

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：32619

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501171

研究課題名(和文) 脳の活性化から見る英語 Computer - Based テスト画面背景色の効果

研究課題名(英文) Effects of Background Colors on Computer-Based English Tests from a Brain Activation Perspective

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) 3,800,000円、(間接経費) 1,140,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータ画面で英語問題を解く際に画面背景色が問題正答率と脳の働きに影響を及ぼすか検証した。20代の被験者に英語の文法とリスニングのWeb-based testsを白、青、薄青の画面背景色で解答させた。また、非言語タスクとして画面上の丸を数えさせた。文字と図形の色は黒とした。解答の間、光トポグラフィを用いて被験者の脳内ヘモグロビン濃度変化を測定した。英語問題と丸数えタスクの両方で、白色背景よりも青と薄青の背景色で問題を解いたほうが正答率は高く、解答中のオキシヘモグロビン濃度も言語野で高くなることが観測された。これらの結果は、頻繁に用いられる白より青系背景色が良いことを示唆した。

研究成果の概要(英文)：The authors conducted experiments to see how the background color of Web-based tests (WBTs) can affect the brain activities of Web-based test takers. Subjects in their twenties took Web-based English grammar and listening tests and also performed circle-counting tasks on a computer screen with white, blue and light blue backgrounds. For all background colors, text and symbols were presented in black. Hemoglobin (Hb) concentration changes in the brain of each subject were recorded by using near-infrared spectroscopy (NIRS). On both the English tests and the counting tasks, the scores of the subjects were higher on average with the blue backgrounds than with the white background. The NIRS signals showed that linguistic areas in the brain tended to have higher oxy-Hb concentrations for the blue backgrounds than for the white background. These results suggest that a blue color may be a better choice for the background color of a WBT.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：画面背景色 脳機能 Web-based test 言語野 テストパフォーマンス 英語学習 光トポグラフィ

### 1. 研究開始当初の背景

Web ページのデザインに関する研究の多くは、色彩が重要な要素であると指摘しており、画面背景色とフォント色の間の輝度コントラスト比が Web ページの読みやすさに関係すると報告している。Hall と Hanna による実験結果は、フォント色と背景色のコントラストが強い方が読みやすいことを示した。Hall と Hanna の実験では、フォント色と背景色の組み合わせは Web ページユーザーの記憶力に影響することはなかった[1]。しかし、Mehta と Zhu の研究は、単語を思い出すタスクについては赤色背景画面のほうがパフォーマンス結果は良いが、創造的なタスクではスクリーンが青のほうがより良い結果を生み出すことを示し、画面の背景色が Web 上で行うタスクのパフォーマンスに影響を及ぼすことを示唆した[2]。このように、Web ページに関する画面背景色の研究は多く行われているが、e-learning の画面色の効果についての研究は少ない。

近年、Web 上で行われる教育や試験が増えている。特に、英語教育ではコンピュータを用いた学習教材やテストが頻繁に用いられ、Computer-Based Test (CBT)や Web-Based Test (WBT) は、多くの受験者を対象としたテストとして定着している。Cambridge Computer Based Tests, TOEFL® TEST, などはその例であり、学校や企業などで受験者の英語力を測る指針として用いられている。これらの CBT や WBT は、従来の紙ベースの試験を模して、テスト問題の画面は背景色を白に、文字色を黒にしているものがほとんどである。しかし、コンピュータ・ディスプレイ上で与えられるタスクを黒文字と白背景で行った場合、タスク遂行にとって最適であるかの検証は少ない。

