

NIRS 脳計測装置を用いた VDT 作業における 情報提示手法についての検証

玄旋^{†1} 金井秀明^{†2}

近年、情報技術の急速な進歩により、我々の日常生活のなかで VDT 機器を使用する機会が増えている。VDT 作業による眼精疲労を訴える人が増加してきて、問題化している。眼精疲労の原因としては、作業者が無意識のうちに VDT 機器の画面に近づくことである。そのため、作業者本人が気づくことは難しい。従って、視距離を維持するため、第三者からの提示が必要となる。作業中における視距離維持という目的を達成するためには、視距離が変化すると同時に通知を認識させて視距離維持を促すだけではなく、作業への集中を維持させる必要もある。したがって、眼睛とディスプレイとの距離を維持するための情報提示手法について、様々な研究が行われている。が、主観的に評価する研究が多い。最近、NIRS を用いて人間の脳の活動を分析する研究が多く行われている。近赤外分光を使用し、人間の脳の血液中の酸素化ヘモグロビンの濃度を測定することにより、脳の部分的な活性を示すことができる。本研究では、従来の研究で評価に用いたアンケートや作業成績に加え、NIRS を使用し、脳の活性の客観的指標を用い、提示手法を比較実験にて評価する。視距離を維持するためには、確実に認識され、その上作業を妨害せず、最も適した情報提示手法を検証する。

A Verification of Information Presentation Method During VDT Work Using Near-infrared Spectroscopy (NIRS)

XUAN XUAN^{†1} HIDEAKI KANAI^{†2}

In recent years, the opportunities to use VDT in daily life are increased due to the rapid advancement of information technology. Therefore VDT work is also increased. People who complain of computer vision syndrome during VDT work are rising. And it has been a social problem. Computer vision syndrome caused by the short distance between user and screen. However, users always approach to the screen unconsciously. It is difficult to realize that by themselves. Therefore, in order to maintain the visual distance, it is necessary to provide a presentation by others. To achieve the objective of viewing distance maintained during the work, it is not only to make users recognize the notifications while their visual distance changed, it is also necessary to maintain the focus on the work. Therefore, various information presentation methods for maintaining the distance between eyes and display have been submitted in many studies. However, most of those methods are evaluated subjectively. Recently, there are many studies about analyzing the human brain activities using NIRS. By measuring the concentration of oxygenated hemoglobin in the blood of the human brain using near-infrared spectroscopy, it is possible to indicate the partial activities of the brain. In this study, we will perform a comparative experiment to evaluate information presentation methods using the objective indicator of the brain's activities obtained through NIRS, in addition to the questionnaire and work performance that was used in previous studies. In order to maintain the viewing distance, we verify the most appropriate information presentation method which is appreciated certainly and does not interfere with the work.

1. はじめに

近年、情報技術の急速な進歩により、我々の日常生活のなかで VDT (Visual Display Terminal: 視覚的表示装置) を使用する機会が増えている。VDT を使用する作業は VDT 作業と言われている。主にデスクトップ型機器やノート型機器、携帯情報端末などを使って作業することを指す。VDT を使用する機会の増えとともに、VDT 作業も増えている。従って、VDT 作業に伴う様々な健康障害が出ている。この中、最も訴えの多い健康障害は目に関する症状である。VDT 作業による眼精疲労を訴える人が増加してきて、問題化している[1]。

眼精疲労の原因としては、長時間作業や作業が無意識のうちに VDT 機器の画面に近づくことである。そのため、

作業者本人が気づくことは難しい。従って、視距離を維持するため、第三者からの提示が必要となる。作業中の作業者に対し、視距離の変化を提示し、通知することで、作業者が視距離を維持する効果が期待できる。

作業中における視距離維持という目的を達成するためには、視距離が変化すると同時に通知を認識させて視距離維持を促すだけではなく、作業への集中を維持させる必要もある。視距離維持のみを達成した場合、視距離が縮小するたびに作業を中断して通知に対応しなければならない。視距離維持はなかなか難しいものなので、視距離が縮小する度に通知をした場合作業が度々中断され、作業への集中が妨げられる結果となる。

VDT 作業中における提示手法に関する研究は様々である。その中、矯正を目的とする研究もあり、矯正と作業への集中を両立する研究もある。が、それらの VDT 作業中における提示手法に関する研究では、被験者の主観的アンケートや作業成績などで評価されるのが多い。

^{†1} 北陸先端科学技術大学院大学

Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{†2} 北陸先端科学技術大学院大学 ライフスタイルデザイン研究センター

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Research Center for Innovative Lifestyle Design

最近, NIRS を用いて人間の脳の活動を分析する研究が多く行われている. 近赤外分光を使用し, 人間の脳の血液中の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度を測定することにより, 脳の部分的な活性を示すことができる.

本研究では, NIRS 脳計測装置を使用し, 比較実験を行い, アンケートや作業成績に加え, 脳の活性の客観的指標を用い, 提示手法を評価する. 視距離を維持するためには, 確実に認識され, その上作業を妨害せず, 適している提示手法を明らかにする.

