

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：32678

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12866

研究課題名(和文)脳血流計測によるデザインプロセス研究のための実験タスクの考案

研究課題名(英文) Designing an experimental task for research of design processes by measuring cerebral blood flow

研究代表者

永盛 祐介 (Nagamori, Yusuke)

東京都市大学・メディア情報学部・准教授

研究者番号：70553931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：デザイン活動をテーマとして脳血流を計測する際の実験タスクは、単純化されたタスクを繰り返し行い、その際の脳血流変化量の平均を比較する方法だけで無く、より実際的なデザインタスクを単体で課し、脳血流を計測することも可能である。ただしその際の分析は多数の被験者・複数回の試行に伴う脳血流変化量を平均化して比較する手法では無く、タスクに内包されるイベントと脳血流の上昇・下降に着目した分析を行うことが可能であり、それにより、より豊富な考察を得ることが可能であることが示唆された。またイベントの回想にはアイトラッカーにより計測された注視点データが有効であり、より効率的に意味づけを行うことができる事が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

デザイン活動をテーマとして脳血流を計測する際の実験タスクは、より実際的なデザインタスクを単体で課し、脳血流を計測することも可能である。その際の分析は、タスクに内包されるイベントと脳血流の上昇・下降に着目した分析を行うことが可能であり、それにより、より豊富な考察を得ることが可能であることが示唆された。今後は本研究により得られた手法をもちいることにより、デザインタスクに伴う脳血流への影響、より抽象化するとデザインタスクに伴うストレスの上昇と下降の検討が可能になるかもしれない。これが可能になるとデザインのツールや環境の評価への応用が可能になるだろう。

研究成果の概要(英文)：The experimental task for measuring the cerebral blood flow associated with design activities is not limited to the method of repeating a simplified task and comparing the average cerebral blood flow changes. It is possible to measure cerebral blood flow by imposing more practical design tasks. However, the analysis at that time is not a method of averaging the changes in the cerebral blood flow of many subjects and comparing them. It is possible to perform an analysis focusing on the relationship between the events included in the task and the rise/fall of cerebral blood flow. It was suggested that it would be possible to obtain more rich consideration. In addition, it was suggested that the gazing point data measured by the eye tracker is effective for the recollection of the event, and the meaning can be made more efficiently.

研究分野：デザイン

キーワード：デザイン NIRS 脳血流計測 アイトラッカー

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

著者はこれまで、人間の創造的活動を解明するため、その一つであるデザイン活動を、脳血流における酸素化ヘモグロビン濃度などの生理的な面から検討し、アイデアの発散や収束、ひらめきといった事象が発生する瞬間を定量的な生理反応として計測し、その計測データと被験者属性、既往の脳機能マッピング研究との比較を行う研究①②③④⑤を行ってきた。一例を挙げると、fMRI 内において著名なペンのデザインを閲覧し、その後ペンのデザインを行い、被験者属性によって比較する研究②、レゴブロックによる椅子デザイン課題を行い、被験者属性によって比較する研究④、幾何図形を組み合わせてデザイン的解決策を考える Finke の創造性テスト⑥を取り入れ、手描きと CAD を比較した研究⑤を行った。②の研究では、ペンの画像を見た後に、新たなペンをデザインする課題を行った際に、デザイン教育を受けた経験の有無を比較した場合、経験者の前頭前野の活動の左右差が大きいことが見いだされた。④の研究では、デザイン教育を受けた経験の有無を比較した場合、経験の有る被験者は、無い被験者と比較してタスクの性質の差に対する脳活動の差が小さいことが確認された。⑤の研究は、④の研究を行った際の脳血流の解析方法をより精緻化するために行った物であり、体動や拍動に伴うノイズの除去に細心の注意を払いつつ、Finke の創造性テストを行う際に、手描きと CAD を用いた場合でどのような差が脳血流に見られるかを検討したものである。CAD を用いた際に右前頭部のより広範囲で脳活動が上昇する傾向が見られた以外に、有意な差は認められなかったものの、ノイズの除去については一定のノウハウが得られたと実感している。

