

知的照明システムで実現する照明の色温度と NIRSにより計測される脳活動の関係

Relationship between Color Temperature and Brain Activity measured by NIRS for the Intelligent Lighting System

三木 光範* 鷲見 祐加子† 廣安 知之† 吉見 真聡*
Mitsunori Miki Yukako Sumi Tomoyuki Hiroyasu Masato Yoshimi

1. はじめに

近年、知的生産性、創造性、および快適性が向上し、さらにストレス軽減が可能なオフィスが求められている。オフィス環境にはさまざまな要素が存在し、音環境、温熱環境、空気環境、空間環境、および光環境などがある。

その中でも光環境に関しては、改善を行うことにより知的生産性の向上を図ることができるという報告がある[1]。我々は、照度センサを用いることで、個々のワーカが好みの場所に好みの光色(色温度)および明るさ(照度)を提供する知的照明システムの研究を行っており、その有効性を確認している[2]。

このような背景から、我々は任意の作業に応じてワーカの知的生産性を向上させることに適した、任意の光色を提供する必要があると考えた。そのためには異なる光色下において、ワーカが作業を行う際の知的生産性の変化を観測する必要がある。本研究では、定量的かつ数値的に人への心理的および生理的影響に関するデータが得ることが可能な、NIRS(Near-infrared Spectroscopy)を用いることにより知的生産性の変化を測定することが可能であるかどうかの検証を行った。

2. NIRS

NIRSとは、近赤外線分光法の意味である。近赤外光は生体への透過性が高い。また、血液中に含まれるヘモグロビン分子には、近赤外光をよく吸収するという性質がある。そのため、近赤外光の吸収度合いからヘモグロビン濃度の変化を検出することが可能である。

脳は特定の作業を行った際、特定の領域の神経活動が増える。そして、神経活動が起こった領域において、局所的に酸素消費量が増える。酸素の補充を行うために血管の拡張が起こり、血流量が増加する。その結果、特定の領域において酸素化ヘモグロビン濃度が上がる。以上の理由から、脳血流の変化を測定することにより、脳の働きを観測することが可能となる。

NIRSの利点は、非侵襲(生体の組織を切り取るなどの害を与えないこと)に脳活動を測定することが可能であること、構造が小規模であること、および時間分解能が高いことである(本研究で使用した測定機器は0.2秒に1回測定を行うことが可能)[3]。また、NIRS機器は被験者の拘束性が低い。以上の理由から、より実環境に近い状況においての脳活動を観測することが可能であるため、本研究ではNIRSを採用した。本研究では、日立製作所基礎研究所が開発したNIRS機器である、携帯型光

トポグラフィ技術試作システムを使用して実験を行った。

3. 異なる色温度下における脳活動の計測実験

3.1 実験概要

3.1.1 実験環境

本研究では、広さ6.1 m × 7.5 mの部屋を用いて実験を行った。部屋には白色照明および電球色照明がそれぞれ30灯あり、合計60灯の照明が設置されている。各照明は光度を30%から100%まで調光可能である。部屋の中央には机と椅子が設置されており、被験者をそこに着席させる。白色照明においての実験の際、部屋の中央の机上面が750 lxになるよう、全ての白色照明を全て同じ光度で点灯させる。また、電球色照明の際も同様に点灯させる。なお、今回設定照度を750 lxにした理由は、オフィスにおけるJIS照度基準に従うためである。外光の影響を避けるため、パーティションを用いて外光を完全に遮断した。

3.1.2 実験手順

実験はウェイト30秒 タスク60秒 レスト70秒の計2分40秒行う。その間、被験者には光トポグラフィが装着されており、常時脳血流の変化の計測を行う。

被験者には0~9までの乱数が記述されている用紙と、2桁×1桁の計算問題が25問記述されている用紙の2枚を配布する。

ウェイト、およびレストの際、被験者は乱数が記述されている用紙にある数字を1, 2個/秒の速度で声に出して読み、タスクの際には計算問題の用紙にある2桁×1桁の計算を行う。その際、被験者は問題も声に出して読みあげる。実験は、白色蛍光灯下、電球色蛍光灯下の計2回行う。偏りを除去するため、全6被験者中3人は白色 電球色の順、残りの3人は電球色 白色の順に実験を行った。また、作業に対する慣れがヘモグロビン濃度変化に影響を及ぼす可能性があることを考慮し、実験の前に練習としてウェイト30秒 タスク60秒 レスト70秒の予備テストを一回行った。

3.2 実験結果

本実験の被験者は20代前半の健康な男女6名である(男:4, 女:2)6名のうち2名の被験者の各チャンネルのヘモグロビン濃度変化を図1に示す。なお、図1のチャンネル配置は、実験者側から被験者側を見た際の配置となっている。縦軸はヘモグロビン濃度変化を表しており単位はm(mol/l)・mmである。横軸は時間(サンプリング時間)を表している。また、表1に被験者6名の各光色における正答数を示す。被験者6人の白色および電球

