

ブース空間の色彩が情報処理の知的活動に与える影響

○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：ブース空間 脳血流 情報処理 色彩

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その「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』¹⁾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。

このように知的活動に関わる仕事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、それはどのような物的環境デザインなのか。本研究では、特に物的環境デザインを構成する要素として色彩に着目し、脳科学の手法を用い、どのような色彩の環境が人の知的活動を活性化させるのか、明らかにしようとするものである。

2. 研究目的

本研究では、脳科学の手法として近赤外線分光法を活用し、人間を取り巻く物的環境、特に色彩に着目し脳活動に与える影響について探究する。科学的な生体情報を用いた調査と心理的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のデザインとは何か、その真相に迫っていく。

3. 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²⁾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、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³⁾、脳内の前頭前野が関与していること

が報告されている⁴⁾。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。

4. 知的活動における脳血流計測実験

4.1 実験概要

本研究では上記の目的を達成するために知的活動における脳血流計測実験を行った(図1)。その概要は以下の通りである。

実験場所：大学の研究室

実験日時：2013年9月5,6,10,12日と12月2,3,5,6日の計8日

被験者：大学生30名(男20名 女10名 平均年齢21.8歳)

脳血流計測装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-220^{注1)}

計測部位：前額部22箇所(図2)

実験空間：実験は白、赤、青、黄4色のパターンのブース空間で行った(図3)。ブース空間の大きさは電子活動を想定し、「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」⁵⁾でのスタディより明らかにされた、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。

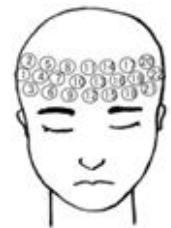


図1 脳血流測定装置を装着した実験

図2 計測部位



図3 ブース空間

4. 2 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す。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回繰り返し、脳血流変化の計測を行った(図5)。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、機材とのコネクション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4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。

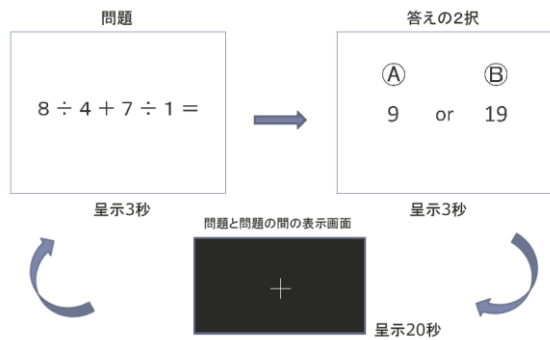


図4 四則演算課題

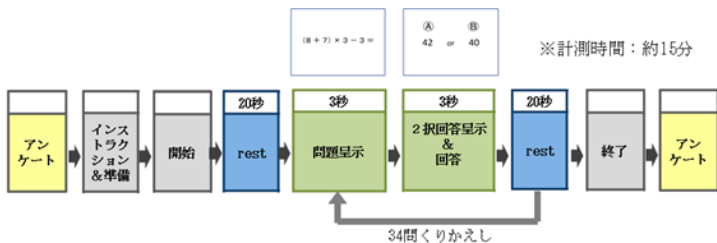


図5 実験の手順

5. 結果

ここに、実験で行った各条件での課題成績、脳活動変化、生理状態アンケート(疲労、気分)、印象評価アンケートの結果を示す。

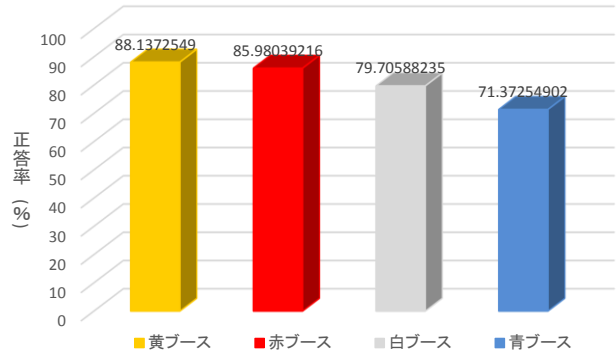


図6 各条件における正答率(%)

