

令和元年5月17日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01076

研究課題名(和文)高齢者のタブレット端末学習における画面背景色の脳活性化効果

研究課題名(英文) The brain activation effects of screen background colors on learning with a tablet computer for the elderly

研究代表者

山崎 敦子(慶祐敦子)(Yamazaki, Atsuko)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号：10337678

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：短期記憶力と集中力を高めるタブレット端末画面背景色を脳活性の観点から探り、高齢者と若者の結果を比較した。異なる画面背景色を用いて、集中力と短期記憶を測るタスクを高齢者17名と20代被験者30名に行わせ、前頭前野の血流量変化をNear-infrared spectroscopyで測定し脳活性を測った。疲労と集中度もアンケートで回答させた。集中力と短期記憶タスク両方の正答率は、若者と高齢者どちらも白が最低で、青と緑が高かった。若者・高齢者ともに集中力タスクでは、白背景で最も高い脳活性が見られた。しかし、短期記憶タスクでは、白背景で最も高い脳活性が高齢者に認められたが、若者では最も低かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究結果は、タブレット端末スクリーン画面の背景色の影響を若者は受けにくい、高齢者では本人が感じる読みやすさとは異なる影響を受けることを示した。特に、白背景はタスク正答率を下げ、高齢者の脳に負荷をかけることが分かった。高齢者がICTを用いる際の背景色を脳活性から検証した研究は非常に少なく、短期記憶や脳科学の観点から解明した研究はほとんどないため、認知科学の観点からも結果は意義がある。高齢者のICT機器利用のストレスを減らす画面デザインが常に追求されている。しかし、適度なストレスは脳活性の一助ともなるため、研究結果は適度なストレスで高齢者の脳活性につながるICT画面背景色への指針となった。

研究成果の概要(英文)：The authors investigated the effects of screen background colors of a tablet computer in terms of brain activation. Seventeen elderly subjects and 30 subjects in their twenties performed a short-memory task and a concentration task with different background colors. The hemoglobin concentration changes in subject's brain were measured by Near-infrared spectroscopy while they were performing the tasks. The subjects responded a questionnaire about their tiredness and the degree of concentration. The percentage of correct answers for both tasks was the lowest when both subject groups performed the tasks on the white background, and higher when they did with blue and green backgrounds. The frontal lobe of the young and elderly subjects showed the highest activation for the concentration task with the white background. However, for the short-memory task on the white background, the frontal lobe of the elderly subjects showed most activation, but that of the young subjects showed least.

研究分野：認知情報学

キーワード：タブレット端末 画面背景色 高齢者 脳活性 ワーキングメモリ NIRS 認知インターフェース

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会が予想される中、高齢者の日常生活の多く場面で ICT の積極的な活用が求められている。特に、タブレット端末は高齢者の生活の様々な場面に既に入り込んでいる。タブレット端末でのタスク遂行は、高齢者の認知機能を高めることが指摘されているが¹、情報処理能力や判断力の低下、心理的負担などから ICT 端末使用に対して高齢者はストレスを感じやすく、高齢者の ICT 利用では集中力や記憶力を高めるインターフェースが大切な要素である。記憶情報処理の脳機能は加齢により低下するため、高齢者の ICT 学習では処理能力を高める画面デザインへの工夫が求められる。色彩が脳の働きに影響を及ぼすことや色彩効果がタスクで異なることはいくつかの研究からも知られており^{2,3}、高齢者の集中力や言語に基づいた記憶に対する画面背景色の影響を探ることは重要である。研究代表者らが行った Near Infrared Spectroscopy (NIRS) による若者を被験者とした研究の結果は、コンピュータを用いた英語テストの画面背景色が、テストスコアと受験中の脳活性に影響を及ぼすことを示した。文字が黒の場合、青系背景で正答率が高く、白背景は視覚への負担がより大きいこと、また見えにくいと思われる青系背景のほうがタスク処理をする脳部位（言語野付近）がより活性化されることを NIRS データは示唆した⁴。この研究では、言語領域での脳活性と正答率との関連は見られたが、被験者が感じた「見やすさ」、本人の「色の好み」と脳活性の関連は見られなかった。

