

2021 年度修士学位請求論文

タスク周辺への視覚刺激を用いた
PC 上タスクに対する集中度向上手法の研究

明治大学大学院先端数理科学研究科

先端メディアサイエンス専攻

桑原樹蘭

Master's Thesis

A Study of Concentration Enhancement Method
for PC Tasks Using Visual Stimuli
around the Task

Frontier Media Science Program,

Graduate School of Advanced Mathematical Sciences,

Meiji University

Juran Kuwabara

概要

我々の生活の中には様々なタスクが存在する。特に、PCの普及により現代においてレポートを書いたり、発表用の資料を作成したりといったPCを用いるタスクは多く存在している。多くの人々はこれらのタスクをできるだけ早く終わらせたいと考えている。しかし、タスクを早く終わらせるために集中してとりかかろうとしても、長く集中を継続させることが困難だと感じる人も多い。本研究では、この集中の継続が困難であるという問題に着目する。

本研究では、集中を阻害する原因として、タスクの最中に他のものが視界に入ってしまうことを考えた。例えば、調べ物をしているときに、本来の目的とは関係がない気になる記事が目に入って、作業を後回しにしてその記事を読んでしまったり、PCでの作業中にSNSの通知が現れることでその確認のために作業が中断されてしまったりといったことがある。これらのように、作業中に視界に入ってしまうことで集中の継続が難しくなることは珍しくない。集中が継続できないと仕事や作業の効率が低下してしまう。そこで本研究は、タスクの継続を支援することを目的として、タスクの周辺を視覚刺激で囲むことでタスクの存在を強調し、タスクから意識が逸れにくくすることで集中を継続しやすくなる、という仮説をたてた。このタスクを視覚刺激で囲む手法の有用性を検証するために3つの実験を行った。

まず1つ目の実験では、周辺視野の特性を考慮した実験設計で、単純なタスクを用いて6種類の視覚刺激を比較した。実験の結果、比較した刺激のうち、数字刺激、境界膨張刺激のタスクパフォーマンスが良くなっていることがわかった。しかしこの実験は、タスクにかかる時間が短いために手法間の差が小さく、タスクの範囲が狭く、日常で行うタスクとは大きく異なるものであった。そのため、日常タスクに適応できる結果を得るために、より日常で行うタスクに近い形式で、長い時間がかかるものをタスクとして用いて検証する必要があると考えた。

次に、1つ目の実験の問題点を踏まえ、より広い範囲を用いる、長時間のタスクを用いた実験を行った。この実験では、1つ目の実験で結果の良かった、数字刺激と、その派生の刺激を比較した。その結果、図形刺激においてタスクパフォーマンスが良くなる可能性が示唆された。しかしこの実験ではタスク設計に問題があり、刺激のみの要素を比較することが難しく、また実験を非対面で行ったことで実験環境が統制できなかったことによる問題が生じた。そのため、刺激同士を比較するためには難易度が一定の簡単なタスクを用いて、対面で行う必要があると考えた。

3つ目の実験では、1つ目の実験と同じ単純なタスクを用いて、対面で実験を行った。実験を行う間、実験協力者の視線がタスクから逸れていないか検証するための指標として、視線ログを計測した。刺激は数字刺激、文字刺激と暗転明転刺激の3種類で比較し、視線移動

量が小さいほうがタスクから意識が逸れにくく、集中を継続しやすくなると仮定した。実験の結果、タスクパフォーマンスが良かった暗転明転刺激は視線移動量が多くなっており、仮説とは異なる結果となった。一方で、数字刺激と文字刺激は無刺激よりも視線移動量は抑制されていた。

これらの実験の結果、行うタスクの範囲によって効果がある刺激が異なっており、範囲が狭い場合では数字刺激、広い範囲では暗転明転刺激を用いることでタスクパフォーマンスが向上する可能性が示唆された。また、数字刺激や、文字刺激の提示によって視線の移動を抑制することができており、用いることで視覚的な妨害に対応することができ、操作を必要としないタスクであれば集中に効果がある可能性も示唆された。

Abstract

There are various tasks in our daily life. In particular, with the spread of the PC, there are many tasks that require the use of a PC today, such as writing reports and preparing materials for presentations. Many people want to finish these tasks as quickly as possible. However, many people find it difficult to maintain concentration for a long period of time even when they try to concentrate on a task to finish it quickly. In this study, I focus on this problem of difficulty in maintaining concentration.