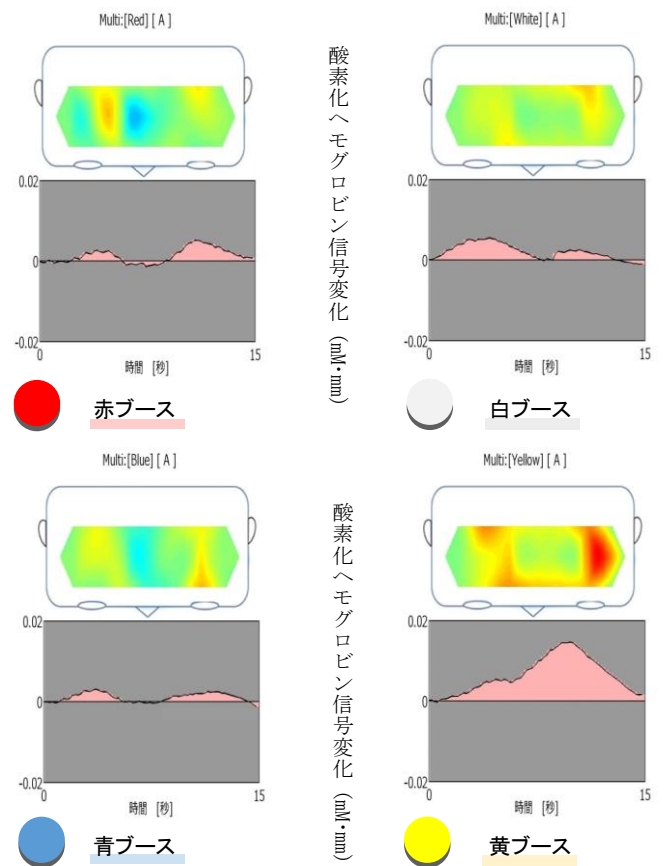


図7 各条件での課題中の脳活動マップと時系列波形 (全被験者平均)

※活動マップ：黒色の部分では脳活動 が活発であることを示す

5. 1 課題成績

34回試行の正誤から正答率を算出した(図6)。正答率では、黄ブース(88.14%)、赤ブース(85.98%)、白ブース(79.71%)、青ブース(71.37%)の順に正答率が高い結果となった。また解答時間は白ブース(1.21秒)、赤ブース(1.21秒)、黄ブース(1.29秒)、青ブース(1.41秒)となった。

5. 2 脳活動変化

本実験で用いた認知課題(暗算課題)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に着目した。その結果、黄ブースでは左右に強い脳活動が見られ、続いて、赤ブース、白ブース、青ブースという順であった。時系列変化においても、黄ブースでは課題開始直後から徐々に脳活動が大きく変化し、他色ブースでは活動に伴う時系列変化は小さい傾向が見られた(図7)。色ブースにより局所的に活動が強く見られるものもあった。また、色ブースでの脳活動は、個人間で異なる反応を示す傾向も見られるが、被験者の属性を揃えること、被験者数を増やすことで、実験条件による違いを検証した。

5. 3 生理状態アンケート調査結果

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。被験者30名の平均スコアを表1に示した。また各色のブースごとに知的活動前後の変化をグラフ化しそれぞれ図8,9に示した。その結果、疲労状態の評価において各色のブースで変化がみられ、黄ブースでの知的活動が最も疲労感を抱く傾向があることがわかった。

5. 4 印象評価アンケート調査結果

知的活動後に行った印象評価のアンケートは、15項目の対をとった形容詞を5段階で評価する形式とし、被験者は知的活動後の印象に近い段階をそれぞれの項目で評価を行った。被験者30名の評価結果を平均し各色ブースで比較し図10に示す。課題成績、脳活動において最も優位であった黄ブースが「明るい」「派手な」「刺激のある」印象を強く受けていることが分かる。また課題成績、脳活動において、黄ブースの次に優位であった赤ブースは「派手な」「刺激のある」「興奮した」項目が上位であった。白ブースは「刺激の少ない」「落ち着いた」「安心な」「明るい」の項目が上位にみられた。課題成績、脳活動において最も劣位であった青ブースは「落ち着いた」「閉鎖的な」「刺激の少ない」「狭い」「暗い」「地味な」「知的な」印象が見受けられた。

