

## 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

## An Analysis of Blue Background Color Effects on English Listening e-learning Questions by Using near-infrared spectroscopy

嶋田 眸<sup>\*1</sup>      山崎 敦子<sup>\*1</sup>      江藤 香<sup>\*2</sup>      中林 茜<sup>\*1</sup>  
 Hitomi Shimada      Atsuko Yamazaki      Kaoru Eto      Akane Nakabayashi

<sup>\*1</sup> 芝浦工業大学  
 Shibaura Institute of Technology

<sup>\*2</sup> 日本工業大学  
 Nippon Institute of Technology

The authors conducted an experiment to examine if a background color affected the scores of web-based English listening questions and how background colors can affect the functions of learners' brains by using near-infrared spectroscopy (NIRS). Thirty three subjects in their twenties took web-based English listening and non-linguistic tests with white and blue background colors with black text. The results showed no significant difference between both backgrounds in the scores of the linguistic and non-linguistic tests. However, NIRS observations indicated that learners' brain areas associated with language processing had been less active when they were answering the questions with white background.

## 1. 研究背景と目的

インターネットが生活に浸透している現在において、Web ページデザインに関する研究は盛んに行われている。[2][3][4][5][6]。その研究の多くで、色彩が重要な要素であると指摘されており、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。しかし、e-learning における画面色の効果についての研究は少ない。一方、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, TOEIC® Speaking & Writing 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。紙を媒体としたタスクのパフォーマンスと紙の色との関係に関する研究は、眼の疲労度という視点から行われているものがある[7]。しかし、黒文字と白背景の画面を用いてコンピュータ・ディスプレイ上で与えられるタスクを行った場合、この組み合わせは視覚などへの負担が少なく、タスク遂行にとって最適であるかの検証は少ない。特に、英語力を測る CBT や WBT をタスクとして与えた場合、この組み合わせが受験者のパフォーマンスを評価する上で、コンピュータ・ディスプレイでの最適なものであるかの実験はほとんど行われておらず、コンピュータ上での英語テストパフォーマンスへの画面背景色の影響はほとんど解明されていないと思われる。

そこで、山崎は英文法問題の WBT を用いて、画面背景色がタスクに影響を及ぼすかを実験で検証し、青系背景が白色背景より良いタスクパフォーマンスにつながることを示唆する結果を

得た[1]。本研究ではこの先行研究をもとに[1]、WBT で頻繁に扱われるリスニング問題に対して、テストスコアへの画面背景色の影響を探った。同時に、光トポグラフィを用いてテスト受験者の脳機能測定を行った。

## 2. リスニング問題解答時の言語領域観測実験

## 2.1 光トポグラフィ

本研究では、光トポグラフィを用いて脳局所の活動を観察し、テスト受験者のどの脳内部位が WBT 受検中に活性化されているかを知る手がかりとした。今回の実験で脳機能測定に用いたのは、日立メディコ社製の ETG-4000 である。実験で使用した光トポグラフィのチャンネル数は 52 チャンネルである。本研究における実験での測定位置は、脳波記録国際 10-20 法を基準として決めた。また、リスニング問題解答中に関連すると考えられる言語領域のプロローカ野 (BA44 と BA45 に相当) やウェルニッケ野 (BA22 に相当) [8] での変化を記録するために、NIRS の測定におけるプローブの位置を図 1 のように設定した。