2. 関連研究

2.1 VDT 作業における視覚に関する研究

近年, VDT を使用する機会の増加とともに, 様々な健康障害を訴える人が増えている. その中, 最も訴えの多いのは目に関する障害である. したがって, VDT 作業による眼精疲労に関する研究も多く行われている.

2.1.1 VDT 作業における視覚的障害

四宮の研究では, VDT 作業が原因で起こる眼精疲労により, 眼の屈折異常, 調節障害, ドライアイなど様々な症状が発症する. 調節障害による症状は, 目がかすむ, 焦点が合にくくなる, 目の奥が痛くなる, 鼻根部の違和感などがある. ドライアイによる症状は目が乾く, 目が痛くなる, 目がゴロゴロする, 目が赤くなるなどがある. 両者に共通した症状は, 目が疲れる, 目が重くなる, 光を見ると眩しくなる, 目を開けているのがつらくなるなどがある [2]. 眼精疲労予防のためには, VDT 作業では適度な休憩を取ることや, ディスプレイを適切な位置におくことが重要である.

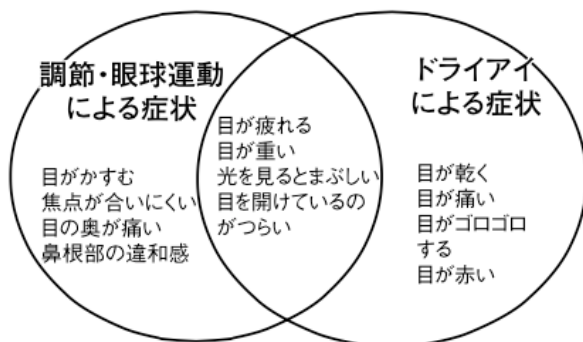


図 1 VDT 作業による目の症状 ([2]により)

Figure 1 Symptoms of Eye Due to VDT Work. (From [2])

2.1.2 客観的数値として捉えた眼精疲労

難波らの研究では, 健康成人若年者に対して VDT 作業によって引き起こされる眼精疲労感の主観的訴えを赤外線オプトメーターによって, 調節機能を客観的数値として捉えた. その結果, VDT 作業後に 88.2%の被験者に調節機能の低下が見られた. また, 58.8%の被験者に調節近点の延長が認められた ($p < 0.01$) [3].

2.1.3 VDT 作業における視距離

山田らの研究では, VDT 作業における視覚障害に着目し, VDT 機器や什器等の位置関係による視距離に関し検討を行った. 14 インチの CRT において, 35cm, 55cm, 75cm の三つの距離を比較し, 適切な視距離を検討した. その結果, 35cm の近距離による作業は, 精度を要求する作業に適応できるといえる, ただし生体負担を考慮すると, 近距離は推奨し難い. 75cm の視距離には生体負担が少ないが, 距離があるため CRT 文字を見難く, 覚醒水準を低下させるので, VDT 作業には推奨し難い. 生体負担と覚醒水準を考慮し, 14 インチの CRT において, 視距離は 55cm 前後が望ましいと考えられる. [1]

2.1.4 まとめ

VDT 作業における視覚的問題に関する研究は様々行っている. VDT 作業における視覚的問題の深刻さを示している. VDT 作業における適切な視距離を提出しているが, 作業者は長時間の作業において適切な視距離を保つことができない. 本研究では, VDT 作業においての適切な視距離を維持するための情報提示手法を検討する.

2.2 情報提示手法についての研究

VDT 作業における視覚的障害を減らすために, 様々な情報提示手法が提案されている.

2.2.1 文字と音声を使う提示手法

津村らの研究ではウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法に関する知見を得ることを目的として様々な条件の提示方法に対して人はどのような反応を示すのかを調べるための実験を行った. 具体的にはウェアラブルコンピュータを身につけた状態でのタスク遂行中に HMD に対して情報提示を行い, 情報提示の種類を視覚メディアとして文字のみ, 背景が赤, 背景がフラッシュ, また, 聴覚メディアとして, 音声による提示の 4 種類を用いて実験を行った. その際の評価項目として, タスク遂行中に対する情報提示の負荷量を求め, また情報認識の程度の評価として認識度, 理解度, 快適度の 3 つの項目で評価を行った. その結果, 今回の条件においては聴覚メディアが静かな環境下で, テキスト情報によるメッセージを提示する際に最も適しているということがわかった[4].

2.2.2 画像を使う提示手法

Christoph らの研究では, 大切な人の笑顔がモチベーションを向上させるという調査結果を元に, 姿勢を直したら作業者が大切にしている人の笑顔が写った画像を, 姿勢が悪かったら大切な人が怒っている画像を表示するシステムを作成した. コンピュータで作業する作業者の姿勢によって, ディスプレイの横のタブレットの画面上にいる人物の表情が変化する対話型インタフェースを開発した[5].



