

# 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形状が脳活動に与える影響～高齢者の情報処理活動に着目して～

○高橋 杏友美\*<sup>1</sup>  
渡邊 朗子\*<sup>2</sup>

キーワード：高齢者 脳科学 知的活動 情報処理 ブース空間

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

今日、日本では、少子高齢化社会が進み続け、65歳の定年を迎える高齢者の中には、定年後も働いていたいと考える人も少なくない。そして、日本社会の少子化により出生率が下がり、今後、日本では、人口減少が予想されている。人口が減るということは、1人1人の生産性の向上が必要とされる。また、定年退職の年齢が変化し、今後、高齢者の労働力も求められる。2016年、日本生産性本部の「労働生産性の国際比較」の調査<sup>1)</sup>によると、我が国は、就業者数の増加は見込まれないが、生産性を向上させることで、GDPを向上することが出来るため、我が国において生産性の向上が大きな課題となっている。また、生産性を向上させるため、身体動作としての生産性だけではなく、知的活動を向上させることが、持続可能な経済発展を実現するための手段として、注目されている。では、物的環境が知的活動を活性化することが出来るとするならば、どのような環境が望ましいのか。

### 1.2. 既往研究

高齢者についての研究として「サービス付き高齢者向け住宅の建築計画」<sup>2)</sup>では、高齢者の現状を含め、これから高齢者住宅の計画について明らかにされている。住居の内部や、介護施設、まちづくりなど、介護が必要となる高齢者に向け、配慮をした建築計画については、多くの研究が行われている。しかし、高齢者を対象とした仕事空間についての研究は、まだまだ多くない。さらに、脳活動に着目した研究としては、「ヒト視覚野におけるユニーク色と枢軸色の脳活動パターン解析」<sup>3)</sup>など情報系や医療の分野で盛んに行われているが、建築の分野では主に『「人にやさしい空間」の研究(その19)：背景音が知的活動に与える影響』<sup>4)</sup>といった環境工学に多い。環境工学の分野では、音響や映像技術を利用した空間の研究が行われ、建築計画分野として、脳活動という観点からアプローチすることは新たな試みであると考えた。

先行研究の「ブース空間における色彩環境が脳活動に与

える影響」<sup>5)</sup>では、空間を構成する要素として、色彩という観点から知的活動を支援する環境デザインを明らかにしている。本研究では、空間の形状に着目し、さらに脳活動による手法を用い、どのような環境が、高齢者が作業する上で好ましいかを明らかにする。

## 2. 研究目的

本研究では、個人で行う作業スペースにおいて知的活動を支援するには、どのような環境デザインが望ましいのか、空間を構成する環境として、空間の形状に着目し研究を行う。高齢者が評価しやすいよう、5段階の印象評価SD法を用いる。また、脳科学を用いた手法として近赤外分光法を活用することで空間の形状が脳活動にどのような影響を与えるか調べる。

生体情報を用いた科学的調査と心理分析を合わせることによってどのような物的環境デザインが知的活動を支援するかを明らかにする。

## 3. 本実験における知的活動

知的生産性委員会が定める「建築空間と知的活動の階層モデル」<sup>6)</sup>において、①情報処理②知識処理③知識創造の3つの階層を定義している。このうち、①情報処理の知的活動に着目した。

本研究の実験では、知識情報の定型処理として、情報処理作業に当たる四則演算の課題を用意した。情報処理の知的活動に当たる計算課題を行う際、一般的にワーキングメモリと言われる機能が脳活動に関連しており、脳内では前頭前野が関わっていると報告されている。

## 4. 実験内容

### 4.1. 実験概要

上記の目的を達成するため知的活動における脳血流計測実験と印象評価アンケートを行った。

実験場所：大学内の会議室

実験日時：2017年5月15日から24日（内計6日間）

被験者：65歳以上の高齢者15名(男性9名,女性6名)

