

個人の知的活動を支援する環境デザインに関する研究

○一志 哲夫*1 渡邊 朗子*2
小幡亜希子*3 碓井 晋平*4

キーワード：個人の知的活動 ブース空間 脳血流

1. はじめに

日本の人口減少社会において持続可能な経済発展を実現するための手段として、知的生産性の向上が求められている。特に知識社会への対応が不可欠である今日、オフィスや学習環境において、人の知的活動の向上は重要なテーマである。物的環境における人の知的生産性に関する研究はその多くが、音・照明・温度といった環境工学系の研究であり、建築計画系における研究はまだあまり多くない。こうした背景を踏まえて、これまで筆者らは「知的活動を支援する環境デザインに関する研究」^{1,2)}を行い、グループ作業における知的活動を支援する環境デザインの要素を明らかにした。

本研究では、個人の知的活動に着目し、どのような環境デザインが個人の知的活動を活性化させるのか、特に環境を構成する色彩に着目し、研究を行う。

さらに、検証手法として、脳血流測定装置による脳活動計測手法を取り入れることとする。

従来の研究では、行動計測やアンケートによる検証が多く、脳内の情報処理過程を客観的に検証することが困難であった。しかしながら、環境デザインによる知的活動への影響を明らかにするためには、主観的な印象や感性評価のみならず脳内での情報処理過程を組み合わせた評価を用いることは大変有効な手段と考えられる。本研究で採用する光トポグラフィ技術は、近赤外分光法を応用した脳活動計測手法であり、日常場面において安全かつ非侵襲的な計測が可能である³⁻⁵⁾。また、本研究で使用した脳血流測定装置は小型で軽量なため^{6,7)}、VDT作業など実際の作業場面での計測が可能であるという特徴があり、本研究課題の検証に有効な計測機器であると考えた。

2. 研究目的

本研究では、個の知的活動を支援する環境とはどのようなデザインが好ましいのか、空間を構成する環境の色彩に着目し研究を行う。設計・計画分野の研究では、これまで主観的アンケートに頼った知見が多かったが、本研究では脳科学の手法を組み込むことで、より科学的な研究データに基づく検証を行い、どの色彩の環境が知的活動を活性化させるのか、明らかにする。

したがって本研究では、主観調査による評価と脳内の情報処理過程の測定を行い、その結果をもとに分析し、個人

の知的活動を支援する環境について明らかにすることを目的としている。

3. 知的活動における脳血流計測実験

3.1 実験概要

実験場所：大学の研究室

実験日時：2013年9月5日、6日、10日、12日の4日間
被験者：大学の学生15名（男性10名、女性5名、平均年齢22.6歳）

脳血流測定装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-220^{注1)}（図1）

計測部位：前額部22箇所（図2）

実験空間：実験は図3に示すようなブース空間で行い、白、赤、青、黄の4色のパターンを用意した。厚さ1センチのダンボールに各色の色紙を全面に貼り付けたパーティションをコの字型に配置したものをブース空間とした。ブース空間の大きさは電子活動を想定し、筆者らが既に行った「安心して電子活動を行えるパーティションの配置と寸法に関する提案」⁸⁾でのスタディより安全に電子活動を行うことができる環境スペース

(1000mm(W)×1200mm(D)×1800mm(H))とした。また空間内に作業机(700mm(H))、椅子(400~450mm(H))を設置し一般的な什器の寸法を採用した。作業机の上には、知的活動を行うためのモニターとコントローラーを設置した。

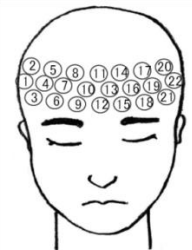


図1 脳血流測定装置を装着した風景 図2 計測部位

3.2 本実験における知的活動について

知的生産性委員会の定める建築空間と知的活動の階層モデル⁹⁾では①情報処理②知識処理③知識創造の3つを定義している。本実験では、このうち①情報処理の知的活動に着目した。そのため、実験でのタスクは、知識情報の定型処理にあたるため、情報処理としてふさわしい計算問題を準備した。