### 2. 研究の目的

研究代表者らが行った CBT 画面の背景色に関する 2 つの先行研究は、白色背景が良いテストスコアを導くものではないということを示した[3][4]。これらの研究では、黒文字で書かれた英文法問題を、異なった画面背景色で被験者に与え一定時間で解答させ、テストの得点が背景色で異なるかを比較した。用いた画面背景色は、青、赤、白、黄、うす青、ピンク、クリーム、うす緑の 8 色である。研究代表者の研究では、被験者を英語力差がない 8 グループに分け(1 グループ 23~37 名)同じ問題、異なる背景色でテストをした。テストスコアの平均点は高い順から、うす青、青、ピンク、うす緑、赤、クリーム、白、黄であった。うす青は黄より平均点が 20 点高く  $t$  検定で差異 ( $\alpha=0.05, p<0.05$ ) が見られた。また、うす青は白、クリームより平均点が約 8 点高い結果となった[3]。

色彩が脳の働きに影響を及ぼすことは、多くの研究結果から知られており、タスクにより色彩の効果が違うことも示唆されている

[2]。また、英語学習に関する脳の働きについては、酒井が光トポグラフィと fMRI を用いた研究を行い、脳内の言語処理中枢の特定や効率的な学習との関係の解明を行っており、英語学習やテストの妥当性の研究には、脳の働きを観測し分析することが重要であると指摘している[5]。

本研究は、CBT や WBT の文字色に黒を用いた場合、良い背景色とはどのような特性をもったものであるのかを、脳活性の観点から探ることを目的とした。特に、CBT や WBT で多用されている白背景と黒文字は、英語の問題を解くには適切なのかについて、言語処理を行う脳の部分の活性度をもとに調べた。光トポグラフィを用いて受験者の脳内血流量変化を測定し、脳の各部位の活性を分析し、スクリーン画面背景色が脳活動に及ぼす影響を検証した。

### 3. 研究の方法

本研究の実験では、黒文字で書かれた Web-based の英語の文法とリスニング問題を異なったコンピュータ画面背景色で被験者に与え、コンピュータ上で解答させて、テストの得点が背景色で異なるかを比較した。用いた画面背景色は、前述の 2 つの先行研究で平均点が高かった青と薄青の背景色と、コンピュータを用いた英語テストで頻繁に用いられている白色背景のみを対象とした。行った実験は、1) 青色と白色背景を用いた英語文法問題の実験、2) 薄青色と白色背景色を用いた英語文法問題の実験、3) 青色と白色背景を用いた英語リスニング問題の実験である。

これらの実験では、被験者が英語問題と非言語問題のレストタスクを行っている間、脳内ヘモグロビン(Hb)濃度変化を日立メディコ社の光トポグラフィ(日立メディコ, EGT 4000)で観測した。NIRS のチャンネル 14 と 35 を前頭を中心に位置させ、言語領域である大脳左半球上部および側面を中心に全 52 チャンネルでの測定を行った(図 1)。被験者は全て右利きであった。

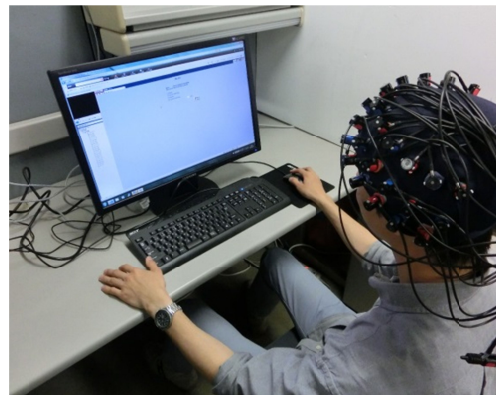


図 1. 光トポグラフィプローブを装着し、薄青背景色の英語リスニング WBT を解答する被験者

### 1) 青と白背景色の文法問題実験

用いた英文法の WBT TOEIC®テストの Reading Section の Part V (英文を完結させる文法問題) を模して作成されたもので、問題数は 15 問、全て 4 つの選択肢から答えるものである。英語文法問題 3 問の後に、画面上の 4 種類の図形からの丸の数のみ数えて、4 つの選択肢から答えを選ぶレストタスクを挿入した。問題の文字と図形の色はすべて黒である。プルダウンメニューから 4 択の解答番号の中からマウスを用いて 1 つ選択した後、「解答」ボタンをクリックすると、次の英文問題が提示される形式である。被験者は 20 代の大学学部生と大学院生 24 名 (男性 17 名、女性 7 名) である。白色背景色と青色背景色で、難易度レベルがほぼ同等の異なった問題を使用した。図 2 に青色背景色の英語文法問題画面の 1 例を、図 3 に青色背景色での丸数えタスク画面の 1 例を示す。