脳血流測定装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-100-16

実験空間：素材は木材を使用し、色は白(日本塗料工業会 N-95-L)で塗装した形状の異なるブースを3種類(円形、三角形、四角形)用意した。形状は異なるがブースの内部の面積と机の面積を同一になるよう設計した。ブースの内部は $1.2(\pm 0.01)\text{m}^2$ 、机面を $0.8(\pm 0.01)\text{m}^2$ (図2)で統一した。ブース空間の大きさは「ブース空間における色彩が情報処理活動に与える影響」<sup>7)</sup>での実験と同様、安全に電子活動を行うことができる環境スペースを基準に体積を統一させた。椅子は、一般的な什器の寸法を採用し設置した。机の上には、知的活動を行う際に必要なスクリーンを設置し、四則演算を回答するためのコントローラーを手に持ってもらい、全ブースで同じ機材を使用した(図3)。実験教室の備え付けのブラインドを利用し、ブース内部に外光が入らないよう教室内の配置をした。極力外光を避けることで実験日時によるPMVの差が生じないように配慮した。

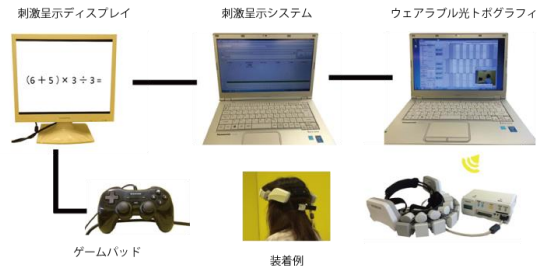


図1 実験装置

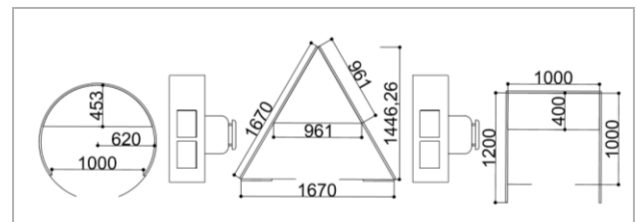


図2 ブース空間平面図

#### 4.2. 実験器具

本研究では、脳科学を用いた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った。

脳血流測定装置：ウェアラブル光トポグラフィ WOT-100-16

ウェアラブル光トポグラフィとは、近赤外線光法を用いて、血液中のヘモグロビンを感知することで血流の流れを計測する器具である。本実験においては、前頭前野の16か所で計測するモデルの物を使用した。

印象評価アンケート：SD法を用いたアンケート(図4)

ブース空間を評価するための形容詞の対語を20項目し評価してもらう。本実験では1から5段階の中で該当の位置に印をつけてもらう形式で行った。被験者は、知的活動を実施したブース空間の印象に近い段階をそれぞれの項目で評価を実施した。



図3 実験空間

5. ブースに対する評価を以下の形容詞で評価し、○をつけて下さい。

閉鎖的な	非常に	少し	あてはまらない	少し	非常に	開放的な
①閉鎖的な	_____	_____	_____	_____	_____	開放的な
②不安な	_____	_____	_____	_____	_____	安心な
③暗い	_____	_____	_____	_____	_____	明るい
④緊張した	_____	_____	_____	_____	_____	気が緩んだ
⑤詰ってくる	_____	_____	_____	_____	_____	奥行きがある
⑥散漫な	_____	_____	_____	_____	_____	集中した
⑦不快な	_____	_____	_____	_____	_____	快適な
⑧冷たい	_____	_____	_____	_____	_____	暖かい
⑨はかどった	_____	_____	_____	_____	_____	はかどらなかつた
⑩平靜な	_____	_____	_____	_____	_____	刺激的な

