

色光環境制御による精神疲労低減効果の研究

清水規裕*・齋藤友幸**・福本一朗*

Research of the mental fatigue reduction effect color-light environment control

Norihiro SHIMIZU*, Tomoyuki SAITO**, Ichiro FUKUMOTO*

The technique of evaluating mental fatigue is not established. We performed fatigue analysis by subjectivity evaluation with the electroencephalography (EEG) when giving a calculation subject and inducing mental fatigue. As a result, the method of evaluating mental fatigue was suggested. The color-light environment was changed with red, blue, green and yellow for the purpose of next performing mental fatigue mitigation. It was suggested on the color-light environment used that there was the fatigue reduction effect green.

Key words : Mental fatigue, Individual workload, Electroencephalography (EEG) , Color-light environment

1. はじめに

戦後から急激な高度成長を遂げてきたわが国だが、現代社会は「ストレス社会」とであると頻繁にいわれている。その「ストレス社会」において、人口の1%ものヒトが、精神疾患であるノイローゼやうつ病などの症状に一生のうち1度はかかるといわれている。また、近年この「ストレス社会」の問題点とし、自覚徴候がないうちにパニック障害、睡眠時無呼吸症候群などの精神的障害に陥るヒトも増加傾向にある。

そこで、精神疲労の軽減をすることにより、ストレスのかかりにくい環境を提供することが必要となる。ある負荷に伴う精神的なストレスの評価は多くの研究例^{[1][2][3][4][5]}があり、フリッカーや大脳活動計などを利用し、脳内における大脳活動の反応の機敏さを調べる例はみられる。しかし、いまだその評価法は確立されていないのが現状である。また、フリッカーにおいても、測定ごとにはばらついてしまうという欠点もある。一方脳波は様々な情報を多く含んでおり、様々な分野への応用^{[6][7]}が見られる。またヒトの中樞である脳は精神・身体における変化を顕著に表すと考えられるため、脳波を解析指標とすることにした。

我々はまず蛍光灯下において単一作業負荷（計算課題）を与えたとき、脳波と精神疲労間において相互関係があるか否かを検討し、大脳活動の遅延が脳波にど

のような影響を及ぼすか検討した。また作業環境における精神疲労低減を目標とし、作業に必要不可欠である照明をターゲットとし色光環境を変化させ、蛍光灯以外の4種類の色光環境（赤、青、緑、黄）における精神疲労を、蛍光灯下と比較検討した。

2. 疲労誘発実験

2. 1 実験環境

実験環境に用いた色光環境システム（図1）は作業台、液晶プロジェクター（SANYO LP-SG20）、パーソナルコンピュータから構成された。液晶プロジェクターから作業台にむけて、カラーパレット（図2）から選択した色を作業台上に直接照射した。このカラーパレットは、中心部と周辺部を別々に選択できるものであり、RGBを入力することにより色を選択した。作業台上の照度は 360 ± 20 lxとし蛍光灯、赤、青、緑、黄の5色において実験を行った。

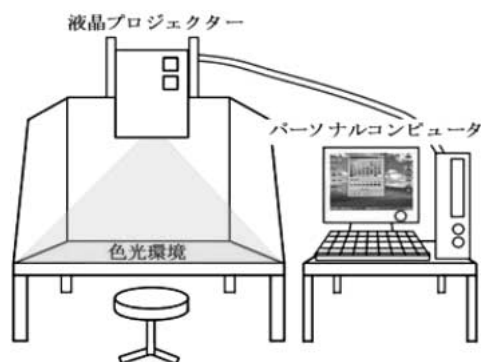


図1 色光環境システム

原稿受付：平成15年5月16日

*長岡技術科学大学大学院工学研究科生物機能工学専攻

**株式会社アイロバックソフトウェア開発部



図2 カラーパレット

2.2 単一作業負荷

疲労誘発方法として34行×60列の乱数により構成される単一作業シートを用いて計算課題を行った。計算方法は右と左の数字を足し合わせ、その答えの一の位の数字のみを2つの数字の間に記入するとことで行い、1行1分間ごとに計算する。なお計算課題は30分間とした。

2.3 被験者

健康な男性6名、女性1名の合計7名（平均年齢22.3±1.0歳）を被験者とし、各被験者に対して蛍光灯、赤、青、緑、黄の計5種類の色光環境下にて実験を行った。なお、被験者においては、色覚障害のないことを事前に確認した。

2.4 実験プロトコル

疲労誘発実験は図3に示す手順で行った。実験は計算課題を連続30分間行い、課題後15分間の安静時間を設け、約45分間とした。実験は他の光環境の影響をなくすために、1日1色の実験とし蛍光灯、赤、青、緑、黄の順にて実験を行った。また計算課題は各色により