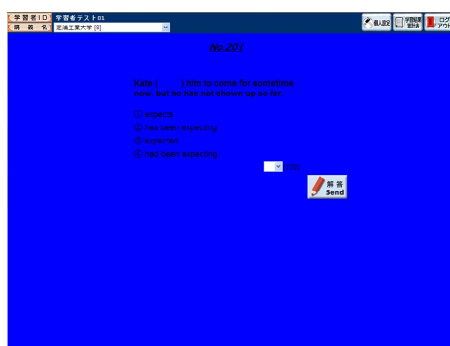


図 2. 青色背景の文法問題画面の 1 例

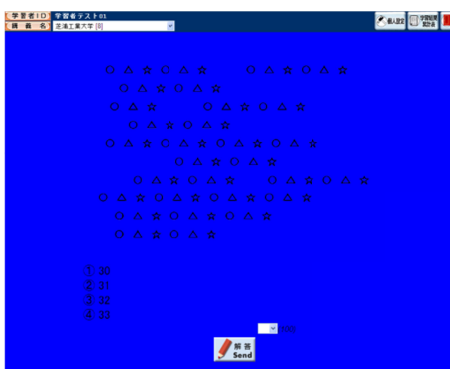


図 3. 青色背景の丸数えタスク画面の 1 例

### 2) 薄青と白背景色の文法問題実験

この実験で用いた薄青背景色の英文法 WBT 問題は、青色背景と同じもので、背景色のみ薄青に変えた。白色背景の問題についても、青色との比較実験で用いたものと同じものを使用した。被験者は 20 代の大学学部生と大学院生の男女 30 名 (男性 23 名、女性 7 名) である。薄青背景色実験の被験者は、青色背景色実験には参加しておらず、実験で使用した英文法問題は初めて解くものである。図 4 と 5 は、薄青色背景色の英語文法問題と丸数えタスク画面の 1 例であ

る。

### 3) 青と白背景色のリスニング問題

リスニング実験で使用した英語リスニング WBT 問題の形式は TOEIC®テストの Listening Section の Part (文章を聞き、その答えを選択するリスニング問題) を模して作成されたもので、問題数は 15 問、全て 3 択形式で答える問題である。1 つの画面にリスニング問題が 1 問出題され、受験者は解答を 3 つの選択肢から選び、プルダウンメニューから 1 つ選択し「解答」ボタンをクリックすると次のリスニング問題が提示される形式である。文法問題同様に、リスニング問題 3 題の後、画面上の丸の数を数えて 4 択から答えを選ぶというタスクを挿入した。被験者は 20 代の大学学部生と大学院生の男女 33 名 (男性 26 名、女性 7 名) である。被験者にはイヤフォンを装着させ、リスニングの問題を聞かせた。



図 4. 薄青色背景の文法問題画面の 1 例

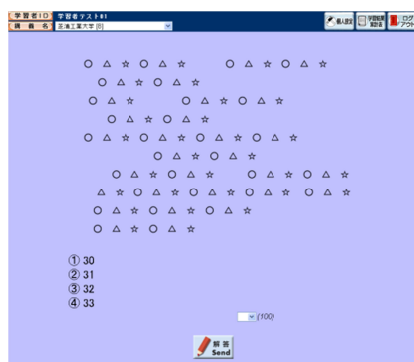


図 5. 薄青背景の丸数えレスト画面の 1 例

### 4. 研究成果

3 つの実験から得られた結果は、いずれも青系背景色の英語問題に解答した場合のほうが白色背景の場合よりも正答率が高いことを示し、研究代表者の先行研究と同様の結果となった [3]。また、NIRS による受験者の脳機能測定結果は、青系の背景色で英語問題を解いた場合のほうが視覚などへの負荷が少なく、より言語処理タスクに集中できることを示唆し、青色系背景色でより高い正答率が得られたことを支持した。