図4 印象評価アンケート

#### 4.3. 実験方法

はじめにブース空間に入ってもらい、既定の位置に座り空間に慣れてもらう。知的活動を行う前に当日の疲労状態と気分状態等を確認するアンケートに答えてもらう。その後、実験実施における注意事項や、計算課題の流れ等の説明を行う。脳血流測定装置を装着し、機材との接続が確認でき次第、モニターに従い、手元のコントローラーを使用し回答する。15分間の計算課題を行う前後に、3分間の動作確認(図5)をし、脳血流の解析時、画面を見る際とボタンを押す動作の血流変化を計測した。15分間の計算課題は、「+」を白文字で描いた黒い画面を20秒、計算問題スライドを3秒、選択肢のスライドを3秒の計26秒(図6)を34回繰り返した。その後、実験後の疲労状態と気分状態等のアンケートを行い、ブースの印象評価アンケートを最後に行った。また、実験ブースの順序による影響を軽減するため、順序を変更した。

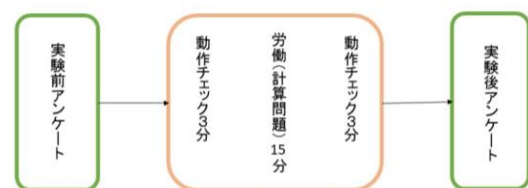


図5 実験手順

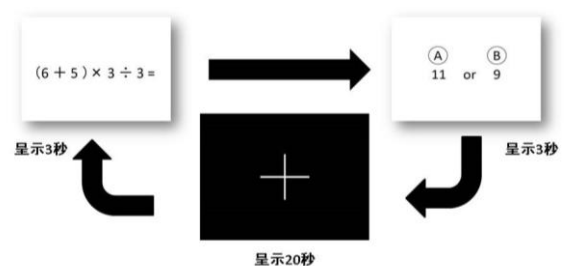


図6 四則演算課題

## 5. 結果

### 5.1. 課題正答結果

知識情報の定型処理として、情報処理作業に当たる四則演算の正答率の結果を図7に示す。

左から順に円形ブース 66.862%、四角形 67.647%、三角形 68.431%という結果となった。三角形がわずかではあるが最も優位な結果となり、その次に四角形。そして円形が最も低い結果となった。

四則演算の解答の呈示から、回答までの時間を1問当たりの平均回答時間を表1に示した。三角形の回答時間が1番短い結果となり、次に四角形、円形の順となった。

以上の結果より形状が知的活動の情報処理活動に影響を与えることが明らかとなった。

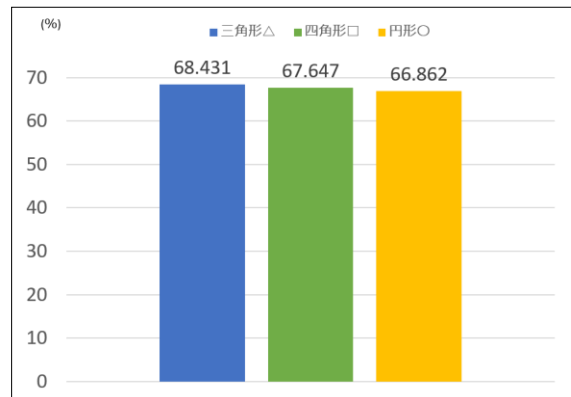


図7 各ブースにおける正答率

表1 各ブース環境での平均回答時間 (ms)

	三角形△	四角形□	円形○
平均回答時間(ms)	2877.843	2898.165	2923.025

### 5.2. 印象評価アンケート結果

四則計算の課題終了後に20項目の印象評価アンケートを行った。その結果が図8に示した。今回は、高齢者が答えやすいよう5段階で評価してもらった。

各ブースによる結果を黄=円形、青=三角形、緑=四角形で示している。各形状のブース空間の共通項目や、対象項目が明らかとなった。

円形のブース空間では、「安心した」という項目に変化が見られ、そういった印象があることから「気が緩んだ」 「親しみやすい」といった居心地の良さを示す項目にも変化が見られた。また、壁面が光を取り入れやすく、影が出ないことから、「明るい」という印象になった。

三角形のブース空間では、「緊張した」「重々しい」「窮屈な」「拘束的な」という空間を感じる評価項目に変化があった。

四角形のブース空間では、全体的に円形、三角形の間が多く、大きく変化した箇所は、「普通な」「現実的な」といった結果となった。普段作業するスペースに近いことで印象としては、大きく影響を与えなかった。