①②③④⑤の研究において、様々な成果が得られ、デザイン活動を脳活動の面から検討することに手応えを得ることが出来た。しかし、②については fMRI においては高精度で脳血流の計測が可能であるが拘束性が高い、④については課題設計とノイズの除去への注意不足、⑤については幾何図形を用いた Finke の創造性テストと、実際のデザイン活動の間の乖離があるなど、それぞれの研究に反省すべき点がある。

②の fMRI の拘束性の問題については④で NIRS を用いたこと、④のノイズの問題については⑤にて解決の目処が立ち手応えを得ているところではあるが、⑤についてはタスクと実際のデザイン活動との乖離に問題が見られる。この問題を解決するためには、脳血流計測に適しており、なおかつ実際のデザイン活動との乖離が少ない実験タスクを考案することが必要であると考えていた。

### 2. 研究の目的

申請者は人間の創造的活動の解明のため、その一形態であるデザイン活動に着目し、デザイン活動を模したタスクを行う際の脳血流を計測し、被験者の属性や、ツールの違いによる脳血流の差異について検討してきた。デザイン活動を行う際の脳血流を計測するにあたり、拘束性の問題、ノイズ除去の問題などの解決を積み重ねてきたが、デザインを模したタスクと実務的なデザイン作業の乖離についての検討の必要性を実感しているところであった。本研究は脳血流計測における実務のデザインと近似した実験タスクはどのようなものなのか、その結果をどのように分析するかを検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験タスク

これまでの研究では脳血流計測にノイズを与えないため、実際のデザインタスクの一部を模した単調な同一時間タスクを反復し、平均化するものが主であったが、今回はより実務的なデザイン行為を再現した、レイアウトタスクを設計した。予備実験を行った結果、実際のデザインタスクを行った場合でも、脳血流計測に与えるノイズは少ないと判断した。またデザイン行為においては被験者間にタスク時間にばらつきが生じるが、脳血流計測で観測された Oxy へモグロビン上昇量の合計をタスク時間で割る、あるいは上昇量の合計では無く、タスクの内容と Oxy へモグロビン変化のトリガーを検討する事により、タスク内のイベントと脳血流の関係を見いだそうとした。

レイアウトタスクでは実際の A4 のチラシのデザインを行う。素材はタイトル、サブタイトル、本文 1000 文字程度文章データ、写真素材 10 枚、ソフトウェアはプロのデザイナーが実際の業務で用いる Adobe Illustrator を採用した。図 1 に実験の様子を示す。被験者はグリッドを用いたグリッドレイアウトタスク (図 2) と、グリッドを用いないフリーレイアウトタスクを行った。



図 1 実験の様子

グリッドとは、デザイナーが用いるレイアウト技法である。紙面をマス目上に区切り、それに沿ったレイアウトを行うデザイン技法である。グリッドにより制約することにより、均整の取れたレイアウトを実現できるとされている⑦。一方でフリーレイアウトタスクではこのような制約をせず、白紙の状態からデザインを行った。

また、体動の影響を引き算するためのコントロールタスクとして、自らが作成したグリッドレイアウト、フリーレイアウトを再現するタスクを、それぞれのレイアウトタスクの後に行った。これらはデザイン行為以外にともなう、体動などの影響を引き算するために行った。

タスクとタスクの間には 30 秒の閉眼を挿入した。ベースラインとなる安静時の脳血流を計測するためである。



図 2 グリッドレイアウト画面

(紙面の丸はアイトラッカーによる注視点であり、被験者には見えない)

### (2) 脳血流計測

脳血流は NeU 社製ウェアラブル光トポグラフィ (NIRS) 装置 WOT-100 を用い 5Hz で計測した。計測部位は図 3 の通りである。10 カ所を計測し、15ch と 9ch がそれぞれ、高次脳機能をつかさどる Fp1 部と Fp2 部 (前部前頭葉部) に該当する。チャンネル数は計測ソフトウェアの表示に従い記載したため 7ch から開始される。