In this study, I considered the fact that other things enter our field of vision during the task as a cause of distraction from concentration. For example, while doing research, we may see an article of interest that has nothing to do with the research and read it by postponing our work, or while working on a PC, we may see a notification on a social networking service and stop our work to check it. It is not uncommon for us to find it difficult to stay focused on our work because of the things we see while working. If we cannot continue to concentrate, the efficiency of work and tasks will decrease. In the present study, I hypothesized that surrounding the task with visual stimuli would emphasize the existence of the task and make it harder to distract the user's attention from the task, thereby making it easier to maintain concentration. Three experiments were conducted to verify the usefulness of this method of surrounding the task with visual stimuli.

In the first experiment, I compared six types of visual stimuli using a simple task with an experimental design that took into account the characteristics of peripheral vision. The results showed that task performance was better for the number stimuli and the boundary expansion stimuli. However, in this experiment, the differences between the methods were small because the time required for the task was short, and the range of the task was narrow, which was very different from the task we perform in daily life. Therefore, in order to obtain results that can be adapted to daily tasks, I thought it was necessary to verify the results using a task that is similar to a task done in daily life and takes a long time.

Next, based on the problems of the first experiment, I conducted an experiment using a longer task with a wider range of tasks. In this experiment, I compared the number stimuli, which showed good results in the first experiment, with their derivatives. As a result, it was suggested that task performance could be improved with graphic stimuli. However, there were some problems in the task design of this experiment, and it was difficult to compare the factors of only the stimuli. Also, the fact that the experiment was conducted in a non-face-to-face environment caused problems due to the lack of control over the experimental environment. Therefore, I thought it was necessary to conduct the experiment face-to-face using a simple task with a constant difficulty level in order to compare the stimuli.

In the third experiment, I conducted a face-to-face experiment using the same simple task as in the first experiment, but measured the gaze log as an indicator to verify whether if the participants' gaze did not deviate from the task during the experiment. I hypothesized that the smaller the amount of gaze movement, the less likely the participants were to be distracted from the task and the more likely they were to remain focused. The results of the experiment showed that the amount of eye movement was higher for the dark-light stimuli, which showed better task performance, which was different from the hypothesis. On the other hand, the number and letter stimuli suppressed eye movement more than the no stimulus.

The results of these experiments indicated that the effective stimuli differed depending on the range of the task to be performed, suggesting that task performance may be improved by using number stimuli when the range of the task is narrow, and dark-light stimuli when the range of the task is wide. In addition, the presentation of number and letter stimuli suppressed eye movement, suggesting that the use of these stimuli can respond to visual disturbances and may be effective for concentration in tasks that do not require manipulation.

目次

第1章	はじめに	1
1.1.	集中の難しさ	1
1.2.	集中と刺激	2
1.3.	集中と視野	2
1.4.	提案手法と仮説	2
1.5.	論文の構成	3
第2章	関連研究	4
2.1.	刺激を用いない集中に関する研究	4
2.2.	刺激に関する研究	4
2.2.1.	視覚刺激以外の刺激に関する研究	4
2.2.2.	視覚刺激に関する研究	5
2.3.	視覚的な情報による感覚変化に関する研究	5
2.4.	視覚刺激を用いた集中のための手法	6
第3章	視線固定タスクにおける視覚刺激提示実験	7
3.1.	実験概要	7
3.1.1.	用いるタスク	7
3.1.2.	提示する視覚刺激	8
3.1.3.	実験システム	10
3.1.4.	実験手順	10
3.2.	実験結果	11
3.3.	考察	14
第4章	視線が動くタスクにおける視覚刺激提示実験	16
4.1.	実験概要	16
4.1.1.	用いるタスク	16
4.1.2.	提示する視覚刺激	16
4.1.3.	実験システム	17
4.2.	実験結果	18
4.3.	追実験	22
4.3.1.	実験概要	22
4.3.2.	実験結果	22
4.4.	対面実験	25
4.4.1.	実験概要	25

4.4.2.	実験結果.....	25
4.5.	考察	28
第 5 章	視線固定実験における視線ログ取得実験	29
5.1.	実験概要.....	29
5.2.	実験結果.....	30
5.3.	考察	35
第 6 章	全体の考察	37
第 7 章	おわりに	38