### 5.3. 疲労、気分状態アンケート結果

知的活動の情報処理作業を行ってもらった前と行ってもらった後に気分状態、疲労状態を5段階で評価してもらった。被験者15名の結果を平均したものを表2に示した。

表から、空間の形状が疲労状態、気分状態に及ぼす影響が明らかになった。

疲労状態に着目すると、実験前後お変化量は円形ブース (-0.26)、三角形ブース (-0.53)、四角形ブース (-0.20) という結果となった。これらより、三角形ブースが作業をする上で疲労状態が蓄積する傾向があった。

気分状態に着目し、変化量を比較してみると円形ブース (-0.13)、三角形ブース (-0.13)、四角形ブース (±0.00) という結果となった。これらより、四角形のブースは、気分状態に大きな変化を与えず、円形のブース空間、三角形のブース空間の両方は同じ変化量の減少が見られた。

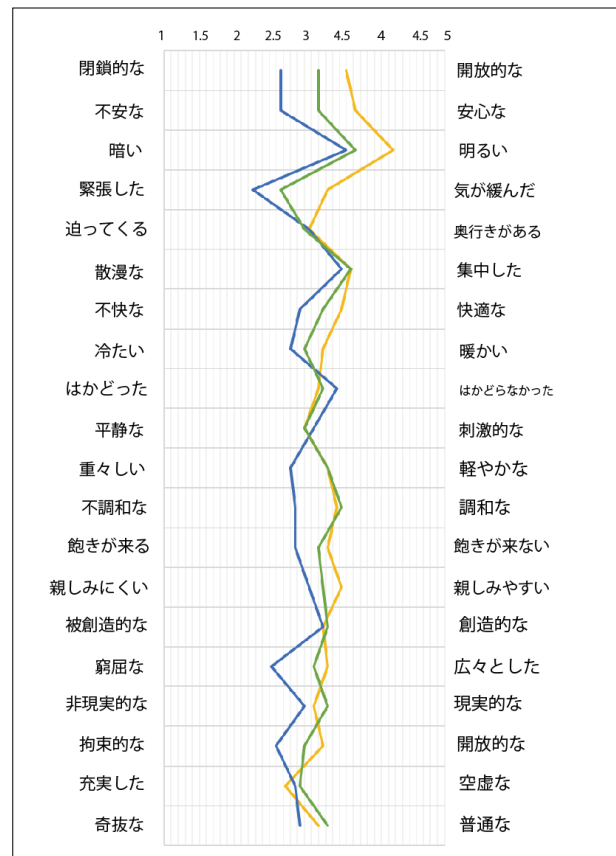


図8 印象評価アンケートグラフ

表2 疲労、気分状態の変化量

		三角形△	四角形□	円形○
疲労状態	実験前	2.60	2.40	2.13
	実験後	2.07	2.20	1.87
	変化量	-0.53	-0.20	-0.26
気分状態	実験前	2.33	2.27	2.33
	実験後	2.20	2.27	2.20
	変化量	-0.13	±0.00	-0.13

## 6. 実験考察

情報処理作業に当たる四則演算の正答率の結果では、形状に着目すると三角形の正答率が高く、円形が他に比べ低い結果となった。

問題の解答選択肢を呈示してからボタンを押すまでの反応時間も三角形が他に比べ速い結果となり、円形が他に比べ遅い結果となった。これらの結果から知的活動を支援する環境の形状は、三角形が優位である可能性が考えられる。被験者からは、三角形の角、壁がモニター方向に向いているため、「自然と視線がモニターに集中した」という意見も見られた。また、円形については、「壁に圧迫されることもなく落ち着ける」といった意見もあり、ブース空間の形状は知的活動を支援する要素の1つであると考えられる。