情報処理の知的活動として挙げられる計算課題に関する脳活動は、一般的にワーキングメモリといわれる機能が関連しており¹⁰⁾、脳内の前頭前野が関与していることが報告されている¹¹⁾。したがって、本研究で実施する知的活動（四則演算）課題においても、前頭前野の活動が増大すると考えられる。

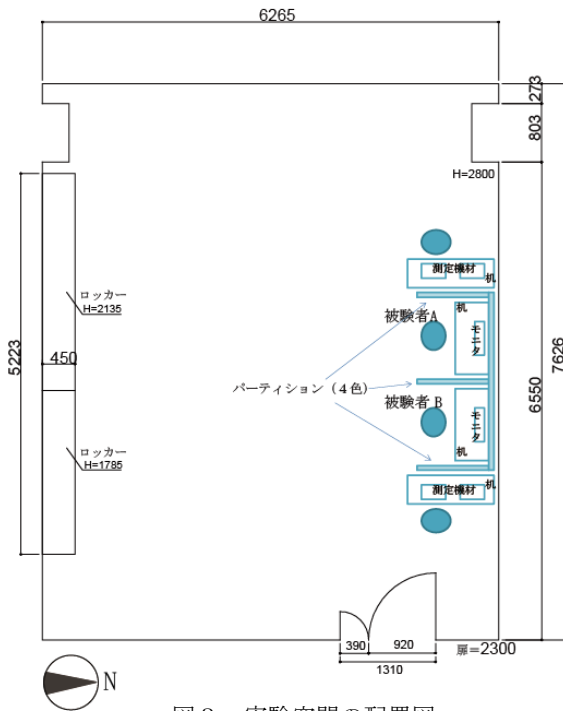


図3 実験空間の配置図

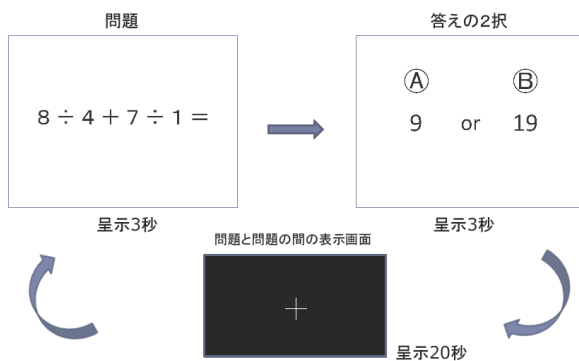


図4 計算問題タスク

3.1 実験方法

図4には、知的活動としての四則演算課題の流れを示した。モニターの黒い画面の中央に白の「+」マークを20秒間呈示し（安静区間）、その後、問題スライドを3秒、解答スライドを3秒呈示した。この安静区間—問題—解答の流れを34回繰り返す、脳血流変化の計測を行った。

また、被験者には当日の生理状態を確認するアンケートに答えてもらった。その後、任意のブース空間に入ってもらい、規定の位置（モニター画面と視点の距離が75センチ）に着座してもらった。

その後、被験者の頭部に脳血流測定装置を装着し、機材との接続が確認できた段階で、図4に示す四則演算をすばやく計算し、回答するよう教示を与えた。

実験を開始後、被験者は、コントローラーを用い回答し、モニター上で15分間の知的活動（四則演算課題）を行った。活動終了後、脳血流測定装置を外し、活動後の生理状態を確認する生理状態アンケートと、ブース空間に対しての主観的な印象評価アンケートを行い、実験終了とした。

