況や環境要因は閲覧効率に影響を及ぼす可能性が考えられる。本調査の1配色の課題遂行時間は30分前後であったことから、30分程度の時間を要する連続作業や文章閲覧の際は、文字色と背景色のコントラストを最大よりやや小さくすることで閲覧効率を向上させる可能性が示唆された。

背景色の色相が閲覧効率に及ぼす影響について

背景色の色相が閲覧効率に及ぼす影響を調べるため、背景色と文字色の輝度差が同一となる2条件(輝度差 120 cd/m^2 、輝度差 90 cd/m^2)の各8配色について、正答所要時間及び正答率を比較した。文字色と背景色の輝度差が 120 cd/m^2 の配色群において、8配色間の正答所要時間に配色要因による有意な主効果が認められた($F(7,128)=3.73, p<0.01$)。その後の多重比較により、緑色相の背景色において、白文字の配色の正答所要時間は黒文字の配色より有意に短かった。8配色間の正答率に配色要因による有意な主効果はみられなかった。文字色と背景色の輝度差が 90 cd/m^2 の配色群において、8配色間の正答所要時間及び正答率に配色要因による有意な主効果はみられなかった。

これらの結果より、正答所要時間及び正答率のいずれについても、文字と背景の輝度差が同一となる配色群において色相の違いによる影響は認められなかった。したがって、背景色にどの色相を用いるかという点と背景色が有彩色か無彩色か否かという点は、閲覧効率に大きく影響を及ぼす要因となりにくいことが推察された。

背景の色相が緑の配色群と背景色と文字色の輝度差 120 cd/m^2 の配色群において、正答所要時間が有意に短かった配色は全て白文字の配色であったことから、黒文字の9配色を1群、白文字の9配色を1群とする2群を比較した。その結果、白文字の9配色の正答所要時間は黒文字の9配色より有意に短かった($t(152)=7.29, p<0.001$)。また、白文字の9配色の正答率は黒文字の9配色より有意に高く($t(152)=-5.39, p<0.001$)。白文字を用いた配色群において閲覧効果が向上する傾向が認められた。

コンピュータ画面によるVDT作業を対象とした先行研究(片山ら 2012)において、背景色と文字色のコントラスト比が同一の場合、黒文字(陽画表示)の作業効率は白文字(陰画表示)より全般に高かった。本実験では、使用した背景色と文字色による陽画表示と陰画表示の配色のうち、検証していない配色パターンも存在するため、陽画と陰画の表示モードによる影響を特定することは困難であるが、タブレット端末画面とコンピュータ画面における作業効率に異なる傾向が示唆された。コンピュータ画面によるVDT作業時のマウスやキーボード操作と比較すると、タブレット端末の場合、指やスタイラスで画面上に触れる「タップ」や「スワイプ」等の操作を行うため、文章閲覧と画面操作のいずれの時間も画面から目を離さない操作特性を有する。このため、黒文字を用いた配色において高輝度の明るい背景色を注視し続けることは、利用者にとって眩しさや作業負担を増加させ、閲覧効率を低下させる可能性が考えられた。

(3) 女子大学生16名と保護者世代女性16名を対象に、大学ウェブサイトのメニューバーの色彩及びコンテンツが異なるトップページが閲覧者のイメージ評価にどのような影響を与えるか調査を行い、分析した。

その結果、レッド系でコンテンツが「学生」の場合、学生は保護者より「デザイン性」を高く評価し、レッド系でコンテンツが「校舎」の場合、学生・保護者とも「大学のブランドイメージ」を高く評価した。無彩色系でコンテンツが「学生」の場合、学生は「大学のブランドイメージ」を高く評価し、無彩色系でコンテンツが「校舎・学生」の場合、学生・保護者とも「大学に対する親しみ」を高く評価した。また、ブルー系でコンテンツが「行事」の場合、学生・保護者とも「大学に対する親しみ」を低く評価したのに対し、グリーン系でコンテンツが「ブランド力向上・差別化」の場合、学生・保護者とも「大学に対する親しみ」を高く評価した。