### 1) 正答率の結果

以下に、言語処理タスクである英語問題と非言語タスクである丸数え問題の正答率について実験ごとにまとめた。

#### 1)-1 青と白背景色の文法問題実験

全被験者から得られた解答を平均した正答率は、英語文法問題、丸数え問題ともに青色背景のほうが高かった。表 1 に青と白背景での英語文法問題と丸数え問題の正答率を%で示す。それぞれのタスクにおいて有意水準  $\alpha=0.05$  で t 検定を行ったところ、文法問題は  $p<0.05$ 、丸数え問題は  $p<0.001$  で共に青背景と白背景の間に有意な差が見られた。

表 1. 文法と丸数え問題の正答率 [%]

背景色	英語文法問題	丸数え問題
白	49.72	78.33
青	59.17	95.00

#### 1)-2 薄青と白背景色の文法問題実験

本実験での英語文法問題の正答率を、青背景の実験と同様の方法で求めた。白背景色に比べて薄青背景の正答率が 5.34% 高く、非言語問題である丸数え問題においても、薄青が 6.67% 高かった。2 つの背景色間での t 検定結果は、文法と丸数え問題ともに有意差を示さなかった。表 2 に薄青と白背景色での英語文法問題と丸数え問題の正答率を示す。

表 2. 文法と丸数え問題の正答率 [%]

背景色	英語文法問題	丸数え問題
白	53.33	86.00
薄青	58.67	92.67

#### 1)-3 青と白背景色のリスニング問題実験

実験の被験者 33 人の解答から背景色ごとに求めた正答率は表 3 のとおりである。英語リスニング問題のスコアの正答率は青色背景のほうが白色背景の場合より若干高く、レストタスクの正答率も同様に青色背景のほうが若干高かったが、いずれも文法問題と比べると大きな差異を示すものではなかった。リスニング問題では、画面を注視する時間が短く、画面背景色による影響が少なかったのではないかと考えられる。

表 3. リスニングと丸数え問題の正答率 [%]

背景色	英語文法問題	丸数え問題
白	90.30	72.32
青	89.09	68.89

### 2) 脳機能測定結果

光トポグラフィでの観測から得られた 2 次元画像では、いずれの背景色も言語処理に関

連するブローカ野付近で Hb 濃度が上昇する傾向が見られた。しかし、白色背景で問題を解いた場合のほうが、視覚に関連する BA8 の付近を含む広い領域で Hb 濃度が高くなる傾向を示した。また、青背景色で英語問題を解いている時には、ブローカ野(BA44 と 45) の一部が白色背景の場合より強く活性化している被験者が多いことも観察された。言語タスクと背景色の関係を脳活性から検証するには、NIRS から得られたデータについて言語タスクとレストタスクでの比較分析がさらに必要であり、今後の課題である。以下に、それぞれの実験で得られた脳機能測定の結果について概略を述べる。

#### 2)-1 青と白背景色の文法問題実験

NIRS を用いた測定により得られた被験者の Hb 濃度変化量を分析した。各被験者について 0.1 秒ごとに測定された Hb 濃度変化量を背景色ごとに平均し、青と白背景色におけるチャンネルごとの Hb 平均変化量を求めた。これらの平均値は、青色背景のほうが白背景より BA44 と BA45 の一部で Oxy-Hb 濃度が高くなることを示した(表 4)。

表 4. 青と白背景実験での言語領域 Oxy-Hb 濃度変化の平均値 (対応する BA)

Channel #	白	青
27 (BA44&45)	0.0931	0.1022
28 (BA45)	0.1639	0.1931
37 (BA44&45)	0.0347	0.0965

