

ブース空間における大きさと色彩環境が知的活動に与える影響

—30分間の情報処理作業に着目して—

○馬場 哲平*¹
渡邊 朗子*²

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

今後の日本では、加速する少子高齢化により、労働人口が減少し、国内の生産力が大きく減少することが予想される。そのため、減少しつつある労働力の中で、生産性を低下させないために、個人個人の生産性を向上させることが急務の課題になっている。そこで、持続可能な経済発展を実現するための手段として、単純労働による生産性に限らず、知的生産性の向上が求められている。

知的生産性とは、オフィスの中で知的成果物を生み出す効率のことをいう。製品の仕上がりが一時間に何個と計られる労働生産性（工場生産性）に対する言葉である。

この生産性減少の経済的な課題は日本だけの問題ではなく、各国で取り組まれている課題の一つでもある。ロイター通信社によると、2016年11月に米連邦準備制度理事会のフィッシャー副議長は、「一定の財政政策、特に生産性の向上につながるものは、経済の潜在力を高めるとともに一部の長期的な経済課題への取り組みを支援することができる」と指摘しており、トランプ政権に対し、生産性の向上を目指す財政政策の導入を要請した。

そこで筆者らによる「ブース空間における色彩環境が脳活動に与える影響」¹⁾では、個人の情報処理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、「個人の知的活動を支援する環境デザインに関する研究」²⁾では色彩と空間の大きさについて15分間の作業時間で明らかにしている。

これらの研究では、学生被験者を対象に脳血流測定機器を用いて脳血流を計測し、課題正答率と共に検証を行った。

また、被験者には物的環境に対するアンケート調査を行ってもらい、色彩の印象と知的活動の関連性も検証した。

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、作業時間を30分にして研究を行う。本研究では、感性重視SD法と脳科学の手法を活用し、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。この組み合わせにより、30分の作業時間において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³⁾（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。

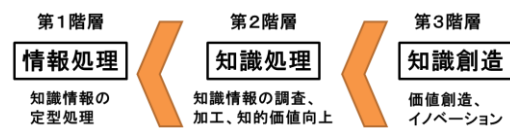


図1 知的活動の階層モデル

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⁴⁾、脳内の前頭前野が関与していることが報告されている⁵⁾。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14日～8月5日のうち計26日間

被験者：学生34名（男性17名、女性17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（図2）。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」²⁾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3)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4)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」⁶⁾が多いと考えられている⁷⁾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

図5には実験の手順、図6には情報処理の知的活動として用いる四則演算課題の流れを示す。

本研究では四則演算課題開始後0分から15分までを1st Term、15分から30分までを2nd Termとして、各15分間ずつ、合計30分間の脳血流測定を行った。これは、関連研究²⁾で行った、15分間という比較的短時間での活動に対し、30分間での活動での影響を調査するためである。

実験手順では、まず被験者には当日の疲労状態と気分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、手元のコントローラを用いて回答するよう教示を与えた。実験開始後、被験者は30分間の四則演算課題を行う。

四則演算課題(1st Term)では、まず脳血流を落ち着かせるため、黒い背景の中央に白い「+」マークを設けたスライドをモニターに20秒間提示した(安静区間)。その後、問題スライドを3秒間提示し、選択肢スライドを3秒間提示した。この安静区間(20秒)－問題(3秒)－選択肢(3秒)を順に34回繰り返し、最後に安静区間を経て、1st Termの計測を終了した。

その後連続して2nd Termを開始し、15分間(34回)×2回を繰り返し連続で行うことにより、30分間の四則演算課題を行った。

四則演算課題終了後、脳血流測定装置を外し、活動後の疲労状態と気分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。

