NIRS を用いた異なる色光環境における快適性の検証

井ノ上徹
Toru INOUE

1　はじめに

近年，オフィスにおける快適性の向上が求められている．我々の研究室では知的照明システムの研究が行われ，オフィスの光環境の改善に取り組んでいる．また，オフィス環境において照明の色温度が執務者の知的生産性および心理的・生理的要因に影響を与えることが報告されている [1)]．一方では，記憶能力や文章理解力などのオフィスにおける知的作業の生産能力を評価する手法に，人の脳活動を簡易的に測定することが可能な NIRS（Near Infrared Spectroscopy）を用いた研究が行われている．

本研究では，被験者に計算課題を課し，作業時の脳血流量変化を NIRS を用いて計測し，異なる色光環境における作業成績および作業時の脳血流について検証する．本稿では，その予備実験として，一般的なオフィスの照明環境における作業時の脳血流量変化を測定した．

2　NIRS

NIRS とは，近赤外線分光法を意味する．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．人間が知的機能を活用する場合，その機能に応じた大脳皮質の部位が活性化することが知られている．さらに活性状態にある脳の周辺部では，脳血管が拡張し脳血流が増加する．これに従い，毛細血管も拡張するため組織に含まれる血液量が増加し，赤血球の中で酸素を運搬する働きを持つヘモグロビンの量も変化する．NIRS はこの毛細血管におけるヘモグロビンの相対的変化量を計測することで，脳血流の変化を測定する．

3　百ます計算課題時の脳血流変化の検証実験

3.1　実験概要

計算課題中の被験者の脳血流変化を NIRS を用いて検討し，実験設計の確立を目的とする．実験は 2013 年 10 月 17 日の 13〜18 時の時間帯に行い，被験者は右利きの成人男性 2 名（21〜23 歳）および成人女性 2 名（21〜22 歳）であった．タスク条件は百ます計算とする．百ます計算は，行と列のそれぞれの数の計算結果を計 100 カ所の欄に解答する課題である．本実験では課題に対する成績評価も検討しているため，被験者には可能な限り早く正確に解答することを目標とさせた．使用した数は 2 桁および 1 桁の自然数であり，難易度は被験者の多くが解答可能なものとした．実験のフローを Fig.1，実験環境を Fig.2 に示す．被験者は実験室に入室後，NIRS 機器を装着する．この際，実験室の照度はオフィスにおける JIS 照度基準により 750 lx，色温度は 4300 K に設定する．

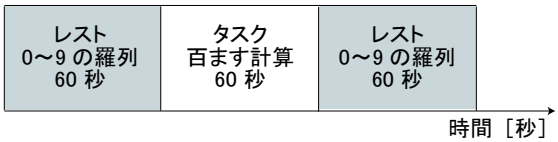

Fig.1　実験の手順

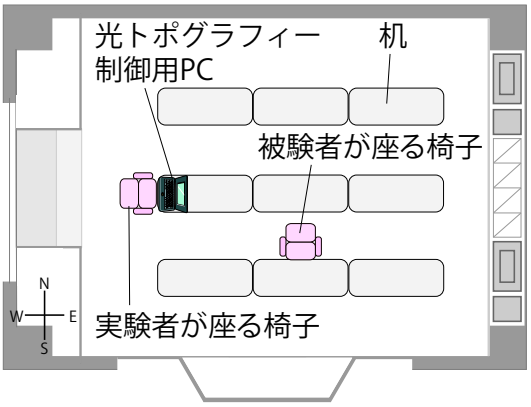

Fig.2　実験環境（平面図）

また，NIRS によって計測される脳血流量はタスク中の思考に起因する成分と，紙に字を書く運動に起因する成分があると考えられる．本実験では思考に起因する成分を抽出するのが目的であるので，運動による成分は除去する必要がある．そのため，タスクとレストを設け，タスクは計算課題を課す一方，レストは 0〜9 の数字を繰り返し筆記する作業とし，タスクと同様の書く作業のみを行わせることで思考活動を伴わない活動を行った．そして，レスト期間の脳血流量をベースラインとし，タスク期間との脳血流を比較し，思考活動に起因する成分を抽出した．

3.2　測定部位

本実験では，NIRS 装置にウェアラブル光トポグラフィ（日立製作所製）を用いた．計測部位は国際 10/20 法を参考に設置箇所を定めた．Fig.3 のように光源プローブおよび受光プローブが各 8 点配置され，22 点の測定チャンネルで酸素化，脱酸素化，総ヘモグロビンを測定した．

3.3　計測結果

酸素化ヘモグロビンのベースラインからの時間変化を Fig.4 に示した．酸素化ヘモグロビンは脳の活性化を反映するため，酸素化ヘモグロビンの変化量を用いた．データ取得間隔は 200 ms であるため，合計 900 サンプルの変化値が取得できる．その中から，タスク直前の 50 サン