図 2 対話型インタフェースの様子 ([5]により)

Figure 2 Appearance of interactive interface. (From [5])

2.2.3 画面をぼかす提示手法

菊川らの研究では、VDT (Visual Display Terminals) 作業時における姿勢悪化という癖を対象に「姿勢が悪くなると視界がぼやける」というタスクへの集中維持と癖の矯正促進を両立する情報通知手法を提案し、システムを作成した。適切では無い姿勢で作業を続けていると、数年後に視力が低下する影響が出る。このような長期的な結果というものは癖が発生している間には意識が向けられにくい。姿勢悪化の長期的結果である視力低下を擬似的に体験させるため、姿勢の悪化とともにディスプレイの表示をぼやけさせるシステムを作成した。その結果、提案手法は作業効率への影響が少なく、姿勢を矯正する効果あることがわかった[6].

2.2.4 まとめ

このように情報提示のために様々な手法が提案されている。それぞれの手法の適した場面が異なるが、情報提示という目的は同じである。本研究は VDT 作業において、各手法間で比較を行い、VDT 作業に適した手法を明らかにすることで、視距離の維持への貢献が期待できるのであろう。

2.3 NIRS を用いる研究

最近、生理学的な分野では、NIRS 脳計測装置を用いて人間の脳の活動を分析する研究が多く行われている。NIRS は近赤外線分光を使用し、人間の脳の血液中の酸素化ヘモグロビンと脱酸素化ヘモグロビンの濃度を非侵襲的に検討することができる。ヘモグロビン濃度の変化は、脳の部分的の活性を示す (図 3)。

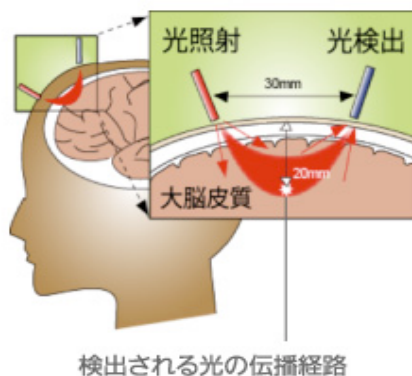


図 3 NIRS の原理図 ([7]により)

Figure 3 Principle Diagram of NIRS. (From [7])

2.3.1 授業時脳特性の測定と解析

大浦は、NIRS を用いて授業時の学生の前額部脳活動(酸素化ヘモグロビンの濃度)を測定し、学生の授業態度、精神状態や理解度等も考え合わせて、階層型分解法により解析し、検討した。その結果、授業中と休憩中は次元など異なる推定モデルとなるほか、推定モデルからは脳血流にも精神状態が反映されることが示唆された。授業中では、誤差評価から休憩中に比べ集中度が高いことがわかった。[8]

2.3.2 集中している時の脳信号パターン

吉岡らは、被験者が特定のタスクに集中しているとき、NIRS の信号パターンを提示する。彼らは、被験者がタスクに夢中する時、前頭皮質における酸素化ヘモグロビンが減少することを明らかにした。[9]

2.3.3 まとめ

これらの研究はNIRSを用い、異なる場合において脳内活動を測定する。異なる分析方法であるが、同じく各タスク遂行時における酸素化ヘモグロビンの濃度変化により、タスクへの集中度を明らかにした。本研究もタスク遂行時における酸素化ヘモグロビンの濃度変化により、各提示手法が実行する時にタスクへの集中度を調べることで、提示手法が作業への妨害度を明らかにしたい。

3. 実験概要

本研究は VDT 作業中における視距離維持への最も適した情報提示手法を検証するため、比較実験を行う。

3.1 実験の被験者

本実験の被験者は、日常生活において、タブレットでゲームをしたり、インターネットによる情報を取得したり、パソコンを使ってレポートを作成したりするなどの VDT 作業を常に行っている学生を対象とする。被験者は全部で 10 名 (男性: 5 名, 女性: 5 名; 中国人: 8 名, 日本人: 2 名; 平均年齢: 23.3 歳; 眼鏡有りの場合, 全員視力正常) である。色覚異常者はいない。被験者は NIRS を装着し、机の前に座り、ノートパソコンの画面を注目し、さまざまなタスクを実行する。被験者には、事前に提示手法について説明する。

3.2 実験の装置

本実験で使用した測定装置は NIRS 光トポグラフィー WOT-220 である (図 4)。この装置は日立国際電気エンジニアリング社が開発したウェアラブル機能的近赤外線分光測定装置である。この装置は、分子吸光係数の違いを利用し、2 波長の近赤外光を用いて前額部の血液のヘモグロビン濃度変化を測定する。サンプリング間隔は 200ms である。同装置は 22 チャンネルがある。チャンネルの配置は図 5 の示すようである。



図 4 光トポグラフィー-WOT-220

Figure 4 Near-infrared Spectroscopy WOT-220.



図 5 チャンネル設置図 (1ch が右脳側, 22ch が左脳側)

Figure 5 Channel Distribution(1ch is right, 22ch is left).