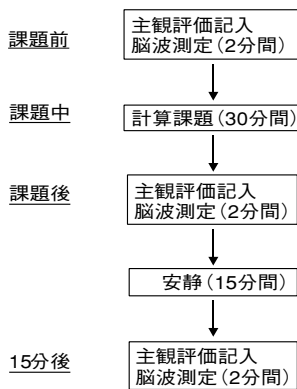


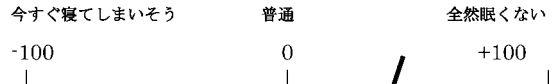
図3 実験プロトコル

異なる用紙を用いることとし、実験前に課題の練習を各3回ずつ行ってから本実験とした。

2.5 主観評価

今回用いた主観評価法は、図4に示すビジュアルアナログスケール法 (VAS) [8][9] を採用し、覚醒感と疲労感の2項目とした。

覚醒感



疲労感

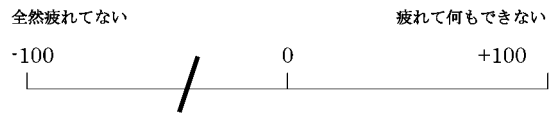


図4 主観評価表

2.6 脳波測定

脳波測定器(NEC三栄:SYNA ACT MT-11)から得た信号に定電圧源とオペアンプ回路により直流成分(+2.5V)を印可し、A/D変換ボード(計測技研:USBDAQ [入力レンジ:0~5V])を介し、サンプリング周波数200Hzでパーソナルコンピュータへと記録した。なお低域遮断周波数0.3Hz、高域遮断周波数50Hzとした。

計測電極位置は国際10-20法に基づき、図5に示すFz、Pz、Fp1の3部位から、両耳朶電極をショートさせたものをレファレンスとした単極誘導で導出し、正中線上前頭葉(Fpz)よりボディアースをとった。なお脳波測定時は、閉眼座位にて安静状態での計測とした。

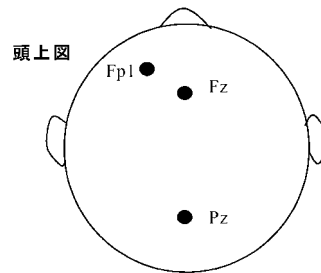


図5 電極配置図 (国際10-20法)

3. 解析方法

脳波解析方法は数多く存在するが、まずスペクトラム解析を試みた。閉眼安静にて記録した2分間の脳波データ(Pz)を、フーリエ変換(30秒ずつ解析し4回の加算平均)によってパワースペクトラムを算出した。

これをもとに表2に示す6つの周波数帯域に分類した。その後①各帯域におけるパワー値を求め、また α 波帯域を基準とする δ/α 、 θ/α 、 $\alpha L/\alpha$ 、 $\alpha H/\alpha$ 、 β/α 比を算出した。② α 波帯域に着目し、スペクトラムのピーク値をとる周波数を抽出した。

表2 脳波分類と周波数帯域

周波数分類	周波数帯域[Hz]
δ 波	$0.5 \leq f < 4.0$
θ 波	$4.0 < f < 8.0$
α 波	$8.0 \leq f \leq 13.0$
αL	$8.0 \leq f < 10.0$
αH	$10.0 \leq f \leq 13.0$
β 波	$13.0 < f < 30.0$

4. 結果

統計学的評価法として、対応あるt検定を用いて行った。なお有意水準は5%以下に設定した。

蛍光灯下における疲労誘発実験において、主観評価値(疲労感)が有意に増加し、実験終了から15分後には有意に減少した(図6)ことより、今回行った実験により、精神疲労を誘発できたことが分かった。

4.1 パワースペクトラム帯域面積

各周波数帯域におけるスペクトラム面積を比較した結果、 δ 波帯域では、疲労誘発実験による統一性は見られなかった。 θ 波帯域、 β 波帯域では実験後にパワー面積が増加する傾向が、 α 波帯域では減少傾向が見うけられた。しかし有意な差は認められなかった。

δ/α 比、 θ/α 比、 $\alpha L/\alpha$ 比、 $\alpha H/\alpha$ 比、 β/α 比の変化も解析を試みたが、 $\alpha L/\alpha$ 比にて、実験前-実験後において増加傾向、 $\alpha H/\alpha$ 比にて減少傾向があったものの、いずれも顕著な差は見うけられなかった。しかし、 α 波帯域に着目することにより、何らかの変化を得られるのではないかと考えられた。

4.2 α 波帯域ピーク周波数変化率

得られた結果より、実験前後および15分後を比較するため、実験前を基準(1)とし、正規化を行った。 α 波帯域におけるスペクトラムのピーク周波数の変動に着目したところ、蛍光灯下において実験前-実験後で有意に低下し、また、実験後-15分後では有意に上昇す

