

# 個人の知的活動を支援する環境デザインに関する研究 ～ブース空間における大きさと色彩環境が脳活動に与える影響～

○馬場 哲平\*<sup>1</sup>  
渡邊 朗子\*<sup>2</sup>

キーワード：ブース空間 大きさ 色彩 脳科学 知的活動

## 1. はじめに

人はどのような環境において、知的活動を活性化させることができるのであろうか。人間が置かれた環境下において、「作業効率」をいかに高めるかについては、これまで「行動科学」の分野のテーマとして取り上げられ、幾多の研究がなされてきた。しかし、それらの研究は作業環境の改善に向けられ、主として「人間工学」の分野で、人間の身体の動作に関する内容として進められてきた。

経済学者のP.F.ドラッカーは、著書『ポスト資本主義社会』<sup>1)</sup>のなかで、肉体労働者の生産性はフレデリック・ウインスロー・テイラーの科学的管理法によって目覚ましい向上をとげたが、「今日以降問題となるのは、非肉体労働者の生産性である」とし、「知識の知識への適用」が不可欠であると述べている。

知的活動に関わる作業効率の向上が求められる今日、人間の身体動作としての生産性のみならず、知的活動における生産性向上が期待されている。物的環境が人の知的活動能力を支援することができるとするならば、それはどのような環境デザインなのか。物的環境における人の知的活動に関する研究の多くは、環境工学系の研究であり、建築計画系における研究は多くない。その中でも「ブース空間における色彩環境が脳活動に与える影響」<sup>2)</sup>では個人の知的活動を支援する環境デザインの要素を色彩という観点から明らかにしている。本研究では、空間を構成する要素として色彩と大きさに着目し、脳活動の手法を用い、どのような環境が人の知的活動を活性化させるのか明らかにするものである。

## 2. 研究目的

本研究では、個人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と大きさに着目し研究を行う。本研究では既往研究に多く見られる5段階や7段階による印象評価SD法ではなく、感性重視SD法を用いる。また、脳科学の手法として近赤外分光法を活用し、色彩と大きさの組み合わせが脳活動に与える影響について探求する。科学的な生体情報を用いた調査と心理分析の組み合わせにより、人の「知的活動」を促進する物的環境デザインとは何か、どのような色彩と大きさの環境が知的活動を活性化させるのかを明らかにする。

## 3. 本実験における知的活動

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<sup>3)</sup>(図1)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。このうち①情報処理の知的活動に着目した。

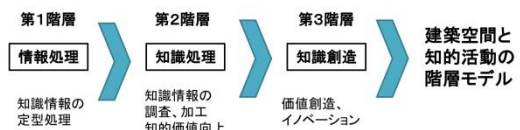


図1 知的活動の階層モデル

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、情報処理としてふさわしい四則演算課題を準備した。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<sup>4)</sup>、脳内の前頭前野が関与していることが報告されている<sup>5)</sup>。したがって、本研究で実施する知的活動課題においても、前頭前野の活動が増大すると考えられる。

## 4. 実験内容

### 4.1. 実験概要

上記の目的を達成するために知的活動における印象評価と脳血流計測実験を行った。その概要は以下の通りである。

実験場所：大学の講義室

実験日時：2015年6月8日～8月31日のうち計42日間

被験者：学生50名(男性25名、女性25名)

問題呈示装置：刺激呈示システム SP-POST01

脳血流測定装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-100-16

計測部位：前額部16箇所

印象評価アンケート：感性重視SD法を用いたアンケート

実験空間：実験は木材でできたブース空間で行い、白と黄の2色の色彩を用いた。ブース空間の大きさは大、小の2種類を用意し、色彩と空間の大きさの4パターンの組み合わせで行った。ブース空間の大きさは「ブース空間における色彩環境が脳活動に与える影響」<sup>2)</sup>での実験と同様に、小ブースを(1000mm(W)×1200mm(D)×1800mm(H))とし、大ブースは(2000mm(W)×1200mm(D)×1800mm(H))とした。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を設置した。