3.3 実験の課題

本実験は NIRS を使用し、被験者が提示に対し、作業遂行時の集中力が下がるかどうかを調べるため、注意を引きつける課題が必要である。また、通常の作業では 1 回の姿勢の変化に 10 分以上の時間経過が必要である[10]。本実験は、限られた時間中に作業者の顔がディスプレイに近づくようにさせ、画面上に提示が出現し、それに対する脳の反応と身体の反応を観察するためには、短時間で前述の姿勢になる課題を設定しなければならない。したがって、本実験では、注意を引きつけ、顔がディスプレイに近づく姿勢を誘発することができる視覚探索課題を行う[a]。

また、作業者が難易度の異なる VDT 作業における提示に対する反応を明らかにするため、本実験は三つの難易度の課題を行う。難易度順に課題 1、課題 2、課題 3 と分けている。

3.4 実験のシステム

本実験は VDT 作業中における視距離維持のための最も適した提示手法を明らかにする目的であるから、限られた作業時間内に必ず提示が出てこなければならない。そのため、本来は作業者の顔がディスプレイに近づいたら画面上に提示が出るシステムを使用すべきだが、本実験はオズ法に基づき、仮システムを使う[b]。被験者が課題を解く間、決まった時間に提示手法を出現するように設定する。

3.5 評価する提示手法

本実験では、4 つの提示手法を比較する。

(1) 文字提示

文字提示とは、作業遂行中に画面の左上に「画面に近い。

a) 視覚探索課題とは、複数の妨害刺激の中から特定の目標刺激を視覚的に探索する課題のことを指す。

b) オズ法とはオズの魔法使い技術の略称である。ユーザがシステムを使う際、操作している部分またはシステムの全部の機能は「ディスプレイの陰にいる」人によって実行されていて、あたかもシステムが動作しているように見せる手法である。

ご注意ください」というテキスト枠が出現し、被験者に通知する手法である。

(2) 画像提示

画像提示とは、作業遂行中に画面の左上に画像が出現することである。本実験では初音ミクというキャラクターの画像を使う。

(3) 音声提示

音声提示とは、作業遂行中に「画面に近いよ、注意してくださいね」という音声が出て、被験者を提示することである。

(4) ぼかし提示

ぼかし提示とは、画面の解像度を低下させ、画面をぼかす手法である。

3.6 実験の設計

本実験では、各提示手法を提示なしの場合と比較する。また、順番依存性を無くすため、各課題において、以下の 5 つの順番で行う。

- ①提示なし→文字提示→画像提示→音声提示→ぼかし提示
- ②文字提示→画像提示→音声提示→ぼかし提示→提示なし
- ③画像提示→音声提示→ぼかし提示→提示なし→文字提示
- ④音声提示→ぼかし提示→提示なし→文字提示→画像提示
- ⑤ぼかし提示→提示なし→文字提示→画像提示→音声提示

三つの課題があり、各課題において 5 つの順番があり、被験者一人につき 15 回実験を行う。

また、難易度の違う課題の回答時間が異なるため、NIRS を用いた実験の設計も少々異なっている。課題の回答時間に基づき、実験の設計は 2 つのパターンがある。

(1) パターン A：課題 1 と課題 2

課題 1 と課題 2 において、プレスキャン時間は 10 秒で、タスク問題時間は 30 秒である。タスク問題の間に 10 秒の休憩時間がある。また、タスク問題が始まって 10 秒後に提示が出る。

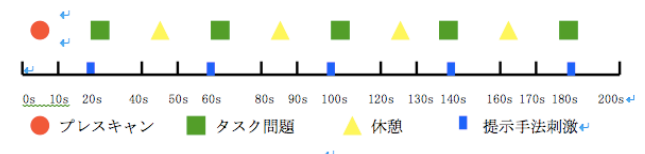


図 6 課題 1 と課題 2 の設計図

Figure 6 Blueprint of Task 1 and Task 2.

(2) パターン B：課題 3

課題 3 において、プレスキャン時間は 10 秒で、タスク問題時間は 50 秒である。タスク問題の間に 10 秒の休憩時間がある。また、タスク問題が始まって 20 秒後に提示が出る。

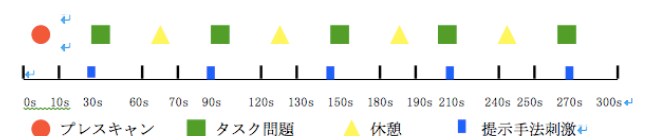


図 7 課題 3 の設計図

Figure 7 Blueprint of Task 3.

3.7 実験のアンケート

実験後、各課題において、アンケート調査を行う。アンケートは各提示手法の認識度、妨害度と矯正度について、5段階の質問を設定する。その結果を主観的評価として扱う。

4. 実験評価

本実験では、難易度が異なる三つの課題を行った。各課題において、主観的指標と客観的指標で評価する。主観的指標は、被験者が答えてくれたアンケートの回答を分析した結果を用いる。客観的指標は、被験者の作業成績の分析結果とNIRSで取得したデータの分析結果を用いる。

4.1 主観的指標

主観的指標はアンケートにより得る。アンケートは認識度、妨害度、矯正度について、5つの段階を設定する。それぞれ1~5の得点とする。被験者が10名であるため、最高得点は50点となる。ここで、それぞれの課題に対するアンケートの分析結果を述べる。

(1) 認識度

認識度に対する回答から、各提示手法の得点を計算する。表1により、文字提示手法は課題の難易度が高まるほど認識度が低くなることがわかった。それ以外の提示手法の認識度は高いと見られる。

表1 アンケートにより認識度の得点

Table 1 Score of Awareness by Questionnaire.