SD法による印象評価アンケートの結果から、優位であった三角形のブース空間では、「緊張した」「重々しい」「窮屈な」「拘束的な」という空間を感じる評価項目が共通項目として挙げられた。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。また、正答率の最も低い結果となった円形ブースでは、「安心した」という項目に変化が見られ、そういった印象があることから「気が緩んだ」「親しみやすい」といった居心地の良さを示す項目が挙げられたと考えられる。

実験前後に行った、疲労状態・気分状態に関するアンケート結果では、疲労状態に変化が見られたが、気分状態には大きな変化は見られなかった。疲労状態では、三角形が最も大きい変化が見られ、円形や四角形の2倍以上の疲労が増加していた。これは、三角形の正答率が最も高いことも踏まえ、三角形では、適度に拘束されることからより集中し作業が行えたと考えられる。

## 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、SD法を取り入れた印象評価と疲労状態と気分状態についてのアンケート調査から、以下のような成果が得られた。

- (1) 三角形のブース空間の正答率が高くなる傾向が見られ、空間の形状が情報処理の知的活動において影響を及ぼす可能性があると考えられる。
- (2) 形状の変化から印象評価に違いが発生したことから、同じ色であっても、空間の形状に変化を与えると印象評価も変化することがわかった。特に「緊張した」「明るい」「広々とした」という形容詞に変化があったことから空間を認知する上で影響を与える可能性がある。
- (3) 空間の形状の変化により、疲労状態に変化を与えることから空間によって集中する度合いの変化が影響している可能性がある。アンケート結果より三角形のブースでは、「三角形の頂点に向かい視線が集中するため自然と机に向かう姿勢になるよう感じた」という意見もみられた。

## 8. 今後の展望

今回、15名のみの実験結果であったため今後さらに被験者の人数を増やし実験を行う。また、脳血流測定装置の解析を行った結果を含め、実際に空間の形状が脳活動にどういった影響を及ぼしているのかを明確にする。

本研究では、情報処理作業に当たる四則演算の作業時間を最小の時間ともいえる15分間で実験を行ったが、今後は情報処理作業を長くし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作業に着目して実験を行ったが、より高次な知的活動である知識処理、知的創造の活動にも着目し検討を進める予定である。

本研究では、ブース空間の形状が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した。今後は、細部をも解析し、性別による差異やアンケート結果の因子分析などを行うことで、さらに詳しいデータを求めていく必要がある。また、脳科学の手法を用いることで、人と建築空間のデザインによる関係性を調査し、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。本研究における実験環境は、ブース空間を想定して行った。今後、物的環境デザインの要素に着目し、どのような空間デザインが人の知的活動を支援するのか、環境デザインの観点から明らかにしていく予定である。

本研究は、平成27-29年度科学研究費補助金・基盤研究(B)(課題番号:15H02880)「人の知的活動を支援する環境デザインの研究」の一部として実施された。

## 【参考文献】

- 1) 公益財団法人 日本生産性本部 「労働生産性の国際比較」
- 2) 山口 健太郎「サービス付き高齢者向け住宅の建築計画」都市住宅学 2016(93), 64-67, 2016 公益社団法人都市住宅学会
- 3) 前村和貴子、栗木一郎、松宮一道、塩入諭「ヒト視覚野におけるユニーク色と枢軸色の脳活動パターン解析」映像情報メディア学会技術報告 = ITE technical report 41(9), 29-32, 2017-03
- 4) 『「人にやさしい空間」の研究(その 19) : 背景音が知的活動に与える影響』佐藤 優衣, 加藤 和夫, 菅原 研, 鈴木 和憲, 石川 敦雄 学術講演梗概集. D-1, 環境工学 I, 室内音響・音環境, 電磁環境 2009, 87-88, 2009-07-20
- 5) 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」日本建築学会計画系論文集 81(720), 293-301, 2016
- 6) 「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
- 7) 一志 哲夫、渡邊 朗子、馬場哲平「ブース空間における色彩が情報処理活動に与える影響」日本オフィス学会誌 第9巻 第1号 Apr. 2017 pp18-25

\*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 博士(学術) 一級建築士