## 4.2. 実験器具

本研究では、脳血流測定による生体情報の評価と印象評価アンケートによる心理評価を行うものとする。

脳血流測定装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-100-16 (図2)は、血液中のヘモグロビンを感知する近赤外分光法を用いて、血液の流れを計測する器具である。本実験では、前頭前野 16 箇所を対象とするモデルの物を使用した。

印象評価アンケート：感性重視SD法を用いたアンケート(図3)は、形状に勾配を持つアナログ評価版を用い、直感に従いバーに線を引き、それを点数として統計を取る直感重視型のSD法である。従来の5段階または7段階の形容詞対語の該当欄に印をつけさせる手法では、印を付ける課程において、被験者は感性(大脳辺縁系情報)を大脳皮質上の論理化情報に変換せざるを得ない。そのため、被験者は、感性を論理へ変換(写像)する際に迷いが伴い、「感性の評価で失われるもの」<sup>6)</sup>が多いと考えられている<sup>7)</sup>ため、より詳細な印象評価の結果を得ることができる。

## 4.3. 実験方法

まず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う。その後、任意のブース空間(図4,5)の既定の位置(モニター画面と視点の距離が75cm)に着座してもらい、被験者の頭部に脳血流測定装置(図2)を装着する。その後、機材との接続が確認できた段階で、四則演算課題を素早く計算し、回答するよう教示を与えた。実験開始後、被験者はコントローラを用いて回答し、15分間の情報処理作業(四則演算課題)を行った。情報処理作業終了後、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(図6)。

四則演算課題の流れとしては、モニターの黒い画面の中央に白の「+」マークを20秒間呈示した。これは、脳活動を落ち着かせるための休憩画面として用いた。その後、計算問題スライドを3秒、選択肢スライドを3秒呈示した。この休憩－問題－選択肢の流れを15分間(34回)繰り返し、脳血流変化の計測を行った(図7)。

また、実験を行うブースの順序による影響を避けるため、被験者ごとに各ブースの順序を変更した。

## 5. 結果

### 5.1. 課題正答率結果

四則演算課題の正答率の結果を図8に示す。白小ブース(87.7%)、白大ブース(89.5%)、黄小ブース(90.3%)、黄大ブース(92.8%)という結果となった。

この結果を二要因分散分析で分析した結果、色彩のみを主効果としてみると5%水準で優位であることが分かった( $F(1,196)=5.466, p<.05$ )。また、色彩と大きさの交互作用にも有意差が見られた( $F(3,196)=2.848, p<.05$ )。