	課題1	課題2	課題3
文字提示	41	32	29
画像提示	42	39	40
音声提示	46	42	44
ぼかし提示	43	45	42

(2) 妨害度

表2により、各提示手法の妨害度の得点から見て、文字提示手法は課題の難易度が高まるほど妨害度が低くなることがわかった。難易度の低い課題において、各提示手法の妨害度がほぼ同じである。課題の難易度が高まるほど、画像提示と音声提示の妨害度は変わらないが、ぼかし提示の妨害度が高くなるとみられる。

表2 アンケートにより妨害度の得点

Table 2 Score of Interference by Questionnaire.

	課題1	課題2	課題3
文字提示	32	27	23
画像提示	34	33	36
音声提示	34	34	36
ぼかし提示	33	37	40

(3) 矯正度

各提示手法の矯正度の得点は表3の示すようである。文字提示手法は課題の難易度が高まるほど、矯正度が低くなる。画像提示手法は課題の難易度と関係なく矯正度が低い。音声提示手法とぼかし提示手法は課題の難易度と関係なく

矯正度が高い。

表3 アンケートにより矯正度の得点

Table 3 Score of Correction by Questionnaire.

	課題1	課題2	課題3
文字提示	30	24	20
画像提示	20	22	20
音声提示	43	42	41
ぼかし提示	43	42	43

4.2 客観的指標

客観的指標は、被験者の主観的意思とは関係なく、客観的にデータを分析して得る結果を評価の指標として扱うことを指す。本実験の客観的指標は、作業成績の正解率、NIRSで取得したデータの分析結果とビデオ動画の分析結果である。

4.2.1 作業成績

各課題において、作業成績の正解率を数式1によって求める。

$$\text{正解率} = \frac{\text{正解した問題数}}{\text{総問題数}} \quad \text{式1}$$

表4により、各提示手法の正解率は提示なしの場合の正解率と比較すると、①課題1の場合、画像提示の正解率が低い以外、ほかの提示手法の正解率が高い、画像提示以外の提示手法の時は課題に集中している；②課題2と課題3の場合、文字提示とぼかし提示の正解率が高い、画像提示と音声提示の正解率が低い、文字提示とぼかし提示の時は課題に集中しているということがわかった。各被験者間の有意差は $p < 0.5$ と認められる。

表4 各課題における作業成績の正解率

Table 4 Accuracy Rate of Performance in each task.

	課題1	課題2	課題3
提示なし	60%	60%	68%
文字提示	62%	62%	70%
画像提示	54%	52%	50%
音声提示	60%	58%	60%
ぼかし提示	60%	60%	66%

4.2.2 NIRS データ分析

(1) 分析手順

課題ごとに、NIRSのデータ分析を行う。分析手順は表5の示すようである。

表5 NIRSデータの分析手順

Table 5 Analysis Steps of Data from NIRS.

段階	内容	対象データ
1	対象データの抽出 (条件名付き)	各被験者
2	条件に従いデータの並び替え	全被験者
3	データのz-score (標準)化	全被験者
4	各条件でz-scoreの平均	全被験者
5	グラフを描く	平均

● 対象データの抽出

本実験の設計は2.6で述べたよう、各課題において

5 試行を行う。各試行において 5 つの刺激を与える。今回は被験者が刺激された時の反応を計測するため、刺激が与えられた間のデータを用いるが、NIRS の時間分解能が悪い (4 秒の遅れ) ため、刺激時間を含む刺激前後計 10s のデータを抽出し、分析に使用する[3]。また、酸化ヘモグロビンが脳の局所血流量の中で最も敏感なパラメータであるため、本実験は刺激が与えられた時における酸化ヘモグロビン濃度の変化に焦点を当てた[11]。したがって、各被験者の各試行における酸化ヘモグロビンのデータから、5 つの刺激の時のデータを抽出する。各刺激のデータに「○○提示」を条件名として付ける。

- 条件に従いデータの並び替え
 - 各課題において、被験者という要素をなくすため、抽出したデータを各条件に従いデータの並び替えを行う。
 - データの z-score 化(標準化)
 - 今回の NIRS データ分析は、各要素をなくし、無次元の z-score (標準得点) を使い、分析を行う。z-score 化(標準化 standardization)とは、変数の値からその変数の平均を引き、標準偏差で割るという 1 次変換であり(式 2)、標準化された変数の値を z-score (標準得点) という。
- $$z\text{-score} = (\text{変数の値} - \text{変数母体の平均}) / \text{標準偏差} \quad \text{式 2}$$
- 各条件で z-score の平均
 - 分析のため、各条件の z-score の平均を計算する。平均値の比較により、各条件 (提示手法) の違いを見出す。
 - グラフを描く
 - 平均値を用い、各課題において、全チャンネルの比較グラフを描く。



図 8 全チャンネルの比較グラフ

Figure 8 Comparison Chart of All Channels.