2. 研究の目的

今後さらに増加すると思われる高齢者の ICT 利用では、集中力や記憶力を高める画面デザインへの工夫が大切である。研究代表者らの先行研究結果は、コンピュータ画面背景色が若者のタスク遂行と脳機能に影響を及ぼすことを示したが、本研究ではこの結果をもとに、高齢者が ICT を用いたタスクを行った場合、その成績と脳活性にタブレット端末のスクリーン背景色が大きく影響するのを探った。特に、高齢者が学習を行う際に不可欠である短期記憶力と集中力を高める画面背景色について、脳活性とタスクパフォーマンスの観点から検証した。さらに、高齢者と若者被験者による集中力と短期記憶タスクと脳機能測定の実験を行い、タブレット端末の背景色の違いによる影響が高齢者と若者では異なるのかについても検証した。

3. 研究の方法

1) 5色の背景による実験

この実験では、集中度を測るタスクとして、タブレット端末の画面にランダムに並ぶ3種類(丸、三角、四角)の図形から丸のみの数を答える作業を被験者に行わせた。休憩をはさみ、図形を表示するスクリーンの背景色を変え、受験者の得点が背景色で異なるかを調べた。問題数は各色10問とした。この方法は、孫らが健康な高齢者の作業記憶査定で用いた課題と研究代表者らが行った先行研究結果との関連を見るために設定した^{4,5}。短期記憶を査定する作業としては、リーディングスパンテストを行わせた。リーディングスパンテストは、スクリーン上に文を提示して音読させ、文の提示終了後に下線が引かれた単語のみ口答する課題とした⁶。集中力査定タスクと同様に、単語と文を表示するスクリーンの背景色を変え、色によって受験者の正答率が異なるかを検証した。問題数は各色に10問とした。実験では、全ての背景色に対し図形と文字の色は黒を用い、背景色は青、赤、白、黄、緑の5色とした。タスク終了後のアンケートで、被験者の色の好み、感じた疲労度と集中度についてのデータを集めた。集中力と短期記憶タスクを行っている間、被験者の脳内の酸素化ヘモグロビン(oxyHb)と脱酸素化ヘモグロビン(deoxyHb)の変化量を NIRS で測定した。NIRS は日立メディコ社の光トポグラフィー装置(Hitachi WOT-100, 16 channels)を用い、測定箇所は記憶情報の処理に深く関連する前頭前野部分である(図1)。

図形と単語の表示および被験者による回答は、タブレット端末上でマウス操作がない方法で行なった。高齢者の多くがコンピュータ操作に慣れておらず、タブレット端末を用いて指で操作するほうが負担は軽いと考えられること、高齢者の学習ではタブレット端末の使用が今後は主になることを考慮したものである。被験者は色覚等が正常な高齢者と若者である。高齢者は、健康で自立した生活を送っている65歳以上の男女で、集中度タスクでは10名、短期記憶タスクでは7名が参加した。若者は20代の男女(男:15名、女:5名)で、同じ被験者が別の実験日で両方のタスクを行った。5色での集中度画面の例を図2に示す。