#### 2)-2 薄青と白背景色の文法問題実験

青・白背景色実験同様に、薄青背景色・白背景色におけるチャンネルごとの Hb の平均変化量を求めた。青背景と同じく、白背景よりも薄青のほうが BA44 と BA45 の一部で Oxy-Hb 濃度が高まる傾向を示した(表 5)。

表 5. 薄青と白背景実験での言語領域 Oxy-Hb 濃度変化の平均値 (対応する BA)

Channel #	白	薄青
6 (BA44)	0.0590	0.1843
27 (BA44&45)	-0.0288	0.1282
37 (BA44&45)	-0.0759	0.0521

#### 2)-3 青と白背景色のリスニング問題実験

チャンネルごとの総ヘモグロビン量の変化を 0.1 秒ごとに平均した。この数値の中から音韻と単語処理に関連する脳エリア周辺に対応するチャンネルの数値を時系列でグラフ化したところ、これらのチャンネルで白背景の場合に総ヘモグロビン量が減少していく傾向にあることが分かった。

### 3) アンケート結果

実験後に被験者に対して疲労度に関するアンケートを行った。アンケートでは、「疲れ

た」または「非常に疲れた」と答えた被験者が青系色背景の場合のほうが多かった。この受験者の疲労度と正答率是对应しないというアンケート結果は、研究代表者による先行研究結果と同じ傾向であった[3].

## 5 . 文献

[1] Hall, R., Hanna, P. The Impact of Web Page Text-Background Color Combinations on Readability, Retention, Aesthetics, and Behavioral Intention Citation. Behaviour & Information Technology, vol. 23 (3), 2004, p. 183-195.

[2] Mehta R., Zhu, R. Blue or Red? Exploring the Effect of Color on Cognitive Task Performances, Science, vol. 323 (5918), 2009, p.1226-1229.

[3] Yamazaki, AK. An Analysis of background-color effects on the scores of a computer-based English test. Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6277, 2010, p. 630-636.

[4] Yamazaki, AK , Eto, K. A Preliminary Examination of Background-Color Effects on the Scores of Computer-Based English Grammar Tests Using Near-Infrared Spectroscopy, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6883, 2011, p. 31-39.

[5] Sakai, KL., Nauchi, A., Tatsuno, Y., Hirano, K., Muraish, Y., Kimura, M., Bostwick, M., Yusa, N. Distinct roles of left inferior frontal regions that explain individual differences in second language acquisition. Human Brain Mapping, vol. 30, 2009, p. 2440-2452.

## 6 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

1) 小泉真治, 山崎敦子, 嶋田眸, 江藤香: 光トポグラフィーを用いた e-learning 英語文法問題における薄青景色による効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会資料 IIS-13-14-6, 2014, pp. 25-30 (査読なし).

2) Hitomi Shimada, Atsuko K. Yamazaki: Comparison Of the Effects Between White and Blue Backgrounds On Web-based English Listening Tests, Proceedings of the 8th SEATUC Symposium, March 4-6, 2014, Johor Bahru, Malaysia, 2014, pp. 13-15 (査読なし).

3) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, Hitomi Shimada: A preliminary analysis of

light blue backgrounds on the scores of Web-based tests using NIRS, Proceedings of 2013 International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, 2013, pp.1-6 (査読なし).

4) Atsuko K. Yamazaki, Hitomi Shimada, Kaoru Eto: A preliminary examination of the effect of white and blue backgrounds on Web-based English listening tests, Procedia Computer Science, vol. 22, 2013, pp. 529-536 (査読有).

5) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, Akane Nakabayashi, Hitomi Shimada: Brain activity measurement for the scores of on-line English grammar tests with white and blue backgrounds, Advanced Techniques for Knowledge Engineering and Innovative Applications, Communications in Computer and Information Science, vol. 246, 2013, pp. 3-15 (査読有).

6) 山崎敦子, 松居辰則: コンピュータを用いた英語文法テストに及ぼす画面背景色効果の検証, 教育システム情報学会誌, vol. 30, no. 1, 2013, pp. 110-115 (査読有).