また因子分析を行った結果を表2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「居心地性」、第2因子「刺激性」、第3因子「空間性」、第4因子「公共性」と命名した。第1因子「居心地性」では「集中感」「心地よさ」「快適さ」など、ブース内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。第2因子「刺激性」では「興奮」「刺激」「派手」「緊張」と、色彩から受けた刺激の強さを示す項目がみられた。第3因子「空間性」では「広さ」「明るさ」「開放感」と、物的環境への評価項目が高い負荷量を示した。第4因子「公共性」では「公的さ」が高い負荷量を示した。

表1 知的活動前後の生理状態スコア

※0内は知的活動前後の変化値

		黄ブース	赤ブース	白ブース	青ブース
疲労	実験前	3.5	3.3	3.5	3.2
	実験後	2.5 (-1.0)	2.8 (-0.5)	2.8 (-0.7)	2.7 (-0.5)
気分	実験前	3.7	3.6	3.7	3.5
	実験後	3.3 (-0.4)	3.2 (-0.4)	3.3 (-0.4)	3.1 (-0.4)

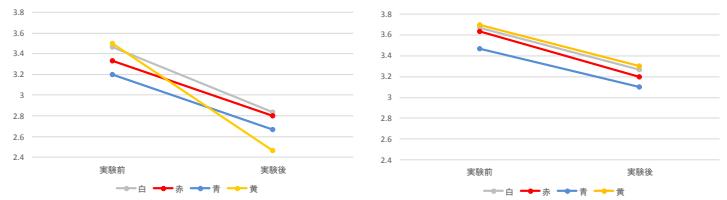


図8 疲労状態変化グラフ

図9 気分状態変化グラフ

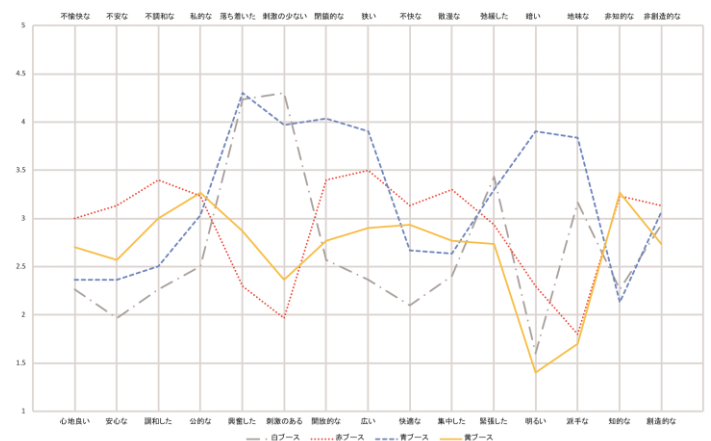


図10 印象評価グラフ

表2 因子負荷量

評価項目		成分			
		居心地性	刺激性	空間性	公共性
集中した	— 散漫な	0.842	0.335	-0.199	0.238
心地良い	— 不愉快な	0.835	-0.197	-0.198	-0.355
快適な	— 不快な	0.788	-0.114	0.149	-0.073
安心な	— 不安な	0.692	-0.191	0.177	0
調和した	— 不調和な	0.521	-0.159	0.106	0.379
創造的な	— 非創造的な	0.442	0.346	0.35	-0.121
興奮した	— 落ち着いた	-0.135	0.815	-0.053	0.016
刺激のある	— 刺激の少ない	-0.049	0.786	-0.127	-0.112
派手な	— 地味な	0.063	0.72	0.335	-0.081
緊張した	— 弛緩した	0.088	0.564	-0.153	0.068
広い	— 狭い	-0.072	-0.331	0.936	0.003
明るい	— 暗い	-0.063	0.327	0.801	0.146
開放的な	— 閉鎖的な	-0.034	-0.19	0.78	-0.04
公的な	— 私的な	-0.101	-0.047	0.075	0.808
知的な	— 非知的な	0.141	-0.421	-0.179	0.434