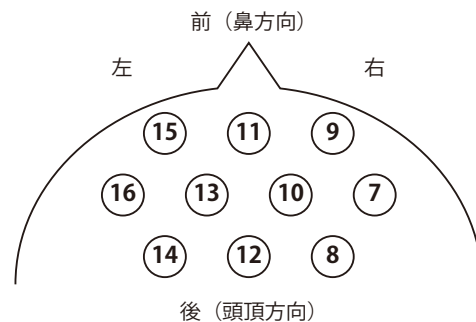


図 3 計測部位

15ch が Fp1, 9ch が Fp2 に相当

### (3) 視線計測

被験者のデザイン行為をより詳細に分析するため、Tobii 社製 Tobii Pro Nano を用いて注視点を 60Hz で計測した。これにより、注視点に基づいたタスク状態 (何を見て、何を行っているのか、何を考えているのか) を推定できるようにした。これらの計測により、タスク状態と脳血流の関係について検討をした。

### (4) 被験者

Adobe Illustrator の操作を理解している被験者 1 名、それに加えグラフィックデザイナーとしての業務経験がある被験者 1 名とした。本研究は多数の被験者に同一タスクを課し、脳血流変化量を平均化して比較する手法に加え、デザインのプロセスと脳血流変化の関係を見いだすこととした。

## 4. 研究成果

### (1) 解析対象

NIRS によって計測できるデータには酸素化ヘモグロビン変化量 (oxyHb)、脱酸素化ヘモグロビン変化量 (deoxyHd)、それらの合計ヘモグロビン変化量 (totalHb) があるが、局所的な脳血流変化に最も反応が大きいとされる oxyHb とした。

### (2) 線形ベースライン補正

oxyHb のベースラインは経時に伴う疲労により全体的に脳血流変化量が低下するなど生理的なゆらぎが生じ、タスクによる脳血流変化が埋没する可能性がある。これを解消するため、タスクごとに、タスクの直前 30 秒を Pre-task 期間、タスク直後 30 秒を脳血流変化がベースラインまで回復する Post-task 期間とし (図 4)、Pre-task 期間と Post-task 期間の oxyHb の平均値を結ぶ直線を oxyHb のベースラインとする線形ベースライン補正を行った (図 4)。

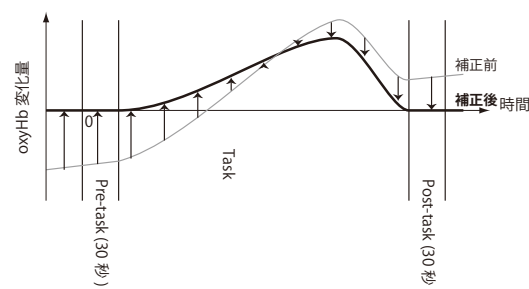


図 4 線形ベースライン補正概念図

### (3) タスク別・被験者別 0.2 秒ごとの oxyHb 変化量平均

タスク別・被験者別に、補正済 oxyHb 変化量の合計をタスク時間で割り、0.2 秒あたりの oxyHb 変化量の平均を算出した。0.2 秒という数字は WOT-100 の最大計測分解能である。被験者 1 はグラフィックデザイナーの実務経験のある被験者で、被験者 2 は Adobe Illustrator の使い方は習得しているが、実務経験の無い被験者である。