7) 中林茜, 山崎敦子, 嶋田眸, 江藤香: トポグラフィーを用いた e-learning 英語文法問題に対する青と白背景色効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会資料 IIS-13-032-04, 2013, pp. 47-52 (査読なし).

8) 嶋田眸, 山崎敦子, 中林茜, 江藤香: 光トポグラフィを用いた e-learning 英語リスニングテストスコアに対する青と白背景色効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会資料, IIS-13-032-04, 2013, pp. 53-58 (査読なし).

9) Atsuko K. Yamazaki and Kaoru Eto: An Analysis of white and blue background-color effects on the scores of Web-based English grammar tests using near-infrared spectroscopy, KES, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 243, 2012, pp. 911-920 (査読有).

10) 山崎敦子, 松居辰則: “光トポグラフィを用いたWeb-Based英語テストにおける背景色効果についての検証”, 教育システム情報学会研究報告, vol.26, no. 7, 2012, pp. 147-152 (査読なし).

11) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto: A Preliminary Examination of

Background-Color Effects on the Scores of Computer-Based English Grammar Tests Using Near-Infrared Spectroscopy, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6883, 2011, pp. 31-39 (査読有).

〔学会発表〕(計 10 件)

1) 小泉真治, 山崎敦子, 嶋田眸, 江藤香: 光トポグラフィーを用いた e-learning 英語文法問題における薄青景色による効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会 2014 年 3 月 17 日, 中央電気倶楽部, 大阪.

2) Hitomi Shimada, Atsuko K. Yamazaki: 4 Comparison Of the Effects Between White and Blue Backgrounds On Web-based English Listening Tests, 8th SEATUC Symposium, March 5, 2014, Johor Bahru, Malaysia

3) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto, Hitomi Shimada, A preliminary analysis of light blue backgrounds on the scores of Web-based tests using NIRS, 12th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2013, October 11, 2013, Antalya, Turkey

4) Atsuko K. Yamazaki, Hitomi Shimada, Kaoru Eto: A preliminary examination of the effect of white and blue backgrounds on Web-based English listening tests, 17th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, September 10, 2013, Kitakyusu, Japan

5) 嶋田眸, 山崎敦子, 江藤香, 中林茜 NIRS を用いた E-learning リスニング問題における青系背景色がもたらす効果, 第 27 回人工知能学会全国大, 2013 年 6 月 7 日, 富山国際会議場, 富山

6) 嶋田眸, 山崎敦子, 中林茜, 江藤香: 光トポグラフィを用いた e-learning 英語リスニングテストスコアに対する青と白背景色効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会, 2013 年 3 月 18 日中央電気倶楽部, 大阪

7) 中林茜, 山崎敦子, 嶋田眸, 江藤香: 光トポグラフィーを用いた e-learning 英語文法問題に対する青と白背景色効果の検証, 電気学会次世代産業システム研究会, 2013 年 3 月 18 日, 中央電気倶楽部, 大阪

8) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto: An

Analysis of white and blue background-color effects on the scores of Web-based English grammar tests using near-infrared spectroscopy, 16th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, September 12, 2012, San Sebastian, Spain

9) 山崎敦子: NIRS で検証する Web-based タスクにおける青と白背景色の影響, 第 26 回人工知能学会全国大会, 2012 年 6 月 15 日, 山口県教育会館, 山口

10) Atsuko K. Yamazaki, Kaoru Eto: A Preliminary Examination of Background-Color Effects on the Scores of Computer-Based English Grammar Tests Using Near-Infrared Spectroscopy, 15th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, September 14, 2011, Kaiserslautern, Germany.

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

山崎 敦子 (YAMAZAKI, ATSUKO)  
芝浦工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 10337678

### (2)研究分担者

江藤 香 (ETO, KAORU)  
日本工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 70213551

### (3)連携研究者

松居 辰則 (MATSUI, TATSUNORI)  
早稲田大学・人間科学学術院・教授  
研究者番号: 20247232