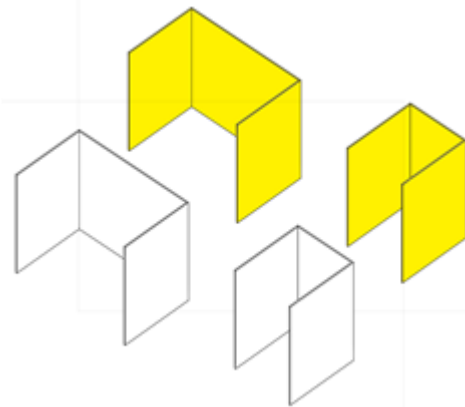


図2 ブースパターン



図3 脳血流測定装置

図4 印象評価アンケート

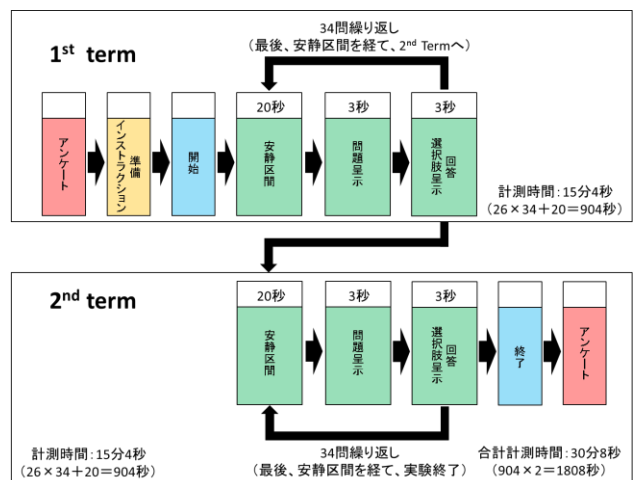


図5 実験手順

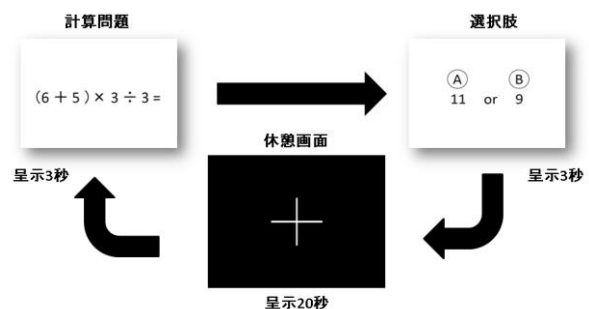


図6 四則演算課題

5. 結果

5.1. 課題正答率結果

本実験で行った 1st Term の正答率を図 7、2nd Term の正答率を図 8 に示す。

1st Term での正答率結果は、白小(90.58%)、白大(91.19%)、黄小(92.65%)、黄大(93.53%)という結果になり、黄大ブースでの正答率が最も高くなった。2nd Term での結果では、白小(89.89%)、白大(89.02%)、黄小(88.49%)、黄大(87.98%)という結果になり、白小ブースの正答率が最も高くなった。

この結果を二要因分散分析で分析した結果、1st Term では、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 ($F(3, 132)=5.635, p<.05$)。色彩と大きさの交互作用にも有意差が見られた ($F(3, 132)=2.920, p<.05$)。

また同様に、2nd Term の結果では、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。 ($F(3, 132)=4.229, p<.05$)

さらに、1st Term の課題回答速度を表 1、2nd Term の課題回答速度を表 2 に示す。この結果から課題正答率が高いものほど早く回答を行っている傾向があることが分かった。

5.2. 脳血流測定結果

本実験で用いた知的活動課題中の脳血流測定結果を図 9 (1st Term) と図 10 (2nd Term) に示す。計算課題 34 回分(×34 名)から取得したデータを区分し、そこから得た時系列データを加算平均した脳活動マップを作成した。

脳活動マップでの色の濃い活動面積を比較したところ、1st Term では、各ブースにおいて前頭前野の左部分に活動が集中しており、黄大、黄小、白大、白小の順に脳活動が活発化していることが分かった。

また、2nd Term での脳活動では、白小ブース、白大ブース、黄小ブース、黄大ブースの順に脳活動が活発化していることが分かった。

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。

各ブースの被験者 34 名分の疲労状態と気分状態の平均値と変化量を表 3 に示す。これにより、色彩と空間の大きさが疲労状態と気分状態に及ぼす影響が明らかとなった。