これらの結果より、ウェブサイトのトップページにおいてメニューバーの色彩及び表示されるコンテンツや画像により閲覧者のイメージ評価に及ぼす影響は異なり、利用者の世代間にも異なる印象を与えることが明らかになった。タブレット端末等のVDTを介して閲覧されるデジタルコンテンツのイメージを利用者へ効果的に伝達するためには、画面上の色彩条件が与える心理的效果を踏まえて配色し、表示されるコンテンツと適切に組み合わせることが重要といえる。

以上(1)～(3)の研究結果から、タブレット端末の画面表示における色彩条件は、文章閲覧時の効率性や利用者へ与える心理的效果において重要な要素であることが示された。タブレット端末を始めとする様々な VDT の利用領域は、さらに拡大することが予想される。今後、多様な利用者が操作するタブレット端末の画面表示では、伝えたいイメージを大切にしながら、利用者の誰もがわかりやすく正確に読み取ることのできる設計が求められる。

< 引用文献 >

- ISO/IEC、40500 Information technology - W3C Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0、2010、<https://www.iso.org/standard/58625.html>
- 金子 隆芳、新しい学校教育用色覚検査表「色のなかまテスト」、日本色彩学会誌、19 巻 2 号、1995、71-72
- 片山 徹也、庄山 茂子、栃原 裕、VDT 画面の表示モードが作業効率と生理的・心理的反応に及ぼす影響、日本色彩学会誌、35 巻 2 号、2011、91-100
- 片山 徹也、庄山 茂子、栃原 裕、同一明度差のグレースケール配色が VDT 作業効率と疲労に及ぼす影響、人間と生活環境、19 巻 2 号、2012、91-100
- 片山 徹也、庄山 茂子、栃原 裕、青色相を背景色にした陽画表示画面が VDT 作業効率と疲労に及ぼす影響、人間と生活環境、21 巻 1 号、2014、35-45
- 片山 徹也、庄山 茂子、栃原 裕、青色相を背景色にした陰画表示画面が VDT 作業効率と疲労に及ぼす影響、人間と生活環境、22 巻 1 号、2015、29/38
- 槇 究、田中 奈苗、留目 真由香、読みやすさと配色の良さの両立 - 文字色と背景色の組み合わせの評価 -、日本色彩学会誌、29 巻 1 号、2005、2/13
- 文部科学省、平成 28 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果、2017、2-4、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1395145.htm
- 日本規格協会、JIS X 8341-3 高齢者・障害者等配慮設計指針 - 情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス - 第 3 部: ウェブコンテンツ、2010
- 岡島修、先天色覚異常の色誤認、OCULISTA、43 巻、2016、32/37
- 総務省、平成 29 年通信利用動向調査 (世帯編)、2018
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05b1.html>
- World Wide Web Consortium、Web Content Accessibility Guidelines 2.0、2008
<http://www.w3.org/TR/WCAG20/>

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 片山徹也、庄山茂子、栃原裕	4. 巻 第26巻 第2号
2. 論文標題 タブレット端末画面における文字表示の配色と閲覧効率との関連	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人間と生活環境	6. 最初と最後の頁 93-100
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 片山徹也、庄山茂子、栃原裕	4. 巻 第26巻 第2号
2. 論文標題 スマートデバイスの利用による自覚症と画面上の問題点	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 人間と生活環境	6. 最初と最後の頁 65-74
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 0件）

1. 発表者名 片山徹也、陸門菜々子、庄山茂子
2. 発表標題 大学ウェブサイトのトップページデザインが印象評価に及ぼす影響
3. 学会等名 人間-生活環境系学会第43回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片山徹也、庄山茂子、栃原裕
2. 発表標題 タブレット端末画面の背景色が可読性に及ぼす影響
3. 学会等名 人間-生活環境系学会第42回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片山徹也、庄山茂子、栃原裕
2. 発表標題 若年者のスマートデバイス利用実態と画面上の問題点
3. 学会等名 人間-生活環境系学会第41回人間-生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片山徹也、庄山茂子
2. 発表標題 中高年者のスマートデバイス利用実態と画面上の問題点
3. 学会等名 日本家政学会九州支部第63回大会
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
研究 分担者	庄山 茂子 (SHOYAMA Shigeko) (40259700)	福岡女子大学・国際文理学部・教授 (27103)	
研究 分担者	栃原 裕 (TOCHIHARA Yutaka) (50095907)	九州大学・芸術工学研究院・名誉教授 (17102)	