正の値はベースラインと比較して上昇、負の値は減少傾向を表す。タスクと被験者に共通した

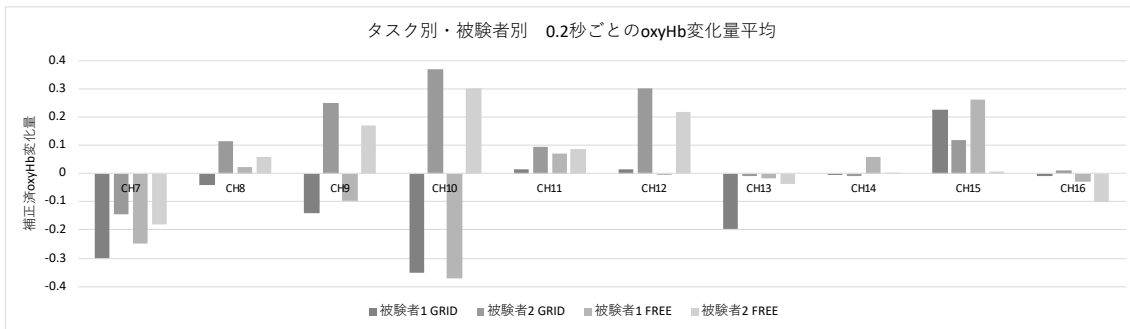


図 5 タスク別・被験者別 0.2 秒ごとの oxyHb 変化量平均

傾向としては、右端にあたる Ch7 は低下、Ch11, 15 は上昇、Ch13 は低下傾向を示した。タスクで共通している傾向は Ch12 において「グリッド < フリー」となった。被験者に共通している傾向は、Ch7, 8, 9, 10, 12 において「被験者 1 < 被験者 2」、Ch15 において「被験者 1 > 被験者 2」となった。特にデザイン行為を含む高次脳機能をつかさどる Fp1 部に該当する Ch15 と、Fp2 部に該当する Ch9 に着目してみる。Fp1 と Fp2 について、経験の差が、タスクに対する脳血流の差として顕れやすいことは、著者の先行研究①③④などにおいても示唆されている。本実験においても同様の傾向が見られた。

#### (4) タスク状態と脳血流の関係の検討

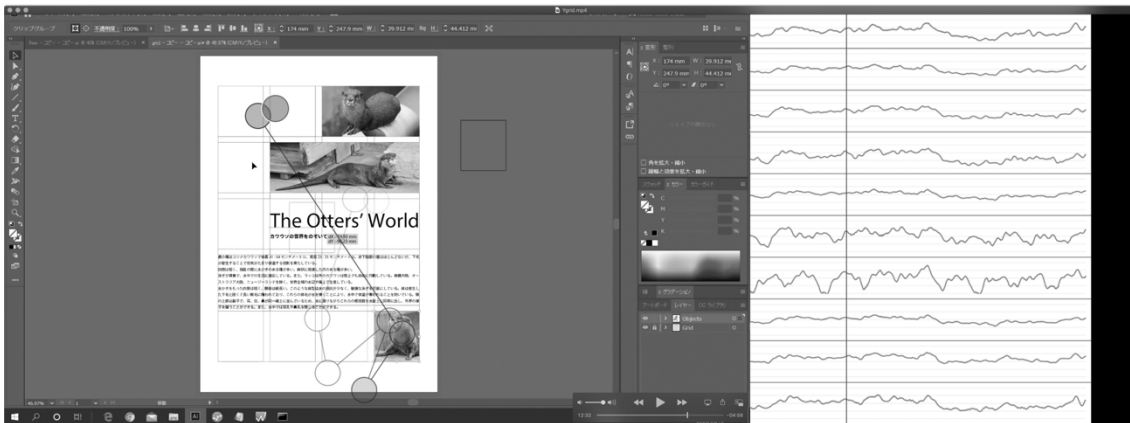


図 6 タスク画面と補正済 oxyHb グラフが同期された動画例(グラフは上から Ch7, 以降は降順)

タスク状態と脳血流の関係の検討を行うため、作業画面のスクリーンキャプチャに注視点がオーバーレイ表示された動画(図 6)と、補正済み oxyHb グラフが同期して表示される動画を作成し、被験者へのインタビューを交えながらタスク状態と脳血流の関係を検討した。10 秒以上補正済 oxyHb が上昇または下降トレンドを示したタスク内のイベントとチャンネルについて記録した。本稿ではその結果の概要について報告をする。

全体としては、フォントの種類、サイズを選択、写真の選択、レイアウトの調整の過程においては、Fp1・Fp2 を含めた周辺のチャンネルの上昇が認められた。また、選択や調整が完了しそれを確認する過程において、同様のチャンネルの下降が見られた。これらはタスク・被験者問わず共通した傾向であった。

特に上昇が大きかったのは被験者 2 において、フォントの選択の場面であった。被験者 2 はグラフィックデザイナーとしての経験が無い被験者で、なおかつ Adobe Illustrator のフォントリストは表示にタイムラグがあり、スムーズに表示が行われない中、膨大な数のフォントから検索して選択する必要があるため、心理的な負荷が大きいと推測される。

ただし、例外的にレイアウトの最終調整の段階では、全体的に下降傾向を示すことがあった。これについてはインタビューから「理想的な結果が見えている状態でのレイアウト調整局面である」というコメントが得られた。