*同志社大学理工学部

†同志社大学生命医科学部

‡同志社大学大学院

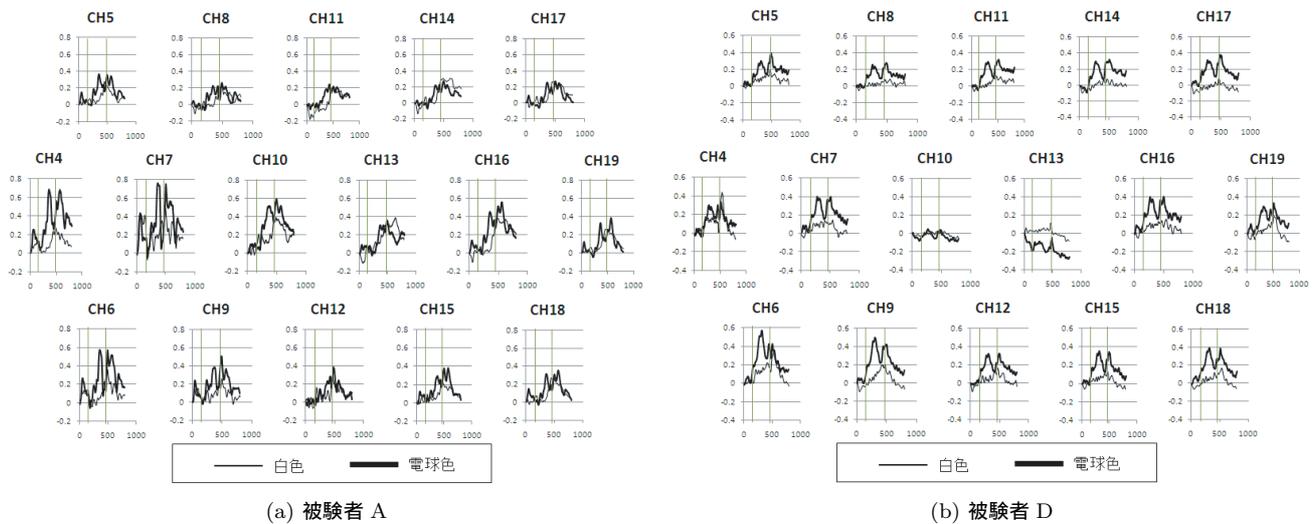


図 1: 2 名の被験者の各チャンネルにおけるヘモグロビン濃度変化

表 1: 被験者 6 人の計算問題の正答数

	白色正答数	電球色正答数
被験者 A	19	21
被験者 B	9	7
被験者 C	12	10
被験者 D	7	7
被験者 E	10	7
被験者 F	25	25
6 名の合計正答数	82	77

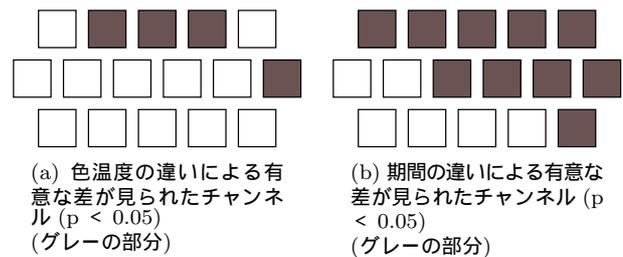


図 2: 二元配置分散分析の結果

色の正答数のウィルコクソン符号順位検定を行った結果、白色および電球色の正答数に有意な差は得られなかった。

また、各チャンネルのヘモグロビン濃度変化を、各被験者において光色毎および期間毎に平均し、その結果に対し光色 (白色, 電球色) × 期間 (タスク前, タスク中, タスク後) の二元配置分散分析を行った。その結果を図 2 に示す。図 2(a) のグレーで着色されているチャンネルは、光色の違いによる有意な差 ($p < 0.05$) が見られたチャンネルである。また、図 2(b) の太枠で囲ったチャンネルは、期間 (タスク前, タスク時, タスク後) の違いによる有意な差 ($p < 0.05$) が見られたチャンネルである。

3.3 考察

実験結果によると、6 名の被験者のヘモグロビン濃度変化をサンプリング時間毎に平均した結果、計算問題の正答率は白色の方が多かったが、白色および電球色の正答数に有意な差は得られなかった。しかし、被験者 6 人のヘモグロビン濃度変化の二元配置分散分析において光色の違いによるヘモグロビン濃度変化の有意差がいくつ

が見られ、それらのチャンネルは頭頂側に集まっていることが分かった。このことから、色温度が脳活動に影響を与えているということが言え、NIRS を用いて知的生産性の向上を測定できる可能性を得ることができた。今後は色温度が脳活動に与えている具体的な影響について、詳しく検討する必要があると考える。

参考文献

- [1] 森田健. 好みの光環境として選択された照度と色温度条件の日内変動 (2002 年度大会 (北陸) 学術講演梗概集). 学術講演梗概集. 計画系, Vol. 2002, No. 1, pp. 795-796, 2002.
- [2] 三木光範. 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム (<シリーズ特集> 使える ai, がんばる ai [第 3 回]). 人工知能学会誌, Vol. 22, No. 3, pp. 399-410, 2007.
- [3] E. WATANABE. Non-invasive functional mapping with multi-channel near infra-red spectroscopic topography in humans. *Neurosci. Lett.*, Vol. 205, No. 1, pp. 41-44, 1996.