(2) 分析するチャンネル

本実験は「意識・注意を集中する」機能を持つ前頭前野を測定する。また、国際 10-20 法を用いて分析するチャンネルを決める。国際 10-20 法とは、脳波計測のときに、頭部形状から脳波電極の頭部に配置する場所を決める国際標準の方法である。図 9 により、Fp1, Fp2 は前頭極である。

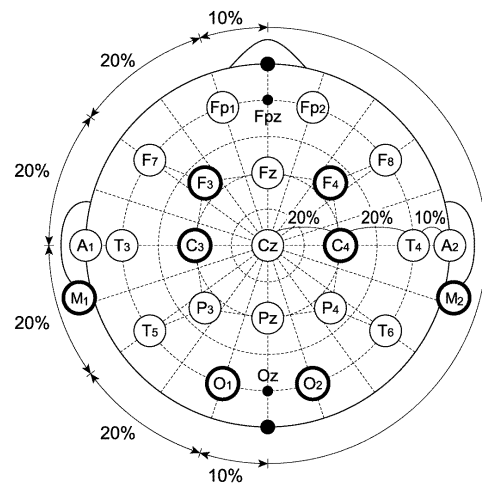


図 9 国際 10-20 法による電極配置図 ([12]により)

Figure 9 Electrode Arrangement Diagram According to International 10-20 System. (From [12])

前章の図 5 により、今回使用した光トポグラフィーの各チャンネル間の距離は 3cm である。光トポグラフィーの空間分解能が悪いため、国際 10-20 法により、Fp1 と Fp2 の位置と照合し、今回前頭葉の分析に用いられるチャンネルはチャンネル 7 とチャンネル 13 にする。

(3) 分析結果

今回の分析は、タスクに夢中する時、前頭皮質における酸化ヘモグロビンが減少する[9]ことに基づいて行う。課題ごとに、各提示手法が出現する時の酸化ヘモグロビン濃度を、提示なし時の酸化ヘモグロビン濃度と比較する。提示なし時の酸化ヘモグロビン濃度より高い場合、提示手法の出現時、課題への集中力が低いという。一方、提示なし時の酸化ヘモグロビン濃度より低い場合、提示手法の出現時、課題への集中力が高いという。これに従って、以下の分析を行う。

● 課題 1

図 10 により、各提示手法の出現時における酸化ヘモグロビンの濃度は提示なし時における酸化ヘモグロビンの濃度と比べ、全ての提示手法が出現する時の酸化ヘモグロビンの濃度が提示なしの場合より高い。それは、提示手法が出現する時、課題への集中力が低くなることを示す。

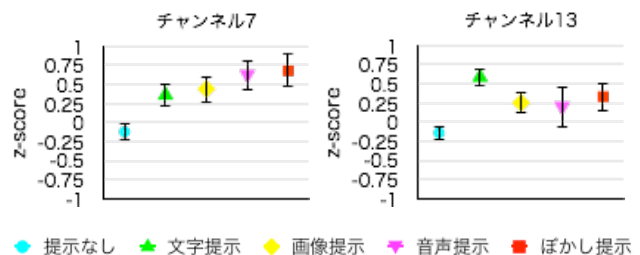


図 10 課題 1 における酸化ヘモグロビンの濃度結果 (エラーバーは標準偏差を示す)

Figure 10 Concentration of oxygenated hemoglobin in Task 1 (Error bars indicate standard deviation).

● 課題 2

図 11 により、文字提示とぼかし提示の出現時における酸素化ヘモグロビンの濃度は提示なしの時とほぼ同じであり、作業への集中力が変化ないと考えられる。画像提示と音声提示が出現する場合は、提示なしの時より酸素化ヘモグロビンの濃度が高い、課題への集中力が低いと考えられる。

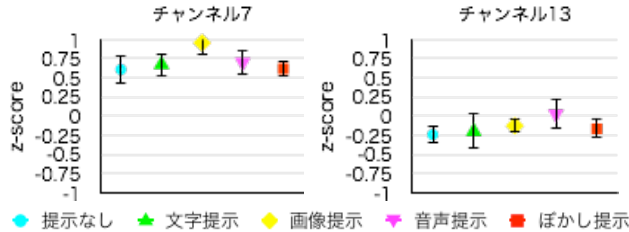


図 11 課題 2 における酸素化ヘモグロビンの濃度結果
 (エラーバーは標準偏差を示す)

Figure 11 Concentration of oxygenated hemoglobin in Task 2
 (Error bars indicate standard deviation).