ることが確認された(図7)。そこで蛍光灯をレファレンスとして、実験後、15分後において、他の色光環境とそれぞれ比較検討した。その結果、実験後では蛍光灯-赤、蛍光灯-緑では有意な差が認められた(図8)。15分後の比較では、蛍光灯-緑においてのみ有意な差が認められた(図9)。また、個人差の少ない緑光環境に注目した結果、実験前-15分後において有意な差が認められた(図10)。

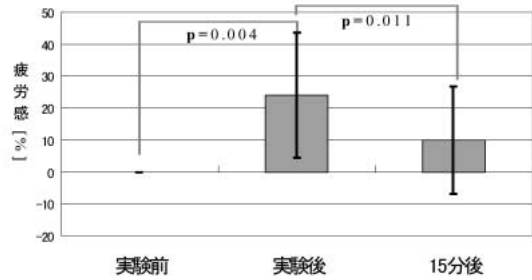


図6 主観評価値の変化(蛍光灯)

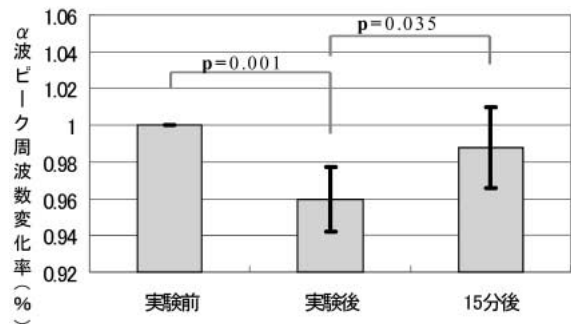


図7 α 波ピーク周波数変化(蛍光灯)

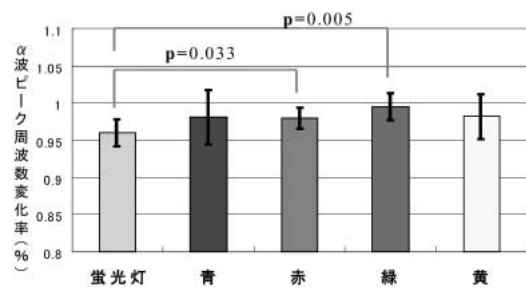


図8 色による α 波ピーク周波数の比較(実験後)

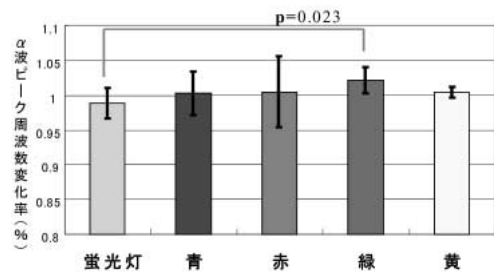
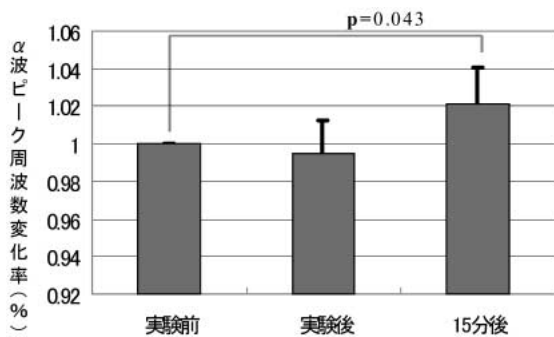


図9 色による α 波ピーク周波数の比較(15分後)

図10 α 波ピーク周波数変化(緑)

5. 考察

今回精神疲労の評価方法として脳波解析が有用であるかどうか検討を行った。蛍光灯下において、 α 波帯域におけるスペクトラムのピーク値周波数が精神疲労誘発時に低下し、疲労回復時には上昇することが分かり、主観評価値との相関が得られた。したがって疲労の客観的評価に脳波解析が有用であることが示唆された。また赤、青、緑、黄の色光環境を用いて蛍光灯下と比較することにより、精神疲労の差異判別ができるか否かを検討した結果、青環境では蛍光灯に比べ、ばらつきが大きく、好みによる個人差の影響が大きいことが分かった(図8)。赤環境においては個人差も少なく、与えられる疲労は小さい(図8)ようだが、15分後の結果では個人差の影響もあり、回復率に差があることが分かる(図9)。黄色環境での精神疲労は個人差による影響が大きい(図8)が、回復時にはばらつきが非常に小さく、全般的に回復傾向が見うけられた(図9)。それに比べ、緑環境下では作業における精神疲労の誘発が一般的に少ないことが分かった(図8, 図9)。さらに実験前の状態より、15分間の安静後の値が有意に精神疲労が減少していることより、疲労回復効果もあることが示唆された(図10)。