実験前後の疲労状態変化量に着目すると、白小ブース(±0)、白大ブース(-0.21)、黄小ブース(-0.26)、黄大ブース(-0.21)という結果となり、白小ブースでの変化は見られなかったが、他ブースでは同等の変化が見て取れた。

気分状態変化量に着目すると、白小ブース(-0.41)、白大ブース(-0.53)、黄小ブース(-0.68)、黄大ブース(-0.71)となり、疲労状態に比べ、各ブースでの変化量が大きいために取れた。

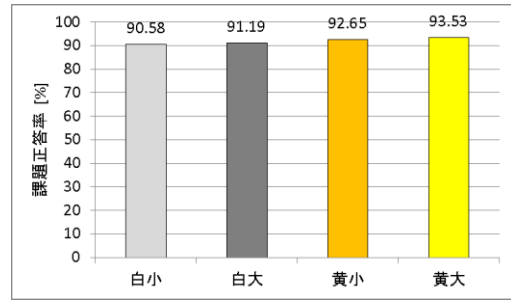


図 7 課題正答率 (1st Term)

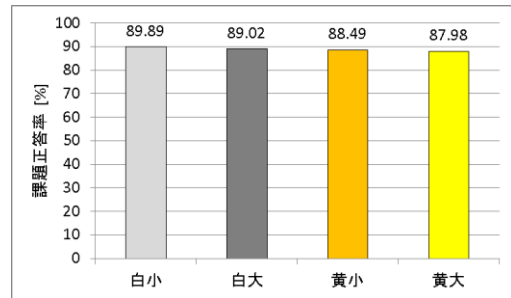


図 8 課題正答率 (2nd Term)

表 1 課題回答速度 [ms] (1st Term)

白小ブース	白大ブース	黄小ブース	黄大ブース
1775.27	1759.37	1479.85	1469.89

表 2 課題回答速度 [ms] (2nd Term)

白小ブース	白大ブース	黄小ブース	黄大ブース
1737.593	1741.163	1844.68	1884.52

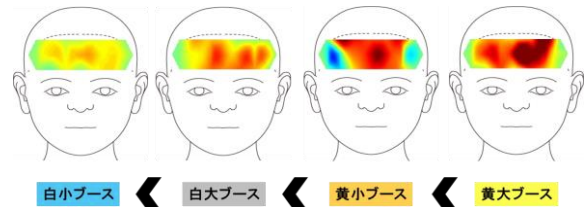


図 9 脳活動マップ(選択肢呈示直後) (1st Term)

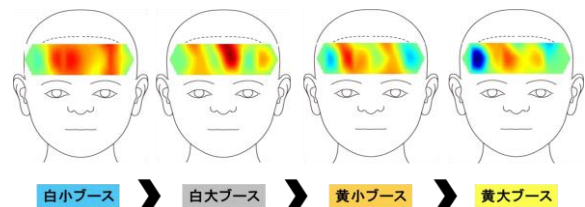


図 10 脳活動マップ(選択肢呈示直後) (2nd Term)

表 3 疲労状態と気分状態の変化量

		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	3.18	3.15	3.44	3.24
	実験後	3.18	2.94	3.18	3.03
	変化量	±0	-0.21	-0.26	-0.21
気分状態	実験前	2.71	2.85	3.03	3.24
	実験後	2.29	2.32	2.35	2.53
	変化量	-0.41	-0.53	-0.68	-0.71

5.2. 印象評価アンケート結果

本研究では、15項目の形容詞対句を0から100の範囲で点数化し、空間の印象評価を行った。被験者34名の各ブースでの調査結果の平均値を図11に示す。

これにより、共通項目や対象項目が明らかとなった。

白ブースの共通項目としては、「調和した、落ち着いた、刺激の少ない、地味な」が挙げられ、黄ブースの共通項目としては、「不愉快な、不安な、不調和な、興奮した、刺激的な、派手な、非知的な」が挙げられた。このうち形容詞対語は4つあり、色の持つ特徴が際立った。小ブースの共通項目としては、「閉鎖的な、狭い」、が挙げられ、大ブースの共通項目としては、「開放的な、広い」、が挙げられた。このうち形容詞対語は2つあり、空間の大きさの対象性が見て取れる。