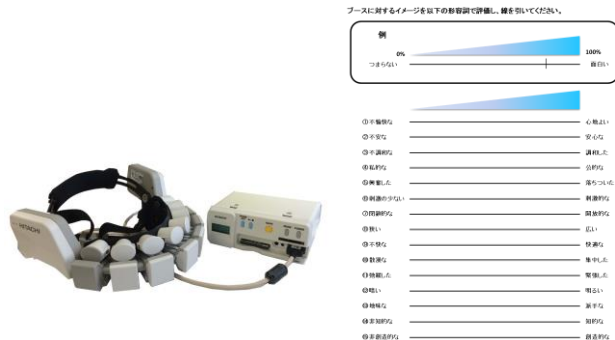


図2 脳血流測定装置

図3 印象評価アンケート



図4 白大ブース空間



図5 黄小ブース空間



図6 実験手順

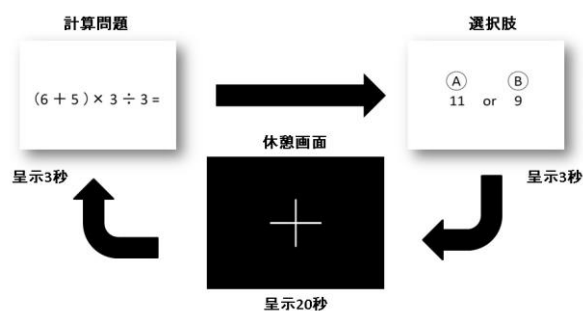


図7 四則演算課題

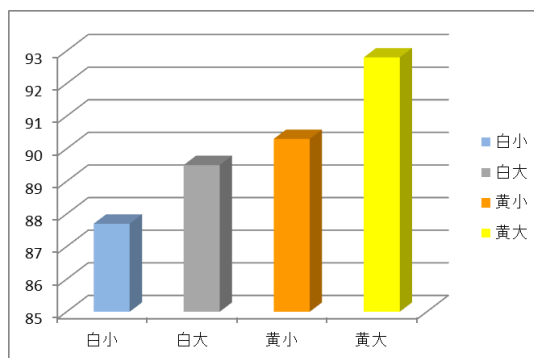


図8 各ブースにおける正答率

## 5.2. 印象評価アンケート結果

知的活動後に行った印象評価アンケートは、15項目の形容詞を感性重視SD法で評価する形式を採用した。今回は、各項目に0～100点の範囲で回答してもらった。各ブースによる印象評価の結果を図9に示す。これにより、各ブースの共通項目や対称項目が明らかとなった。

また、因子分析を行った結果を表1に示す。因子負荷量の最も大きい因子を第1因子としたとき、第1因子「居住性」、第2因子「空間性」、第3因子「心象性」、第4因子「状況性」と命名した。

「居住性」では、「快適さ」、「心地よさ」、「集中感」など、ブースでの居心地の良さを意味する項目が高い負荷量を示した。「空間性」では、「広さ」、「解放感」といった物的環境への評価項目が高い負荷量を示した。また「心象性」では、「派手さ」や「明るさ」といった色彩から受ける影響の項目が高い負荷量を示し、「状況性」では、「緊張感」という課題に対する項目が高い負荷量を示した。

## 5.3. 疲労、気分状態アンケート結果

知的活動前後に行ったアンケートは、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。

被験者50名の平均値を表2に示した。

これにより、色彩と空間の大きさが疲労、気分状態に及ぼす影響が明らかとなった。

疲労状態の変化に着目すると、実験前後では、白小ブース(-0.3)、白大ブース(-0.4)、黄小ブース(-0.5)、黄大ブース(-0.3)という結果となった。この結果から、黄小ブースによる作業での疲労が蓄積しやすいことがわかった。気分状態の変化に着目すると、実験前後では、白小ブース(-0.1)、白大ブース(-0.1)、黄小ブース(-0.4)、黄大ブース(-0.1)という結果となった。この結果から、黄小ブースでは、気分状態の大きな減少が伺えた。

## 5.4. 脳血流測定結果

本実験で用いた情報処理作業(四則演算課題)では、情報処理による認知活動が生じるため、ワーキングメモリに関連する部位(前頭前野16箇所)に着目した。

脳活動マップを用いて全被験者の平均値を図12に示す。

その結果、問題提示後に脳活動量の値が最も大きかったのは、黄大ブースとなった。また、残り3パターンの脳活動量はほぼ同一の値であったが、その活動面積により優位差を表すと、4パターンのブースの優位は、黄大ブース>黄小ブース>白大ブース>白小ブースという結果になった。また、各ブースにより、タイミングは異なるが、局所的に脳活動が活発化する箇所もみてとれた。四則演算課題1問あたりの平均回答時間(図11)は、回答時間の短い順に、黄大ブース、黄小ブース、白大ブース、白小ブースとなり、脳活動の優位と同じ結果となった。