蛍光灯下と、今回提案した環境では、どの色光環境下においても、作業後における精神疲労の誘発量は減少されていた。これは、蛍光灯は点滅光、プロジェクタからの光は非点滅光であることによる影響であると考えられる。

色彩の持つ特徴より、暖色系といわれる赤色には、活動的、積極的などの要素が含まれ、疲労抑制効果があると考えられる^[10, 11]。しかし、これらの感情は精神疲労回復には有用ではないといえる。また青色は寒色系といわれ精神的安定要素が含まれ、精神疲労の回復を促すと考えられる。しかし、沈着、消極的等の感情

が誘起され、作業に対する意欲が失われる傾向が考えられる。一方緑色は中間色といわれ安定、調和作用などの特徴があり暖色系、寒色系の両方の要素を持つため、これらの感情が精神疲労の抑制、回復作用を与えたのだと考えられる。黄色では、緑と赤の間であり、双方の利点を得られるのではと予想したが、沿った結果は得られなかった。この原因としては、黄色は他に比べて明るいという認識があるため、目に刺激として取り入れられてしまったと考えられる。

6. 結論

今回被験者7名を対象として、単一作業負荷(計算課題)時の、精神疲労の誘発実験を行い、主観評価、脳波との相関関係を検討した結果、精神疲労の客観的評価の可能性が示唆された。また作業環境において、蛍光灯、赤、青、緑、黄の5種類を比較することにより、点滅光である蛍光灯を用いる場合ではなく、非点滅光を用いた方が、より精神疲労の誘発が少ないことが示唆された。また緑色の光環境では好みによる個人差の影響が少なく、精神疲労を低減させる可能性が示唆された。今後はフリッカー値及び、近年ストレスマーカーとして注目されている、ヒト唾液クロモグラニンA (CgA)^{[12] [13]}との相関関係の検討を行い、今回用いた脳波解析手法の再現性と、有用性を引き続き追求していく予定である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、実験の被験者として快く引き受けて下さった、研究室のみなさんに心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Yumiko Kaseda, ChunHui Jiang, Katsumi Kurokawa, Yasuyo Mimori, Shigenobu Nakamura, "Objective evaluation of fatigue by event-related potentials," *Journal of the Neurological Sciences* 158, pp.96-100, 1998
- [2] 植竹篤志, 村田厚生, "事象関連電位(ERP)を用いた入浴の精神疲労回復効果の評価," *人間工学* vol.38 (2), pp.112-118, 2002
- [3] 植竹篤志, 村田厚生, "事象関連電位から抽出された特徴パラメータに基づく精神疲労評価の試み," *人間工学* vol.38 (4), pp.187-195, 2002
- [4] 廣瀬文子, 長坂彰彦, "休憩時の覚醒度変化がその後の作業成績に及ぼす影響," *人間工学* vol.38 (1), pp.32-43, 2002
- [5] 神川康子, 金英道, 広川千穂, 小川真理子, "肉体疲労・精神疲労が脳幹賦活に及ぼす影響," *富山大学教育学部紀要B*, No.39, pp.41-47, 1991

- [6] John A. Galdwell, Brian F. Prazinko, Kecia K. Hall, "The effects of body posture on resting electroencephalographic activity in sleep-deprived subjects," *Clinical Neurophysiology* 111, pp.464-470, 2000
- [7] A. Craig, Y. Tran, P. McIsaac, P. Moses, L. Kirkup, A. Searle, "The effectiveness of activating electrical devices using alpha wave synchronisation contingent with eye closure," *Applied Ergonomics* 31, pp.377-382, 2000
- [8] 鈴木まや, 平尾直靖, 寺下裕美, 織田弥生, 八木昭宏, "一過的な作業負荷によるストレス評価質問紙の項目と利用法の検討," *人間工学* vol.35 (4) , pp.259-270, 1999
- [9] 鶴紀子編, "臨床脳波と脳波解析," pp.17-25, 2000
- [10] 齋藤友幸、内山尚志、福本一朗、"労働時精神疲労の低減を目指した最適色環境条件の基礎研究," *信学技報*、MBE2001-7,9-10
- [11] 清水規裕、齋藤友幸、福本一朗、"脳波解析を用いた色光環境下単一作業負荷時における疲労解析の有用性," *信学技報*、MBE2002-12,41-44
- [12] 中根英雄, "新規精神的ストレス指標としての唾液中クロモグラニンA," *豊田中央研究所R&Dレビュー*, Vol.34, No.3, 1999-9
- [13] Hideo Nakane , Osamu Asami , Yukio Yamada , Hideki Ohira, "Effect of negative air ions on computer operation, anxiety and salivary chromogranin A-like immunoreactivity," *International Journal of Psychophysiology* 46, 85-89, 2002