#### (5) 考察

本研究の目的は脳血流計測における実務のデザインと近似した実験タスクはどのようなものなのか、その結果をどのように分析するかを検討した。

今回は様々な検討から、実際的なテーマを設定し、素材を用意したレイアウトタスクでも脳血流の計測が可能であると判断した。実際に作成されたデザインも、著者のこれまでの研究とは異なり、プロダクトクオリティのアウトプットが示され、実際のデザイン作業と差が無いと考える。

一方でこのような実験を行うにはそもそもデザインができる被験者が必要であり、なおかつ長時間の計測になるため、多人数から得たデータを平均化して比較すると言った方法には適していないことが明らかになった。

そこで、本研究では 2 つの異なるアプローチで脳血流計測の結果とタスクの関連性について検

討した。1つはタスク全体の変化量を合算し、経過時間で割り、全体としての変化量を見ると言ったアプローチで、著者がこれまで行ってきたアプローチである。この方法についてはFp1・Fp2はタスクの差の影響を受けやすいといったこと以外に顕著な成果は得られなかった。

もう1つは、個々のイベントと脳血流変化量の上昇と下降に着目した解析方法である。この方法により明らかになった事は、ひとつひとつの脳血流変化量の上昇と下降に伴うイベントに、実験者または被験者自身による意味づけが可能であり、より詳細な脳血流変化のトリガーを見いだすことが可能ということだ。本研究においてはストレスがかかると想定されるイベントでは上昇が認められ、一定の成果が得られたと判断されるイベントでは下降が認められた。また、デザインのゴールが見えてきた状況では全体的に下降傾向が認められた。

#### (6) 結論

デザイン活動をテーマとして脳血流を計測する際の実験タスクは、単純化されたタスクを繰り返し行い、その際の脳血流変化量の平均を比較する方法だけで無く、より実際的なデザインタスクを単体で課し、脳血流を計測することも可能である。ただしその際の分析は多数の被験者・複数回の試行に伴う脳血流変化量を平均化して比較する手法では無く、タスクに内包されるイベントと脳血流の上昇・下降に着目した分析を行うことが可能であり、それにより、より豊富な考察を得ることが可能であることが示唆された。またイベントの回想にはアイトラッカーにより計測された注視点データが有効であり、より効率的に意味づけを行うことができる事が示唆された。今後は本研究により得られた手法をもちいることにより、デザインタスクに伴う脳血流への影響、より抽象化するとデザインタスクに伴うストレスの上昇と下降の検討が可能になるかもしれない。これが可能になるとデザインのツールや環境の評価への応用が可能になるだろう。今後はそのような応用ができるレベルにまで精緻化させた研究を進めていきたい。

#### <引用文献>

- ① 永盛祐介 他「NIRSによる創造的行為時の脳血流の計測」, デザイン学研究. 研究発表大会概要集 (54), 334-335, 2007.
- ② Kowatari Y, Lee SH, Yamamura H, Nagamori Y, Levy P, Yamane S, Yamamoto M., “Neural networks involved in artistic creativity.”, Human Brain Mapping, May; 30(5):1678-90, 2009.
- ③ 永盛祐介 創造的活動における脳血流変化の特性, 筑波大学大学院人間総合科学研究科感性認知脳科学専攻博士論文, 63 ページ, 2009.
- ④ 永盛祐介 他「ブロックによる椅子模型制作時の脳活動の分析」, 日本感性工学会論文誌, 第9巻1号, pp.51-60, 2009.
- ⑤ Takeo Kato, Shogo Otagiri, Yusuke Nagamori, Yuichi Izu. Comparison of Hand and Computer Drawings Using Near-infrared Spectroscopy, 6th International Kansei Engineering and Emotion Research Conference. 2016. 10 pages (USB)
- ⑥ Finke, R. A. Creative imagery: Discoveries and inventions in visualization. Psychology Press, 1990.
- ⑦ Josef Muller-Brockmann, “Grid Systems in Graphic Design/Raster Systeme Fur Die Visuele Gestaltung”, Arthur Niggli, 1996.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----