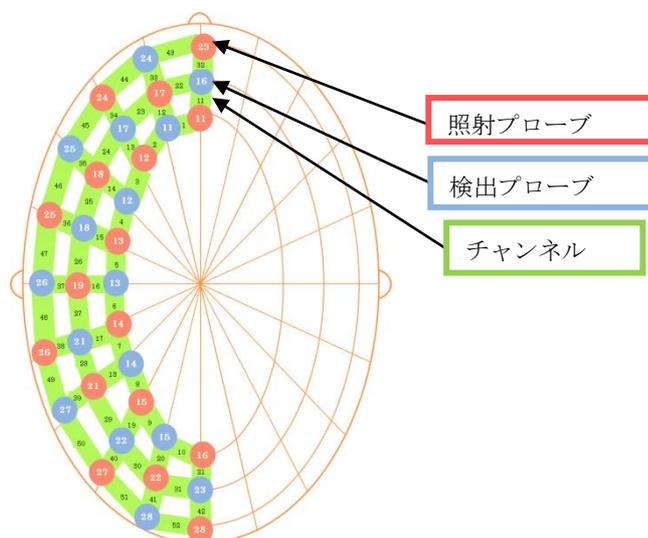


図 1 測定位置とチャンネル番号



図2 実験時のプローブ装着図

## 2.2 実験方法

この実験では、Web-based (WBT) の英語試験を受験している間、画面背景色が受験者の脳の働きに影響するかどうかを調べるため、青色背景と白色背景のみを対象として、背景色による脳活動の変化を調べた。被験者が英語リスニング問題とレストタスクを行っている間、脳内の Hb 濃度変化を光トポグラフィで観測した。被験者は 20 才から 25 才の男 26 人、女 7 人、計 33 人で、TOEIC®テストの点数は 200 点台後半～600 点台前半であった。

今回の実験で使用した WBT 英語リスニング問題の形式は TOEIC®テストの Listening Section の Part II (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。英語問題は以下のように構成されている。1 つの画面にリスニング問題が 1 問出題される。受験者は、問題の解答として最も適切なものを 3 つの選択肢から選ぶ。プルダウンメニューから 3 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。図 3 は実験で用いた青色背景の場合のリスニング問題の 1 例である。

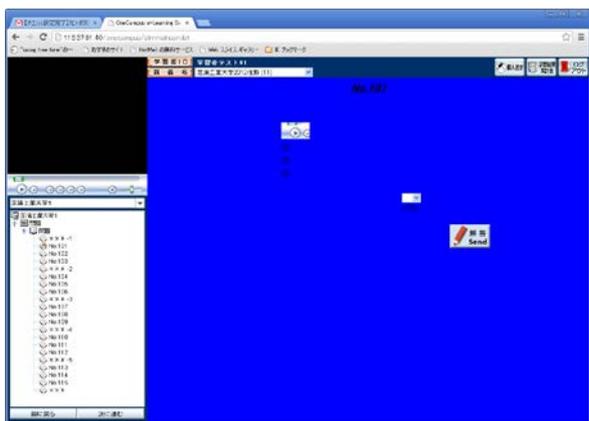


図3 実験で用いた WBT 英語リスニング問題の例 (青色背景の場合)

また英語問題 3 題の後、言語処理のタスクではない、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。これは、脳内の言語領域での変化を比較するためのレストタスクである。図 4 に白背景の場合のレストタスクの一例を示した。このリスニング問題 15 問、レストタスクの丸数え問題 5 問、合計 20 問を 1 セットとして、被験者には青背景と白背景で、それぞれ

20 問ずつ順番に解答してもらった。なお、問題の文字色はすべて黒である。

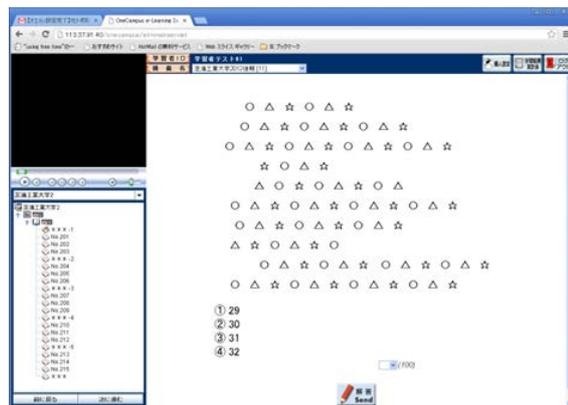


図4 実験で用いた丸数え問題の例 (白色背景の場合)

さらに、被験者の色の好みや疲労度などがテストスコアに関係があるかを探るため、測定が終了した後に、全ての被験者にアンケートを回答させた。アンケート項目は、「自分が解いた問題の背景色が好きか」、「問題に集中できたか」、「疲れたか」、「問題が難しく感じたか」の 4 つで、いずれも 5 段階スケールで回答する形式である。