被験者は全色の実験へ参加するため、実験参加が連続しないよう日程を構成し、さらに、順序影響を避けるため、被験者ごとに各色のブースの順序を変えるようにした。



図5 実験風景

4. 実験結果

4.1 脳血流測定結果

信号処理解析により WOT 計測信号から脳活動値および脳活動指標を算出した。はじめに、Wearable Optical Topography により計測された脳活動信号は MATLAB 上で動作する標準信号処理プラットフォーム（Platform for Optical Topography Analysis Tools^{注2)}）を用い、透過光データから酸素化ヘモグロビン濃度変化（Oxy-Hb）、脱酸素化ヘモグロビン濃度変化（Deoxy-Hb）へ変換した。解析対象は、頭髮により計測が困難であった左右それぞれ3CHを除外した16CHのOxy-Hb信号に着目した。

全被験者をグループ化し、①ベースライン補正、②1サンプリングあたり0.8mM*mm以上の変化を示す体動アーチファクトを含む計測CHの除外、③問題スライド呈示5秒前から問題スライド呈示15秒後までデータブロック化、④課題前後のデータを用いたベースライン補正を行った。

次に、課題区間を含む34ブロック（×15名）に区分けされた時系列データを加算平均した脳活動マップと課題を開始してからの時系列波形を作成した（図6）。本課題ではワーキングメモリ機能が賦活すると考えられるため、前頭前野の左右領域に着目した。その結果、黄色では左右に強い脳活動が見られ、続いて、赤、白、青という順であった。時系列波形においても、黄色では課題開始直後から徐々に脳活動が大きく変化し、他色では活動に伴う時系列変化は小さかった。

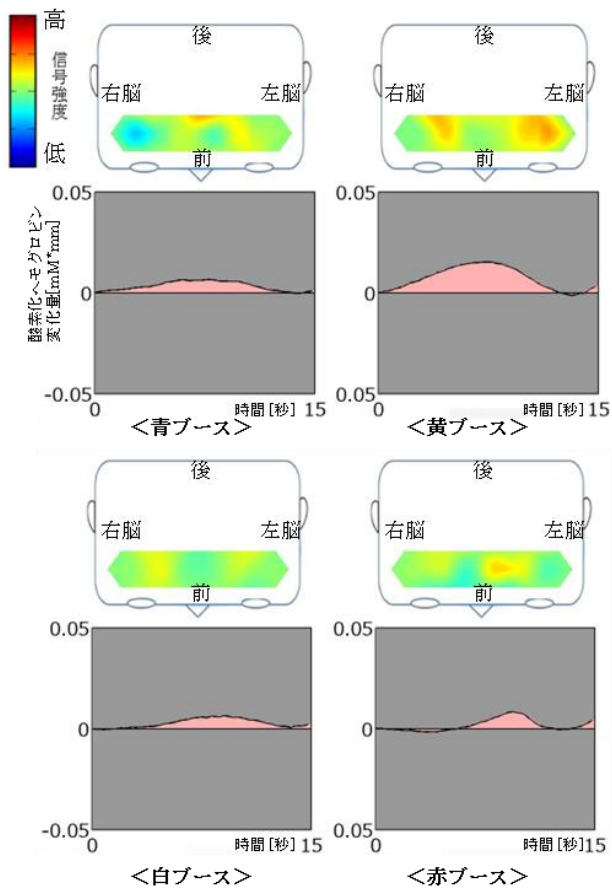


図6 各色ブース条件での脳活動マップと時系列波形

4.2 正答率結果

正答率を以下図7に示す。黄(88.43%)、赤(87.64%)、白(80.39%)、青(71.56%)の順に正答率が高いという結果となった。図6からも黄ブースが強い脳活動が見られるのは明らかであり、脳血流測定の結果と重なる結果となった。

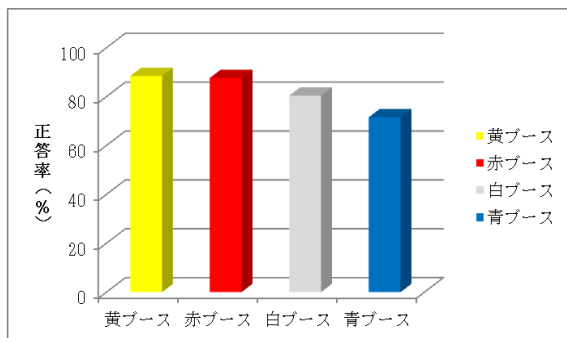


図7 実験結果①

4.3 印象評価アンケート結果

知的活動後に行った印象評価のアンケートは、図8に示す15項目の形容詞を5段階で評価する形式を採用した。アンケート集計結果を平均値化したものをグラフにし図9に示した。赤と黄のグラフが類似しており、似たような印象があることが伺える。さらに15項目の中から、特に