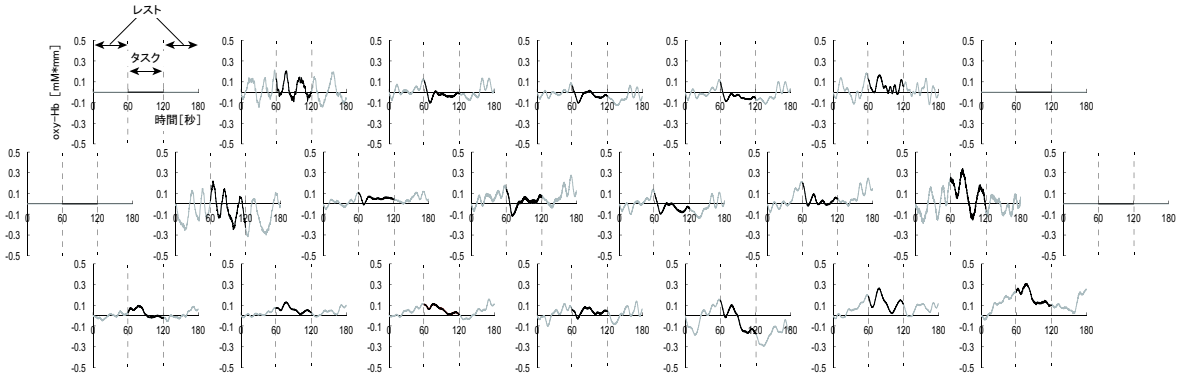

Fig.3　百ます計算時の脳血流変化（ベースライン処理前）

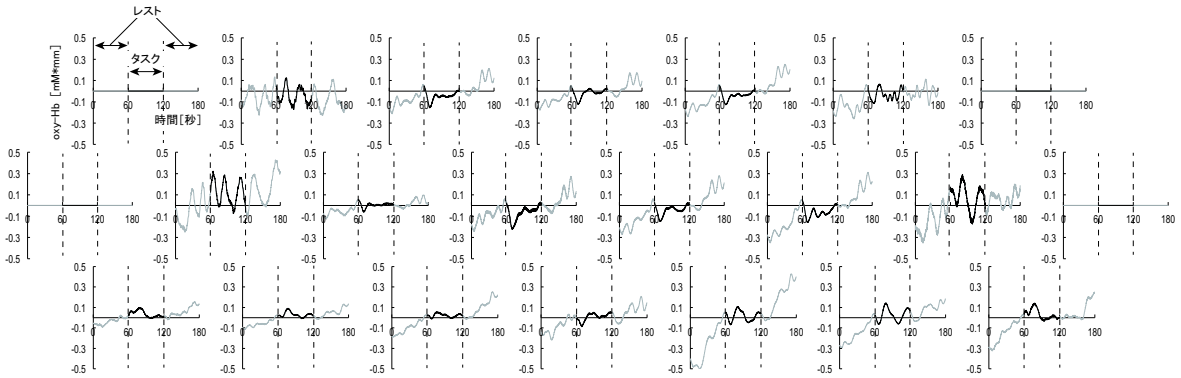

Fig.4　百ます計算時の脳血流変化（ベースライン処理後）

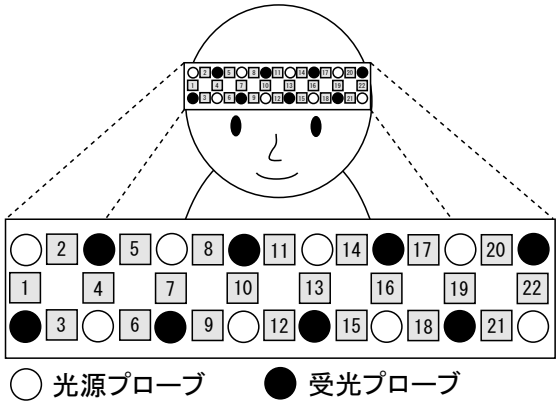

Fig.5　計測チャンネル

プルおよびタスク直後の 50 サンプルを用いて，ベースラインを揃える処理を行う．その結果を Fig.5 に示す．最後に各チャンネルごとの場所にグラフを配置した．

4　考察

グラフよりタスクおよびレストの両方に周期的な波形の変動が見られることから，書く作業や視点の移動に伴って頭の揺れが発生していると考えられる．Fig.5 に示した被験者による数の羅列の行数と体動による波形の数が同じであることから，N 行目から N+1 行目に移る際に体動があることがわかった．また解答数に差が生まれたが，百ます計算に 0〜9 の自然数をランダムで使用し難易度に違いが発生したため差が生まれたと考えられる．

5　今後の展望

実験中の作業から書く動作を排除し，暗算によって計算課題を行うことにする．同様に，レストを 1〜10 の数字の暗唱に変更することで，書く作業を全く伴わない思考作業にする．タスク条件は 98 に 23 を反復加算の上，口頭で解答する暗算課題とし，レスト条件は 1〜10 の数を反復して読み上げることにする．なお，被験者への出題はモニターで行うため，被験者の前方にモニターを設置する．実験中は画面に十字マークを映し出し，中心点を注視させることで視点の移動による頭の動きを防止する．その際モニターの画面輝度による照度や色光への影響を考慮し，実験環境を検討する．またビデオ撮影により被験者の体動の有無を確認する．撮影する対象は被験者の後頭部とモニターの画面とし，被験者の斜め後方から撮影する．成績評価については暗算課題の解答数を評価する．今後，上記の実験設計による脳血流の変化および課題成績を考慮し，異なる色光環境での被験者実験を行う予定である．

参考文献

1) 章弘道盛, 和典荒木, 浩行井邊, 啓萩原, 敏彦阪口. 131. 色温度が覚醒度に与える影響：生理指標、心理指標、行動能力指標による評価 ((7) 視覚心理・視覚生理). 照明学会全国大会講演論文集, Vol. 31, p. 220, jul 1998.