実験環境は WBT を表示するコンピュータの前に被験者が着席し、装着したイヤホンからリスニング問題を聞くという形式にした。また、同機をとるために測定中の画面をビデオカメラで撮影した。実験は被験者 1 人ずつそれぞれに行い、光トポグラフィのプローブ装着の後、白背景の WBT を解き、青背景の WBT を解く、という順番で行った。ここでリスニング問題の際は被験者が目をつぶらないように注意した。図 5 は、WBT 試験を受けている被験者の様子である。



図5 脳計測時の被験者の様子

## 3. 実験結果

### 3.1 正答率

今回の実験の被験者 33 人の背景色ごとの正答率は、表 1 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、レストタスクとして行った丸数え問題の正答率も同様に青色背景のほうが若干高かったが、いずれも大きな差異を示すものではなかった。

表1 背景色ごとの問題の正答率

背景色	被験者数	平均正答率	
		丸数え問題	英語問題
青	33	72.32%	90.30%
白	33	68.89%	89.09%

### 3.2 総ヘモグロビン濃度の変化量

光トポグラフィで得られた被験者の脳内ヘモグロビンの変化量から、画面背景色による実験中の脳の活性化状況の違いを検証した。典型的な例として、図6と図7に被験者Aがリスニング問題の英語文を聞いている際に測定された総ヘモグロビンの2次元トポグラフィ画像を示す。図6は青色背景色の場合で、図7は白色背景色の場合である。試験の平均スコアでは2つの背景色の間に大きな違いが見られなかったが、脳の活動状況においては差が出ていることが観測された。2次元トポグラフィ画像からは、白色画面の場合は青色画面の場合と比べて、脳全体が活性化されていないことが示唆された。

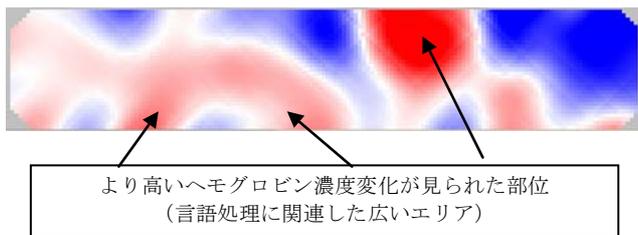


図6 被験者Aの青色画面リスニング問題解答時

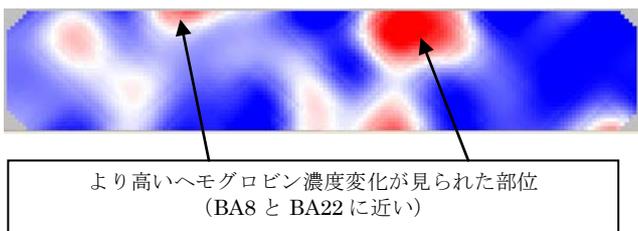


図7 被験者Aの白色画面リスニング問題解答時

さらに、被験者Aの脳内の言語領域周辺に対応している光トポグラフィの各チャンネルの総ヘモグロビン変化量の数値を1秒ごとに平均しグラフ化した。その中の1例を図8と図9に背景色ごとに示した。グラフ内のチャンネル番号はセクション2.1に記載されている図1のものに対応する。

このグラフより白背景の場合にはほぼすべてのチャンネルで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る。また、そのほかのチャンネルについても同様の傾向が出ており、さらに被験者A以外の被験者についても同様に、白背景の場合は脳全体のヘモグロビン量が時間の経過に伴い減少していく傾向があった。