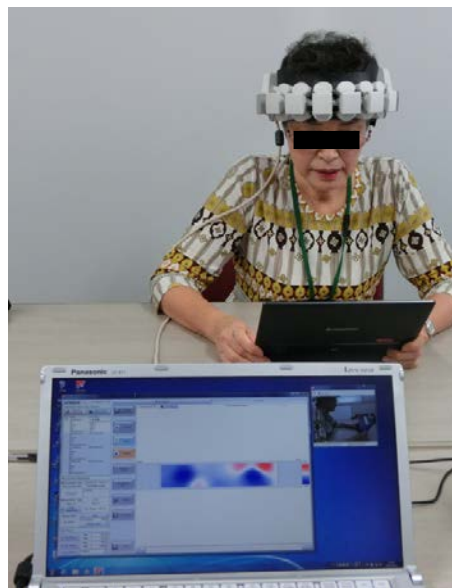


図1. タブレット端末でタスクを行う高齢者被験者と NIRS 測定画面

2) 白・青・緑の背景色による短期記憶タスク実験

NIRS での測定時間が長い場合、脳機能測定結果に影響することを考慮して、実験対象の背景色を白・青・緑の3色のみとし、5色で行なった実験と同じ手順でリーディングスパンテストを被験者に行なわせた。上記の5色の背景による実験結果で、短期記憶タスクの正答率と NIRS 測定結果で、大きな差異が見られた白・青・緑の背景色のみを対象とした。5色の短期記憶タスクでは、高齢者向けに短めの文を使用し1文のみの簡単なタスクとしたため、若者・高齢者の両方とも正答率が高く、色での差異が顕著ではなかった。そこで、この3色による実験ではより長い文を使用し、文の数も1文、2文、3文と増えていく問題形式とした。タスク執行中の被験者の前頭前野部分のヘモグロビン変化量を NIRS で測定した。この実験も高齢者と20代の若者を被験者とし、年齢による差異を検証した。どちらの被験者グループに対しても、タスクの内容や長さ、NIRS での測定方法はまったく同様に実験を行った。タスク終了後には、色の好み、感じた疲労度と集中度について5色の実験と同様のアンケートを被験者に回答させた。若者の被験者は色覚等が正常な20代の男女30名（男：27名、女：3名）で、高齢者の被験者は色覚等が正常な健康で自立した生活を送っている65歳以上の男女17名（男：11名、女：6名）である。3色のリーディングスパンテスト画面の例を図3に示す。

3) 分析方法

本研究では、被験者のタスク正答率と NIRS からの測定値を平均することで結果を分析し背景色の違いによる差を検証した。脳活性については、タスク実施中の O_{xy} ヘモグロビンのみを対象として分析した。 O_{xy} ヘモグロビン変化量の平均値（以下 $O_{xy}Hb$ 変化量）を指標とし、 $O_{xy}Hb$ 変化量が脳活性の上昇と下降の状況を示すと解釈した。また、ICT 画面では白が多く用いられるため、白と他の背景色との差や類似を中心に分析を行なった。

4. 研究成果

1) 5色背景色による集中力タスクの結果

集中力タスクの正答率は若者のほうが高齢者より高かった。タスクの正答率は、高齢者と若者ともに黄色の背景色で最も高く、白背景で最も低かった。また、青と緑の背景については、白よりは高い正答率となった。この結果は、英語問題正答率に対する背景色の影響を調べた研究代表者の先行研究結果と同じであった⁴。NIRS での測定値の平均については、若者では全ての色で $O_{xy}Hb$ の増加が見られたが、増加量が最も高かったのは緑で、次に黄色、白、青の順で、赤色背景では増加量が最も少なかった。高齢者では、黄色で最も高い $O_{xy}Hb$ の増加が見られ、次いで白が高かったが、青と赤で $O_{xy}Hb$ 量の下降が見られた。緑では変化が非常に少なかった。若者・高齢者ともに、集中力タスクでは黄色背景と黒文字の組み合わせで、正答率も脳活性も高くなる傾向が示された。アンケート結果から得られた色の好みや疲労度と難しさの印象については、集中力タスクの正答率との間での相関関係は、高齢者被験者では明らかではなかった。しかし、若者ではより読みやすく集中できる黄色背景が疲れにくく、タスクはより簡単だと感じており、正答率も高いという結果になった。

2) 3色背景色による短期記憶タスクの結果

短期記憶タスクの正答率は、若者のほうが高齢者より30%以上も高く、2つのグループで顕著な差異が見られたが、背景色による違いでは、高齢者と若者ともに緑で最も高く、白背景色



図 2. 集中力タスク（丸数え）画面（白、黄色背景）の例

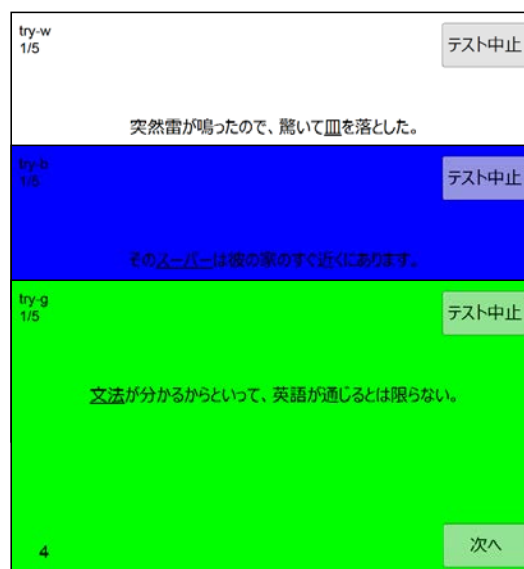


図 3. 短期記憶タスク（リーディングスパンテスト）画面（白、青、緑背景）の例

が最も低い正答率であった。また、青背景での正答率は、高齢者と若者どちらも白に比べて高かった。この色による正答率の差は、高齢者でより顕著であった。NIRS での測定値の平均は、高齢者の場合には白、青、緑の順で、3色全てで前頭前野領域の活性を示唆するプラスの値であった。この活性化の順は正答率とは逆であったが、その差は少なかった。それに対し若者の場合には、OxyHb の増加は青で最も高く、次に緑で微増、白背景色はマイナスの値であった。OxyHb 変化量の差は高齢者のものよりも大きかった。アンケートから得られた色の好みや疲労度と正答率や OxyHb 変化量との間には相関関係は見られなかった。