色別に差異が大きい項目5項目を挙げ、レーダー図とし図10に示した。黄、赤ブースが、白、青ブースに比べ、「刺激のある」「派手な」印象を強く与えていることが伺える。青ブースは、正答率が最も低かったが、知的な印象を強く与えていることがわかった。

心地よい	不愉快な
安心な	不安な
調和した	不調和な
公的な	私的な
興奮した	落ち着いた
刺激のある	刺激の少ない
開放的な	閉鎖的な
広い	狭い
快適な	不快な
集中した	散漫な
緊張した	弛緩した
明るい	暗い
派手な	地味な
知的な	非知的な
創造的な	非創造的な

図8 印象評価項目

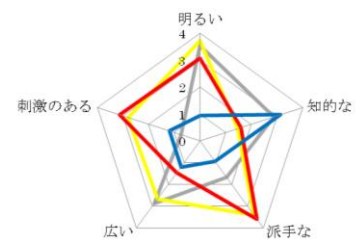


図10 レーダー図

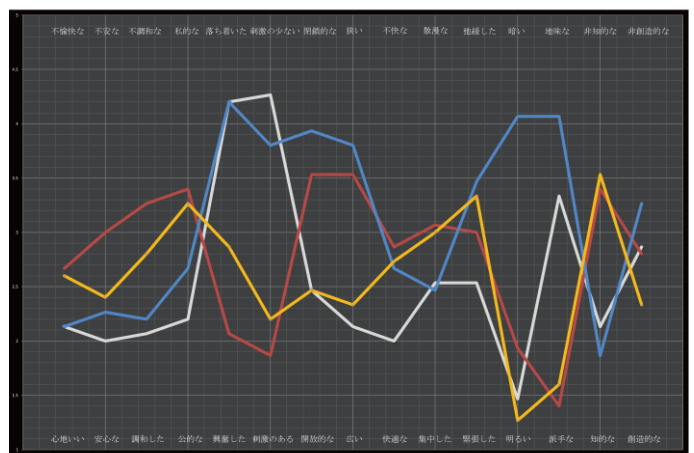


図9 5段階印象評価平均値色別グラフ

4.4 生理状態アンケート

知的活動前後に行った生理状態アンケートは、被験者自身の疲労状態と気分状態を五段階で評価する形式を採用した。知的活動前後での生理状態をスコア化し、平均値化したものを、各色のブースごとに知的活動前後の変化をグラフ化して図11に示した。また各色のブースのスコアは表1に示した。

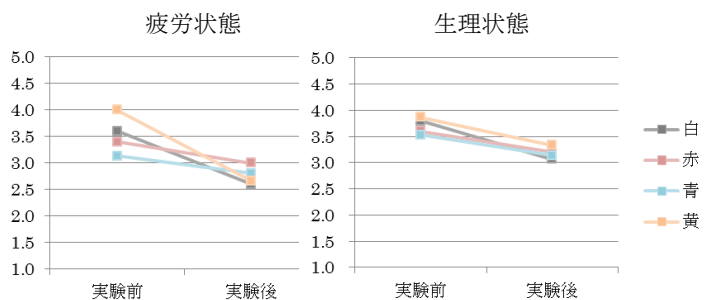


図11 生理指標変化量グラフ

表1 生理指標スコア表

		白	赤	青	黄
疲労	実験前	3.6	3.4	3.1	4.0
	実験後	2.6	3.0	2.8	2.7
気分	実験前	3.8	3.6	3.5	3.9
	実験後	3.1	3.2	3.1	3.3