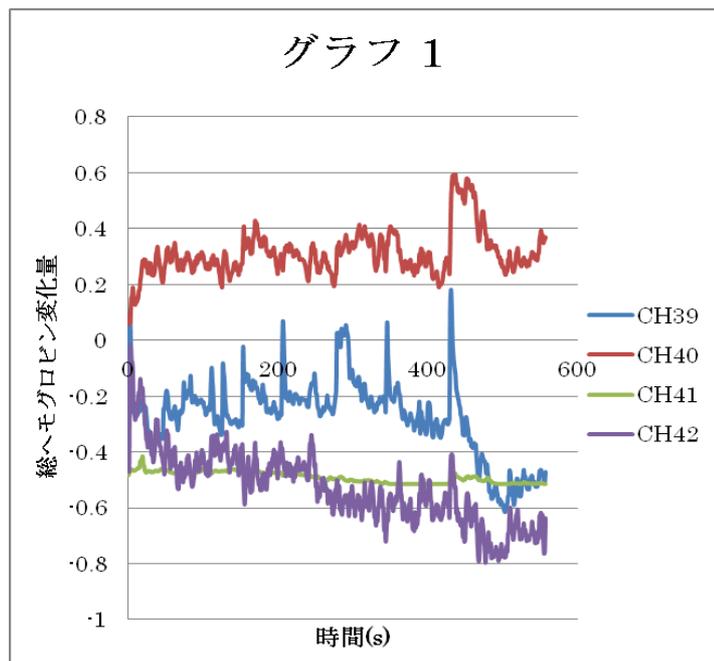


図8 各チャンネルの総ヘモグロビン変化量  
(青色背景色の場合)

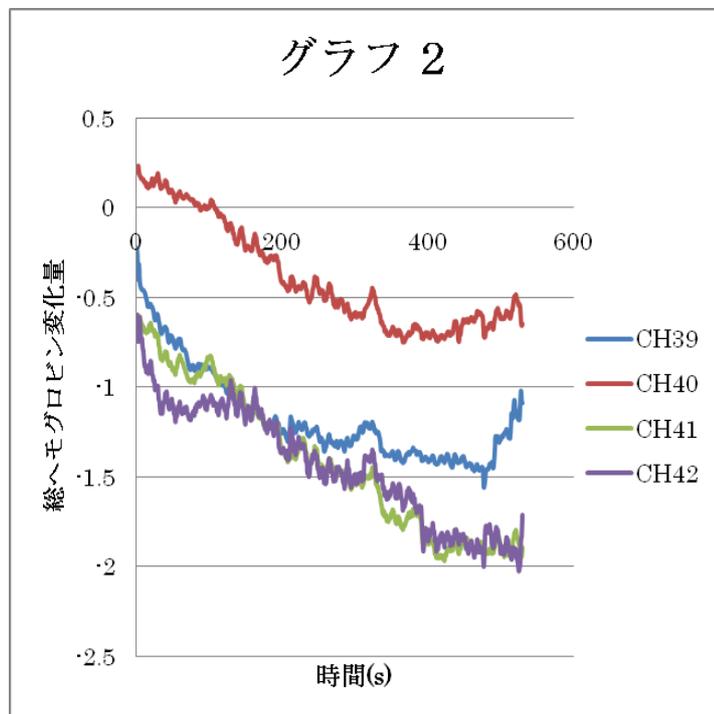


図9 各チャンネルの総ヘモグロビン変化量  
(白色背景色の場合)

### 3.3 アンケート結果

実験後に行ったアンケートの結果について、表 2 に集中度と疲労度に関する結果をまとめた。表 2 が示すように、テスト前と比べて「疲れた」または「非常に疲れた」と答えた被験者が白色背景では 28.13%となったのに比べ、青色背景では 71.88%と非常に多いことが分かった。同様のアンケートが文法問題を用いた先行研究でも行われたが、この研究では「疲れた」または「非常に疲れた」と答えた被験者が白色背景では 61.29%であったのに対し、青色背景では 50%となり、今回の集計結果とは逆の結果となった[1]。

表 2 集中度と疲労度に関するアンケート結果：  
「非常に集中できた」または「集中できた」と回答した被験者率と  
「非常に疲れた」または「疲れた」と回答した被験者率(%)

背景色	被験者数(人)	「非常に集中できた」と「集中できた」 (%)	「非常に疲れた」と「疲れた」 (%)
青	33	21.88	71.88
白	33	50.00	28.13