表 1. 集中力タスク（丸数え）の正答率と OxyHb 変化量の平均（下線は各列の最高値）

背景色	集中力タスクの正答率		集中力タスクの OxyHb 変化量	
	若者 (N=20)	高齢者 (N=10)	若者 (N=20)	高齢者 (N=10)
白	72.0	67.0	0.153	0.086
青	82.0	72.0	0.101	-0.093
黄	<u>84.0</u>	<u>78.0</u>	0.165	<u>0.131</u>
赤	76.0	69.0	0.005	-0.012
緑	79.0	73.0	<u>0.239</u>	0.001

表 2. 短期記憶タスク（リーディングスパンテスト）の正答率と OxyHb 変化量の平均

背景色	短期記憶タスクの正答率		短期記憶タスク中の OxyHb 変化量	
	若者 (N=30)	高齢者 (N=17)	若者 (N=30)	高齢者 (N=17)
白	79.3	42.9	-0.052	<u>0.199</u>
青	80.5	47.9	<u>0.150</u>	0.163
緑	<u>81.3</u>	<u>49.3</u>	0.058	0.128

5) 結果の考察と今後の課題

タブレット端末上で行なったタスクの出来具合に対する各背景色の影響は、若者よりも高齢者の方で大きく、高齢者が背景色の影響をより受けやすいことが明らかとなった。脳活性への影響については、コントラストが強い色の組み合わせ（黄色背景と黒文字、白背景と黒文字）が、高齢者の前頭前野の OxyHb をより増加させることが分かった。一方、若者ではコントラストの強い組み合わせが前頭前野の活性を促すものではないことが示唆された。この高齢者の前頭前野の活性が、集中力と言語タスク両方の成績へ同様に反映されるのではないことも明らかとなった。言語活動を含む短期記憶タスク（リーディングスパンテスト）では、より単純な集中力タスクよりも色の影響が出にくいことが分かった。丸数えのような単純な作業のほうが、高齢者の場合には色の影響が脳活性とタスク成績により関係する傾向が見られ、高齢者のタスクの出来具合に対する背景色の影響は、タスクの内容によって異なることが示された。

色への嗜好がタブレット端末などを用いた ICT 学習や作業効率に影響するという研究結果があるが、色の好みとタスクの正答率や脳活性との関連は見られなかった。このことから、脳機能が衰えて行く高齢者の ICT 学習については、脳科学の観点から画面色効果を測ることがより重要であることが分かった。高齢者がタブレット端末で学習を行う際のスクリーン背景色の影響を脳機能から検証し、学習効果を高める背景色の影響を脳活性から探った研究はなく、本研究結果は高齢者のための ICT デザインや認知インターフェースへの指針を与える。短期記憶が関連する課題遂行時には、脳の前頭前野部で高い活動が見られることが知られており⁷、短期記憶は訓練による改善が指摘されている。コントラストの強い画面が高齢者の前頭前野の活性を促すという本研究結果を応用することで、日常的な ICT 端末の使用において背景や文字の色を変化させ、脳機能低下の予防に役立つ高齢者向けの短期記憶のトレーニングがデザインできると考えている。

<引用文献>

- ① Chan, MY et al: Training Older Adults to Use Tablet Computers: Does It Enhance Cognitive Function?, *Gerontologist*. 2014 Jun 13.
- ② Mehta R. & Zhu, R.: Blue or Red? Exploring the Effect of Color on Cognitive Task Performances, *Science*, 323, 5918, 1226-1229, 2009.
- ③ Hall, R. & Hanna, P: The Impact of Web Page Text-Background Color Combinations on Readability, Retention, Aesthetics, and Behavioral Intention Citation. *Behaviour & Information Technology*, 23, 3, 183-195, 2004.
- ④ Yamazaki, AK., Eto, K. "An Analysis of white and blue background-color effects on the scores of Web-based English grammar tests using near-infrared spectroscopy", *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, vol. 243, 2012, p. 911-920.
- ⑤ 荳阪 直行: ワーキングメモリの脳内表現, 京都大学学術出版会.
- ⑥ 孫琴ら: 3年間にわたる健康高齢者の記憶の変化について—作業記憶と短期記憶を中心とした検討—, *立命館人間科学研究*, 第26号 2013
- ⑦ 斉藤恵一ら: 機能的MRIを用いた視覚性ワーキングメモリ課題における脳活動の検討, *バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌*, Vol.11, No.2, pp.87-91 (2009)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計8件)

- ① Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardia, Atsuko K. Yamazaki, Effect of emotionally toned Malay language sounds on the brain: a NIRS analysis, *International Journal on Perceptive and Cognitive Computing*, Vol. 5, Issue 1, to appear in June, 2019.
- ② Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardia, Atsuko K. Yamazaki, Effects of emotionally induced language sounds on brain activations for communication, *Artificial Life and Robotics*, 2019年2月2日, DOI 10.1007/s10015-019-00529-x, to appear in Vol. 25, 2019
- ③ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto A Pre-Analysis of the Effect of White, Blue and Green Background, Colours on Working Memory in a Reading Span Task, *Procedia Computer Science*, 126, 1847-1854, 2018, DOI 10.1016/j.procs.2018.08.092
- ④ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, A Pre-NIRS Study of White, Blue, and Green Background Colour Effects on Working Memory, *Proceedings of The 12th SEATUC Symposium*, OS03-06, 2018
- ⑤ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, A pre-NIRS study of background colour effects on the functions of the frontal lobe, *Procedia Computer Science*, 112, 2031-2039, 2017, DOI 10.1016/j.procs.2016.08.160
- ⑥ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, A Neurological Study of Background Colour Effects on The Working Memory, *電気学会研究会資料次世代産業システム研究会*, IIS-17-027~033, 19-22, 2017
- ⑦ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, A PRELIMINARY STUDY OF THE TABLET'S BACKGROUND COLOUR EFFECTS FOR READING SPAN TASK ON BRAIN FUNCTIONS, *Proceedings of The 11th SEATUC Symposium*, OS02, 2017
- ⑧ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Hideyuki Shinohara, Atsuko K. Yamazaki, A pre-study of background color effects on the working memory area of the brain, *Procedia Computer Science*, 96, 1172-1178, 2016, DOI 10.1016/j.procs.2016.08.160

[学会発表] (計7件)

- ① Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, READING SPAN TASK WITH BACKGROUND COLOURS EFFECT ON BRAIN FUNCTION: NEAR-INFRARED SPECTROSCOPY ANALYSIS, Poster, The 13th SEATUC Symposium, 2019年3月15日
- ② Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, A Pre-Analysis of the Effect of White, Blue and Green Background, Colours on Working Memory in a Reading Span Task, 22nd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2018年9月4日
- ③ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, A Pre-NIRS Study of White, Blue, and Green Background Colour Effects on Working Memory, The 12th SEATUC Symposium, 2018年3月13日
- ④ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, A pre-NIRS study of background colour effects on the functions of the frontal lobe, 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2017年9月8日
- ⑤ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, A Neurological Study of Background Colour Effects on The Working Memory, *電気学会研究会資料次世代産業システム研究会*, 2017年3月21日

⑥ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Atsuko K. Yamazaki, A PRELIMINARY STUDY OF THE TABLET' S BACKGROUND COLOUR EFFECTS FOR READING SPAN TASK ON BRAIN FUNCTIONS, Proceedings of The 11th SEATUC Symposium, 2017年3月 13日

⑦ Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi, Hideyuki Shinohara, Atsuko K. Yamazaki, A pre-study of background color effects on the working memory area of the brain, 20th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2016年9月6日

〔招待講演〕 (計 1 件)

① Atsuko K. Yamazaki, Neurological factors for knowledge-based systems: NIRS studies as examples, Keynote Speech (Invited), 22nd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2018年9月4日

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：江藤 香

ローマ字氏名： Kaoru Eto

所属研究機関名：日本工業大学

部局名：基幹工学部

職名：特別研究員

研究者番号 (8桁)：70213551

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：ムハンマドヌルアディリンビンモハマドアヌアルディ

ローマ字氏名：Muhammad Nur Adilin Mohd Anuardi

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。