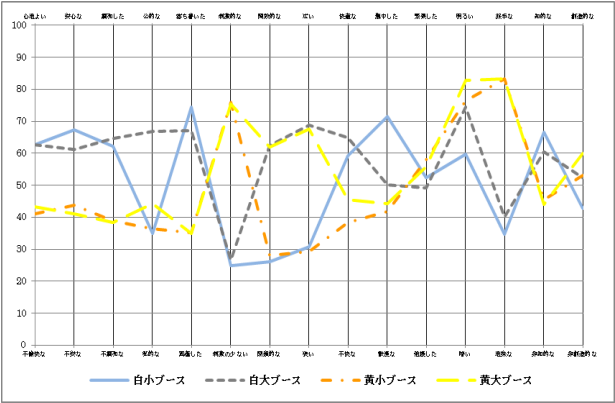


図9 印象評価グラフ

表1 因子負荷量

| 評価項目(15項目)   | 抽出された因子 |        |        |        |
|--------------|---------|--------|--------|--------|
|              | 居住性     | 空間性    | 心象性    | 状況性    |
| 安心な－不安な      | 0.793   | -0.006 | 0.008  | 0.452  |
| 快適な－不快な      | 0.776   | 0.219  | 0.11   | 0.253  |
| 心地よい－不愉快な    | 0.743   | 0.082  | 0.071  | 0.42   |
| 集中した－散漫な     | 0.74    | -0.225 | -0.057 | -0.319 |
| 興奮した－落ち着いた   | 0.729   | 0.02   | -0.356 | 0.165  |
| 刺激的な－刺激的の少ない | -0.712  | -0.12  | 0.555  | -0.108 |
| 知的な－非知的な     | 0.692   | -0.051 | -0.117 | -0.12  |
| 調和した－不調和な    | 0.686   | 0.122  | -0.237 | 0.317  |
| 広い－狭い        | 0.071   | 0.922  | 0.241  | 0.001  |
| 開放的な－閉鎖的な    | 0.028   | 0.793  | 0.306  | 0.134  |
| 公的な－私的な      | -0.005  | 0.42   | -0.106 | 0.207  |
| 派手な－地味な      | -0.533  | -0.069 | 0.809  | 0.015  |
| 創造的な－非創造的な   | 0.096   | 0.211  | 0.509  | 0.111  |
| 明るい－暗い       | -0.117  | 0.257  | 0.435  | -0.168 |
| 緊張した－弛緩した    | -0.141  | -0.193 | 0.003  | -0.459 |

因子抽出法：主因子法 回転法：Kaiserの正規化を伴うバリマックス法

表2 疲労、気分状態の変化量

|      |     | 白小ブース | 白大ブース | 黄小ブース | 黄大ブース |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 疲労状態 | 実験前 | 2.9   | 3.1   | 3.0   | 2.9   |
|      | 実験後 | 2.6   | 2.7   | 2.5   | 2.6   |
|      | 変化量 | -0.3  | -0.4  | -0.5  | -0.3  |
| 気分状態 | 実験前 | 3.1   | 3.3   | 3.2   | 3.2   |
|      | 実験後 | 3.0   | 3.2   | 2.8   | 3.1   |
|      | 変化量 | -0.1  | -0.1  | -0.4  | -0.1  |

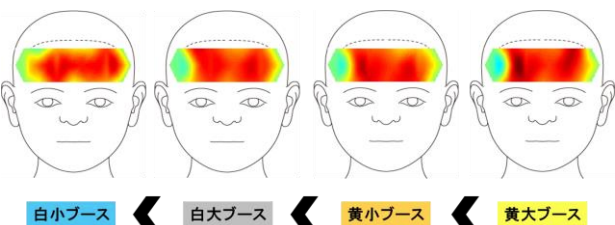


図10 各ブース環境での脳活動マップ

| 白小ブース   | 白大ブース   | 黄小ブース   | 黄大ブース   |
|---------|---------|---------|---------|
| 1479.19 | 1375.64 | 1274.51 | 1273.13 |

図11 各ブース環境での平均回答時間(ms)

## 6. 実験考察

課題正答率の結果では、色彩に注目すると大きさにかかわらず黄色の成績がよかったため、情報処理の知的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。ブース空間の大きさに注目すると、色彩に関わらず大ブースの成績がよいため、空間の大きさは大ブースが優位であると考えられる。このことから、色彩と空間の大きさが知的活動の情報処理の分野において影響があるのではないかと考えられる。これらを踏まえ、色彩と大きさの組み合わせに注目すると、黄色の大ブースの正答率が最も高い結果となっているため、色彩と空間の大きさの組み合わせによっても、情報処理の分野において影響があるのではないかと考えられる。

印象評価アンケートの結果では、色彩で優位であった黄色の共通項目としては、「不愉快な」、「不安な」、「興奮した」、「刺激的な」、「派手な」、「非知的な」という項目が挙げられ、大きさで優位であった大ブースの共通項目としては、「開放的な」、「広い」、「明るい」ということが挙げられたため、これらの項目が知的活動に影響があるのではないかと考えられる。