因子抽出法: 主因子法

回転法: Kaiser の正規化を伴うプロマックス法[®]

a. 5 回の反復で回転が収束

6. 社会人を対象とした検証実験

本研究にて行った実験は、学生を対象としたものであったことから、その後に被験者を社会人に設定した検証実験を進めている。学生と社会人での有意差を検証することを目的としているため、ブース空間の色彩は黄色と青の2色で、脳血流測定は実施していない。課題は同様の四則演算問題を紙面で実施し、15分間で解ける限り解く形式とした。

その結果、被験者6名で実施し、計算課題正答率は黄ブース(98.6%)、青ブース(97.2%)となり、色別に優位な差はみられなかった。またアンケート調査による疲労状態、気分状態においても有効な差は得られなかった。

現状は被験者6名と少数での知見であるため、引き続き検証を行う必要があると考えている。

7. まとめ

本研究では、脳血流測定装置による脳活動計測手法を取り入れた知的活動における脳血流計測実験と、印象評価と生理状態についてのアンケート調査での結果より、主観的評価と脳内での情報処理過程を組み合わせた分析を行い、以下のような成果が得られた。

1) 黄ブースでの知的活動が脳活動量、課題正答率において最も優位であったことから、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。

2) 脳血流計測によって導き出した前頭前野の脳活動量の優位順と、知的活動として行った計算課題の正答率結果の優位順が重なる結果となったことより、情報処理の知的活動を活性化させるには、前頭前野の脳活動量を活性化させることが有効であることが分かる。またこのことから、前頭前野の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といえる。

3) 脳活動量が最も大きかった黄ブースが、最も疲労変化量が大きく、また脳活動量が最も少なかった青ブースが、最も疲労変化量が少ないという結果であった。この結果より、黄ブースは脳活動の活性化に影響を与え、認知活動を促進させるものの、被験者の疲労状態に負担をかけていることが伺える。

4) 課題成績、脳活動ともに優位であった黄ブースと赤ブース2つの条件では「刺激性」項目が特徴的であった。それとは対照的に、課題成績、脳活動において劣位であった白ブースと青ブースは「居心地性」で上位に評価される傾向があった。これらを比較すると、「派手な」「刺激のある」といった「刺激性」が、比較的短時間(約15分間)のうちに知的活動を促進させる要因と考えられる。物的環境デザインの色彩影響を考える上で、短時間で高い情報処理パフォーマンスを得るような場合には、この色彩を物的環境デザインとして採用することも有効であると考えられる。

8. 今後の展望

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。なお社会人を対象にした検証は、引き続き実施し、その後の研究計画に反映させる知見としていく。また他の色彩やその他の物的環境の要素にも着目して研究を進めたいと考えている。

脳機能計測はこれまで大型計測機器で実施され、医療分野や神経科学分野で用いられてきたが、光を使った低拘束で安全な計測機器である光トポグラフィを用いることにより、日常場面に近い状態でのヒトの知的活動を捉えることが可能となってきた。

本研究では、色彩が知的機能へ及ぼす影響を脳活動計測により明らかにすることができた。また、建築空間における物的環境デザイン評価への光トポグラフィの有効性が示された。今後も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、より科学的な知見にたつた建築計画の考察が可能になるのではないかと考える。

今後さらに物的環境デザインの要素に着目し、どのような物的環境のデザインが人の知的活動を支援するのか、研究を継続する予定である。

【注釈】

注1) 日立ハイテクノロジーズ

【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) 「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
- 3) D'Esposito M, et al., "The neural basis of the central executive system of working memory", Nature. (6554), 279-261(1995).
- 4) 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)
- 5) 後藤雄亮, 渡邊朗子, 飯塚重善, 小川克彦「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

*1 東京電機大学大学院 未来科学研究科 建築学専攻

*2 東京電機大学 未来科学部建築学科 准教授

*3 株式会社日立ハイテクノロジーズ新事業創生本部 博士 (医学)

*4 株式会社日立ハイテクノロジーズ新事業創生本部