### 4. 考察

実験結果よりテストスコアに関しては青背景の場合と白色背景の場合とでほとんど差が出ないことがわかった。一方、表 2 が示すようにアンケート結果では、テスト前と比べて「疲れた」又は「非常に疲れた」と答えた被験者は白色背景の場合より青色背景の場合のほうが多くなっている。このことより、受験者の疲労度と正答率は必ずしも比例するわけではないことが分かった。

また、今回の実験のアンケート結果は先行研究[1]のアンケート結果とは異なったものであった。これは実験方式の違いもあるが、先行研究の実験では使用した問題が英語の文法問題であり、被験者が画面を注視する時間が長いこと、背景色ごとの疲労度に差が生じたのではないかと考えられる。それに対し、本研究では画面をあまり注視する必要がないリスニング問題を使用したため、画面背景色による疲労の差ではない要因が考えられる。

実験結果に記載した図 8 と図 9 の違いに見られるように、脳血流量変化のみに注目すると、白背景の場合のほうが青背景の場合に比べて言語領域が活性化されていない傾向にある。さらに、実験で得られたテストスコアにおいては、明らかな差でなかったが、リスニング問題、丸数え問題共に青色背景の場合のほうが正答率は高かった。これらの結果は、英語の WBT の背景色としては青色のほうが白よりも良いという先行研究の結果を支持するものである。2つの背景色で WBT スコアに大きな差が見られなかったのは、文法問題の解答時とリスニング問題の解答時においてコンピュータ画面を注視する度合いが異なることによるものではないかと考えられる。この違いは、被験者の疲労度に対する先行研究と本実験のアンケート結果の違いにも反映されているのではないかとと思われる。

### 5. 今後の課題

本論文では、CBT と WBT の画面背景色が英語のリスニング問題を解答する際のテストパフォーマンスに影響を及ぼすかを検証した実験とその結果について論じた。本研究の結果は、リスニング問題においては英語の CBT や WBT のスコアに画面背景色はあまり影響を与えないこと、さらに画面の注視度によって画面背景色による影響の違いが出る可能性があることを示唆した。

しかし、各被験者の脳活性についての詳しい分析を現時点では行っていないため、結論への裏付けは十分ではないといえる。また、各被験者の実験結果については個人差が大きく、現在の被験者数では一般的な議論はできない。そのため、今後は今回の実験結果の分析をさらに進めた後に、再実験を行い、被験者をさらに増やす必要がある。また、光トポグラフィのプロープを長時間装着すると、被験者に痛みなどの負荷がかかってしまい実験結果に影響が出てしまう場合がある。そのため、次の実験においては、現在の実験方法と環境を見直し、被験者に負荷がかからないように配慮する予定である。

### 参考文献

- [1] Yamazaki, A. K and 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, pp. 31-39 (2011)
- [2] Lin, C.: "Effects of contrast ratio and text color on visual performance with TFL-LCD", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 31, Issue 2, pp. 65-72 (2003)
- [3] Saburi S.: "Structure of visibility for the combination of background and character colors: an analysis by a maximum likelihood asymmetric multidimensional scaling", The Japanese Journal of Behavior Metrics, Vol. 35, No. 2, pp. 193-201 (2008)
- [4] Nishiuchi, N., Yamanaka, K., Beppu, K.: "A study of visibility evaluation for the combination of character color and background color on a web page", The International Conference on Secure System Integration and Reliability Improvement, July 2008, pp. 191-192 (2008)
- [5] 高橋純, 山西純一, 佐々木和夫: "コンテンツ開発における配色からみた Web アクセシビリティの世代間比較", 電子情報通信学会 ET Vol.101, pp.13-20 (2011)
- [6] 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, No. 3, pp. 183-195, (2004)
- [7] 大内啓子, 赤木重文: "ノートの用紙色と白色度が及ぼす視覚負担について", 色彩研究, Vol. 47, No.1, pp. 2-12, (2000)
- [8] 酒井邦嘉: "脳の言語地図", 明治書院, (2010)
- [9] 福田正人: "NIRS 波形の臨床判読", 中山書店出版, (2011)