● 課題 3

図 12 により、文字提示の出現時の酸素化ヘモグロビン濃度は提示なしの時とほぼ同じであり、作業への集中力は変化しないと考えられる。ぼかし提示が出現する時の酸素化ヘモグロビン濃度が提示なしの場合より低い、作業への集中力が高いとみられる。画像提示と音声提示が出現する場合は、提示なしの時より酸素化ヘモグロビン濃度が高い、課題への集中力が低いことを示す。

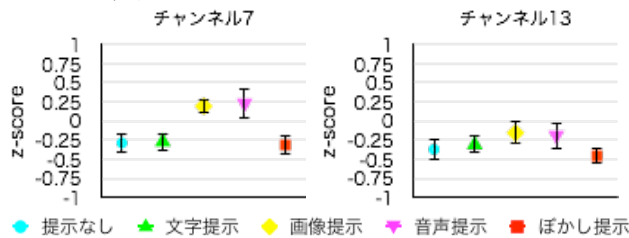


図 12 課題 3 における酸素化ヘモグロビンの濃度結果
 (エラーバーは標準偏差を示す)

Figure 12 Concentration of oxygenated hemoglobin in Task 2
 (Error bars indicate standard deviation).

4.2.3 ビデオ動画分析

実験中、提示が出る時、被験者が姿勢を矯正するのかわかるため、ビデオカメラを設置し、動画を撮った。提示手法が出現し、被験者がディスプレイから離れたら、姿勢を矯正したと判断する。

各課題において、姿勢の矯正率は以下の式 3 で求める。
 姿勢矯正率 = 矯正した回数 / (認識した被験者数 × 試行数)
 式 3

表 6 から、各課題において、音声提示とぼかし提示の矯正率が比較的に高いことが見られる。矯正率が比較的に低いのは文字提示と画像提示である。

表 6 各課題における姿勢の矯正率

Table 6 Correction Rate of Posture in Each Task.

	課題 1	課題 2	課題 3
文字提示	28%	22%	17%
画像提示	18%	10%	10%
音声提示	66%	56%	46%
ぼかし提示	56%	52%	46%

5. 考察

本研究は、主観的指標と客観的指標から、各提示手法の認識度、妨害度および矯正度を明らかにした。認識度は主観的であるため、アンケートの結果から得られた。妨害度はアンケート結果、作業成績、NIRS 結果により得られた。矯正度は主観的アンケート結果とビデオ動画分析結果から得られた。

(1) 文字提示

文字提示は課題の難易度が高まるほど、認識度が低くなることがわかった。その原因としては、課題が難しいほど課題への集中力が要求されることで、視野が狭くなり、盲点における文字が見えなくなると考えられる[13]。

文字提示は難易度の低い作業における妨害度が高く、難易度の高い作業における妨害度が低い。難易度の高い作業における認識度が低いから、妨害度が低いと考えられる。従い、文字提示の妨害度が高いとみてよいであろう。

文字提示の矯正度が低い。作業者はテキストによって姿勢を矯正しても達成感を感じないため、内発的モチベーションが低いと考えられる[c]。

(2) 画像提示

画像提示が文字提示と同じ場所で出現するが、画像提示は文字提示より認識されている。それは、画像が文字より色彩が豊富で画面感があると推測できる。画像提示の認識度が高い。

画像提示は課題の難易度とは関係なく、妨害度が高いと見られる。原因としては、画像を認識し、画像へ視線を寄せ、再び課題に戻る時、課題への記憶した位置や数字が間違えると考えられる。

画像提示の矯正度は文字提示の矯正度より低い。画像がテキストより姿勢を矯正する意思を直接に伝わらないため、作業者の姿勢を矯正する意識が低い。

(3) 音声提示

音声提示の認識度が高い。音声提示は聴覚的提示手法なので、視覚的認識が必要がないため、視覚的提示手法より認識度が高いと考えられる。

音声提示はアンケート結果と作業成績により、妨害度が低い、NIRS 結果により課題への集中力が低い。音声提示の場合、被験者は音声提示を聞き、無意識的課題を中断

c) 内発的モチベーションとは好奇心、関心、達成感などによってもたらされる動機づけである。

し、提示内容を理解する。ただし、その理解する時間が短いため、作業成績への妨害がないと考えられる。

音声提示の矯正度は高い。聴覚的に情報を受け、命令を感じ、外発的動機付けにより姿勢を矯正すると考えられる[d]。

(4) ぼかし提示

ぼかし提示は画面がぼやかされ、視覚的衝撃が与えられるため、認識度が高いと考えられる。

ぼかし提示は主観的アンケートの結果により妨害度が高いが、作業成績の正解率が高く、NIRSの分析結果から、課題の難易度が高まるほど、課題への集中力が高まることわかった。ぼかし提示は視覚的衝撃が強く、邪魔だと思ふことが多いが、ぼやけるほど一生懸命はつきり見ようとし、逆に集中力が高くなると考えられる。客観的に妨害度が低いとみてよいであろう。

ぼかし提示の矯正度は高い。それは、自分の目が疲れたから、画面をはつきり見えなくなると思ふことが多いため、姿勢を矯正するモチベーションが高いと考えられる。

6. まとめ

本研究は、問題化しているVDT作業における視覚的障害を防ぐため、VDT作業中における視距離維持という目的を達成するために、視距離が変化すると同時に提示を認識させて視距離維持を促すだけではなく、作業への集中力も維持させるための適した情報提示手法を検証した。