5. 実験考察

脳血流測定結果では、黄ブースでの前頭前野の脳活動量と、その変化量が他の色のブースより大きく、脳活動を支援する環境の色彩は黄色が優位であると考えられる。また、正答率においても黄ブースが最も高く、脳血流測定結果と重なる結果となった。このことから、黄ブースが最も前頭前野の脳活動を活性化させ、情報処理の知的活動を支援することが伺える。

また印象評価のアンケート結果によると、脳活動、正答率が共に優位であった黄、赤ブースの共通項目として「刺激のある」「派手な」が挙げられる。よってこれらの項目が知的活動の活性化に影響を及ぼす要素であることが推測できる。

さらに生理状態アンケートによると、黄ブースが最も疲労状態の変化が大きく、青ブースは疲労状態、気分状態ともに、変化が少なかったことから、黄ブース脳活動の活性化に伴い、生理状態に負担がかかっていると考えられる。

6. まとめ

本研究では、以下のことがわかった。

- (1) 情報処理の知的活動を活性化させるには、脳活動量を活発化させることが有効であり、また脳活動量の活性化には、その活動が行われる環境が影響を及ぼす可能性があることがわかった。
- (2) 情報処理の知的活動において、黄・赤・白・青のブースの中では、黄ブースが最も知的活動を活性化させる傾向があることがわかった。

7. 今後の展望

本研究での実験は、空間をブースと設定して行ったが、今後は同様の手法を用いて、空間の大きさや空間を構築する色彩などの環境を変えることにより、人の知的活動を支援する環境デザインについて明らかにしていく予定である。

[注釈]

注1) (株)日立製作所製

注2) 日立製作所 中央研究所にて開発

[参考文献]

- 1) 青柳 圭祐, 渡邊 朗子「知的活動を支援する環境デザインに関する研究 -箱庭 CG 型評価グリッド法による知的活動活性化の

環境要素の抽出-」日本オフィス学会誌, Vol.5 No.1 2013 年 4 月 pp55-65

- 2) 青柳 圭祐, 渡邊 朗子「知的活動を支援する環境デザインに関する研究 -グループを対象とした箱庭 CG 型評価グリッド法による知的活動活性化の環境要素の抽出-」日本建築学会大会梗概集, No.5025 2013 年 9 月
- 3) Maki A., et al., "Spatial and temporal analysis of human motor activity using noninvasive NIR topography", Med Phys 22(12), 1997-2005 (1995).
- 4) Yamashita Y., et al., "Noninvasive near-infrared topography of human brain activity using intensity modulation spectroscopy", Opt Eng (35) 1046-1099 (1996).
- 5) Koizumi H., et al., "Higher-order brain function analysis by trans-cranial dynamic near-infrared spectroscopy imaging ", J Biomed Opt 4(4), 403-413 (1999).
- 6) Atsumori H., et al., "Noninvasive imaging of prefrontal activation during attention-demanding tasks performed while walking using a wearable optical topography system", J Biomed Opt, 15(4), 046002(2011).
- 7) Baddeley A., "Working memory", New York: Oxford University Press(1986)
- 8) 「安心して電子活動を行えるパーティションの配置と寸法に関する提案」日本建築学会計画系論文集 (605), 79-84, 2006-07-30
- 9) 「知的活動とワークプレイス」編著:財団法人建築環境・省エネルギー機構, 協力:知的生産性研究コンソーシアム/知的生産性委員会, pp.9-11, 2010-10
- 10) D'Esposito M., et al., "The neural basis of the central executive system of working memory", Nature. (6554), 279-261(1995).
- 11) Awh E., et al., "Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: Evidence from positron emission tomography". Psychol Sci 7(1)25-31(1996).

*1 東京電機大学 未来科学部建築学科

*2 東京電機大学 未来科学部建築学科 准教授

*3 日立製作所 新事業開発本部 人間指向ビジネスユニット主任 博士(医学)

*4 日立製作所 新事業開発本部 人間指向ビジネスユニット主任