生理状態アンケートの結果では、疲労状態、気分状態ともに黄色の小ブースでの変化が大きく、生理状態が悪化することが考えられる。黄色のブースでは、空間の大きさが大きくなれば生理状態の変化量が減少するため、大きさにより生理状態の負担が軽減されたと考えられる。

脳血流測定結果では、正答率結果と見比べると脳活動が活発になると正答率が向上する傾向にあるため、脳活動は正答率に影響を与えていると考えられる。また、平均回答時間と見比べると、黄の大、小ブースはともに回答するまでの時間が短く、白小ブースは回答するまでに時間がかかることから、黄のブースでは、四則演算課題回答後に脳活動が正常値に戻るまでの時間が短くなると考えられる。

## 7. まとめ

本研究では、脳活動計測手法を取り入れた情報処理の知的活動における脳血流測定実験と、感性重視SD法を取り入れた印象評価と生理状態についてのアンケート調査を用いた。これらの結果から、以下のような成果が得られた。

- (1) 色彩に関わらず、情報処理の知的活動において、空間の大きさが影響を及ぼす可能性があることがわかった。また、空間の大きさが大きい方が課題の正答率が高いため、脳活動を活性化させる傾向があることがわかった。
- (2) 色彩と空間の大きさの変化から正答率が変動したことにより、色彩と空間の大きさの組み合わせにより知的活動に影響を及ぼすことがわかった。
- (3) 色彩と空間の大きさの組み合わせにおいて、黄色のブースでは、空間の大きさが大きくなれば生理状態の変化量が減少するため、空間の大きさが生理状態に影響を与えることがわかった。
- (4) 脳活動の活性化は、正答率と課題回答時間に影響を及ぼすことがわかった。

## 8. 今後の展望

本研究では、情報処理課題の作業時間を15分間に定めて実験を行った。しかし、15分間は作業をする上での最小時間といえるため、今後はさらに情報処理の作業時間を延長して検討を行う予定である。

本研究では、知的創造の第一段階として情報処理の活動に着目したが、今後は、より高次の知的活動である知識処理、知的創造の活動に着目し、さらなる検討を進める予定である。

本研究では、色彩と空間の大きさが知的活動の情報処理活動の分野へ及ぼす影響を脳活動計測による生体情報から明らかにすることができた。今後は、さらに解析を細かく加え、性別における差異やアンケート結果の因子分析などを行い、より詳細なデータを求めていく必要がある。また、このような脳科学の手法を用いて、人の活動と建築空間デザインの関係性を調査することにより、生体情報に基づいた建築計画の考察が可能になるのではないかと考える。

本研究での実験環境は、ブース空間を想定して行った。今後さらに物的環境デザインの要素に着目し、どのような空間の形状や大きさ、色彩を用いた物的環境のデザインが人の知的活動を最も支援するのか、環境デザインの観点から明らかにしていく予定である。

## 【参考文献】

- 1) P.F.ドラッカー『ポスト資本主義社会』ダイヤモンド社、1993
- 2) 一志 哲夫、渡邊 朗子、小幡 亜希子、碓井 晋平「ブース空間における色彩環境が脳活動に与える影響 1」日本建築学会学術講演梗概集 2014, 121-122, 2014-09-12
- 3) 「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-
- 4) D'Esposito M, et al., "The neural basis of the central executive system of working memory", *Nature*. (6554), 279-261(1995).
- 5) 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)
- 6) 椎塚久雄:「定量的な感性の評価で失われたものは何処で補うのかー感性の評価から質的研究を考えるー」, 感性工学会, 第10巻4号, pp.210-218 (2011. 10).
- 7) 市村 洋、石原正仁、河野浩士、河村辰也、Luis A. Marques、亀田多江、勝又洋子、吉野純一「感性重視SD法電子化アンケート手法の提案」こども教育宝仙大学 紀要 3(2012年3月発行)BULLETIN OF HOSEN COLLEGE OF CHILDHOOD EDUCATION Vol. 3 (Mar. 2012)

\*1 東京電機大学 未来科学部建築学科 学部4年

\*2 東京電機大学 未来科学部建築学科 准教授 博士(学術)  
一級建築士