本研究で検証した情報提示手法は文字提示手法、画像提示手法、音声提示手法とぼかし提示手法である。それぞれの情報提示手法は、従来の研究で評価に使われているアンケートや作業成績に加え、ビデオ動画を撮り、NIRSで取得した脳の活性の客観的指標を用い、認識度、妨害度と矯正度の面において評価した。主観的指標と客観的指標の結果により、各提示手法の認識度、妨害度、矯正度を明らかにした。

- 文字提示は課題の難易度が高まるほど認識度が低くなる。それにより、妨害度と矯正度も低い。
- 画像提示は課題の難易度とは関係なく認識度が高いが、妨害度が高く、矯正度が低い。
- 音声提示は課題の難易度とは関係なく認識度が高い。妨害度は若干高いが、矯正度は高い。
- ぼかし提示は認識度が高い。課題の難易度が高まるほど妨害度が低くなる。矯正度は高い。

認識度、妨害度、矯正度の総合的の面から、VDT作業における視距離維持のための最も適した情報提示手法は認識度と矯正度が高く、妨害度が低いぼかし提示であることを明らかにした。また、矯正の面では、聴覚的音声提示は視覚的提示手法より効果があることがわかった。

d) 外発的動機づけとは義務、賞罰、強制などによってもたらされる動機づけである。

7. 今後の課題

7.1 検討する提示手法について

今回の研究で検証した情報提示手法は視覚的情報提示手法と聴覚的情報提示手法だけである。それ以外、味覚的、嗅覚的、触覚的情報提示手法もある。どの感覚の提示手法が適しているのかを検討する必要がある。

7.2 システムについて

今回は仮システムを使用し、実験評価をした。被験者がディスプレイに近づかなくても、決まった時間に提示が出るように設定したから、被験者は提示を無視して姿勢を矯正しない場合がある。矯正度についての評価の精確性が低いと思われる。被験者の顔とディスプレイとの間の距離を検出し、一定の距離を超える場合に情報提示手法で通知を行うシステムで実験評価をする必要がある。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 25330232 及び平成 26 年度北陸先端科学技術大学院大学萌芽的研究支援の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 山田覚, 師岡孝次: VDT 作業における視距離の評価, 東海大学紀要, 工学部 26(1), pp.209-216 (1986).
- 2) 四宮加容: パソコン等使用による健康障害(IT 眼症), 四国医誌, 62,3,4,2006, pp.120-122(2006).
- 3) 難波哲子, 深堀和希, 森川綾子, 米田剛, 春石和子, 田淵昭雄: Visual Display Terminal(VDT)作業による自然視調節機能の低下と眼周囲温熱療法による回復効果, 川崎医療福祉学会誌, 17(2), 363-371(2008).
- 4) 津村弘輔, 井上亮文, 加藤淳也, 住谷哲夫, 重野寛, 岡田謙一: ウェアラブルコンピュータに適した最適な情報提示方法の評価, 情報処理学会研究報告, Vol.2005, No.49, pp.13-18(2005).
- 5) Christoph Obermair, Wolfgang reitberger, Alexander Meschtscherjakov, Michael Lankes, Manfred Tscheligi: perFrames: Persuasive Picture Frames for Proper Posture, PERSUASIVE '08 Proceedings of the 3rd international conference on Persuasive Technology, pp.128-139(2008).
- 6) 菊川真理子, 金井秀明: タスクへの集中維持と癖の矯正促進を両立する情報通知手法の提案, グループウェアとネットワークサービスクラウド2011論文集, pp.53-58(2011).
- 7) 光トボグラフィーを用いた「うつ病診断」
<http://tottori-iryo.jp/department/department17-04.html>
- 8) 大浦邦彦: ウェアラブル光トボグラフィーを用いた授業時脳特性の測定と解析, 国士館大学理工学部紀要(6), pp.115-119 (2013).
- 9) Mototaka Yoshioka, Tsuyoshi Inoue, Jun Ozawa: Brain signal pattern of engrossed subjects using near infrared spectroscopy (NIRS) and its application to TV commercial evaluation, IEEE World Congress on Computational Intelligence, (IJCNN2012), 2777-2782 (2012).
- 10) 小杉勝己, 永池俊也, 遠田敦, 櫻村奈美, 横田善夫, 岡正俊, 石川弘二, 生原悟, 林田和人, 渡辺仁: 5001 VDT 作業における着座姿勢の時系列変化に関する研究(建築計画), 研究報告集 II, 建築計画・都市計画・農村計画・建築経済・建築歴史・意匠(74), pp.1-4 (2004).
- 11) 雑賀広記: NIRS-based Brain-Computer Interface の研究開発, 高知工科大学大学院, 修士論文 (2015).
- 12) PSG 検査用頭部装置及び PSG 検査装置
<http://tottori-iryo.jp/department/department17-04.html>
- 13) 北岡明佳, 知覚心理学, ミネルヴァ書房, 2011.