6. 実験考察

課題正答率結果より、1st Termと2nd Termを比較したところ、作業時間の長さにより、正答率が異なる傾向があるため、作業時間により適した空間環境が異なる可能性があることが考えられる。

脳血流測定結果では、脳活動マップの優位が課題正答率と比例していることが分かったため、脳活動の活発化が正答率に影響を及ぼしていることが考えられる。

また、課題回答速度と比較したところ、脳活動が活発に活動している環境において回答速度が速かったため、脳活動は回答速度にも影響を及ぼしていることが考えられる。

疲労状態と気分状態アンケートの結果より、色彩と大きさの組み合わせの違いによる影響は、疲労状態よりも気分状態に与える負荷が大きいことが考えられる。

印象評価アンケートの結果では、1st Termと2nd Termの正答率で差異の少なかった白ブースに共通する項目が、中長期的作業に適している可能性があることが考えられる。

7. まとめ

本研究での結果から、以下の知見を得ることができた。

- (1) 課題正答率と脳血流測定結果より、色彩と大きさの組み合わせた環境が作業時間の変化により、情報処理活動に与える影響が異なる傾向があることがわかった。
- (2) 課題回答速度と脳血流測定結果より、脳活動は課題回答速度に影響を与える可能性があることが分かった。
- (3) 疲労状態と気分状態アンケート調査結果より、色彩と空間の大きさを組み合わせた空間は、気分状態により大きな影響を与える傾向にあることが分かった。
- (4) 印象評価アンケート調査結果より、1st Termと2nd Termの正答率で差異の少なかった白ブースに共通する項目が、中長期的作業に適している可能性あり、短期的作業では黄ブースに共通する項目が影響を与えている可能性があることが分かった。

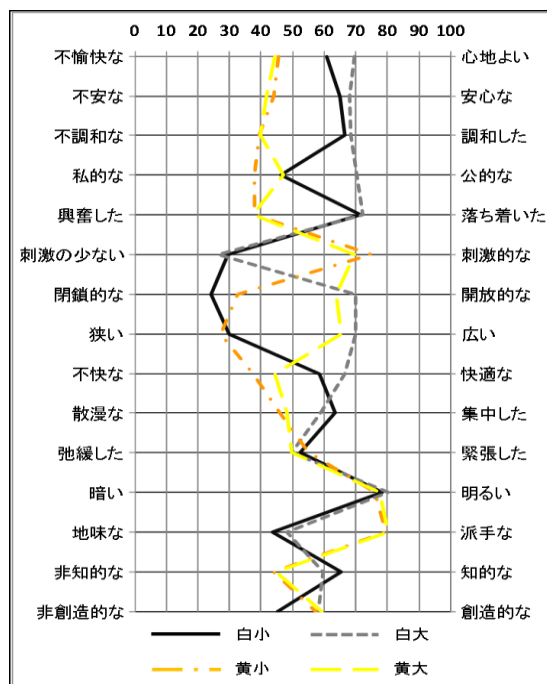


図11 印象評価グラフ

8. 今後の展望

本研究では、4種類の環境を用いて実験を行ったが、今後は異なる色彩や寸法で同様の実験を行う必要がある。

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究(B) (課題番号:15H02880)の助成を受けて実施された。

[参考文献]

- 1) 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」日本建築学会学術講演梗概集 2014, 121-122, 2014-09-12
- 2) 馬場 哲平、渡邊 朗子「個人の知的活動を支援する環境デザインに関する研究」日本建築学会大会学術講演梗概集 2016年, E-1 分冊, p. 587
- 3) 財団法人建築環境・省エネルギー機構: 知的活動とワークプレイス, pp. 9-11, 2010-10
- 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—感性の評価から質的研究を考える—", 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 未来科学研究科建築学専攻 修士2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