第1章 はじめに

1.1. 集中の難しさ

我々は日常生活のなかで様々なタスクを抱えており、しばしばそれらのタスクに対して集中しなければならない場面が存在する。ここで集中とはやるべきタスクに対してのみに意識を向けている状態と考える。タスクを早く効率的に終わらせたいときや、細かい動きが必要になる作業をしているとき、失敗したくないような大事な場面にあるときなどにおいては集中することは特に重要になる。しかしタスクに対して長時間集中し続けることを困難に感じる人は少なくない。ベネッセコーポレーションの調査[1]によると、学習において、人間の集中力は 40 分程度しか持続しない可能性が示唆されている。また、2020 年には COVID-19 の影響で、学校や企業などではリモートワークを行うことが増え、それに伴って PC で作業することが多くなった。しかし、リモートワークでは周囲の目が少ない分、対面で行う作業よりも集中することが難しいと感じる人が多い。実際にネクストレベルがテレワーク中の男女 300 名を対象に行ったアンケート調査[2]では、「在宅勤務中にモチベーション・集中が下がったことがあるか」という質問に対し 97.7%の人が「はい」と回答していた。このことから、多くの人が集中の継続を困難に感じていることがわかる。本研究では、この集中の継続が困難であるという問題に着目する。

集中の継続が困難である理由として、タスクの最中に別のものに気を取られることが考えられる。例えば、授業や研究に必要な情報を Web で探している最中に気になる記事を見つけてしまい、作業を後回しにして記事を読んでしまうといったことや、PC やスマートフォンでの作業をしている最中に SNS などの通知が現れることにより作業が中断され、集中の妨げになってしまうことがあげられる。これらのように、作業の最中に別のものが視界に入ってしまう、集中の継続が難しくなることは少なくない。集中を継続することができないと仕事やタスクの効率が下がってしまう。そのため、作業効率の低下を防ぐためには、集中を阻害してしまう要因の影響を軽減し、集中力を維持する必要がある。

このような問題を解決する方法として知られているものの一つにポモドーロ・テクニック[3]がある。ポモドーロ・テクニックとは、「25 分の作業+5 分の休憩」を 1 ポモドーロとし、これを繰り返す、というものである。こまめに短い休憩をとることで集中力を維持しやすくなり、効率よく作業することができる。また佐藤ら[4]の研究では、このポモドーロ・テクニックに音楽を取り入れた集中の向上手法を提案している。しかしこのポモドーロ・テクニックは、途中で中断しにくいタスクには向いておらず、どんなタスクに対しても使える手法というわけではない。

1.2. 集中と刺激

集中を向上させるために外部から刺激を与える手法に関する研究は様々なものがある。嗅覚刺激を用いたものや聴覚刺激を用いたものなどがあり、刺激の有用性が明らかになっている。しかし、これらの刺激は提示するために機材が必要になったり、個人への提示が困難であったりといった欠点がある。一方で、視覚刺激はディスプレイ上でタスクを行う際にそのタスクと同時に提示することで、他に機材を用意せずとも容易に刺激の提示が行える。そこで、本研究では視覚刺激を用いてタスクに対する集中度向上を目指す。

1.3. 集中と視野

人間の視野は大きく分けて 2 種類存在し、視界の中心にあってもものをはっきり知覚することができる中心視野と、その周辺で無意識にもものを知覚する周辺視野がある。周辺視野のなかには有効視野とよばれ、特に認知に関わっている領域が存在する。この領域は取り組む課題の種類や年齢、外部刺激などの影響で範囲が変化し、複雑な課題時には狭窄することが三浦ら[5]の研究で明らかになっている。周辺視野の特性に関する研究は多くなされており、中心視野と比較して視力や細かい認識能力の面では劣っていることがわかっている[6-8]。一方で、中心視野と比較して運動や明るさの知覚では優れており[9-12,14,15]、視覚情報の処理が無意識的に行われるために目の疲労度が少ないこともわかっている[13]。また、中心視野と周辺視野の運動知覚能力が異なることで、錯覚現象が起こりやすいとされている[16]。

高橋ら[17]の研究では、この周辺視野に着目し、周辺視野に時間経過で輝度が減衰する視覚刺激を提示することで集中時の視野の狭窄を再現し疑似的に集中状態をつくる手法を提案した。減衰する刺激を提示する場合と、減衰しない刺激を提示する場合と無刺激の場合とでタスクのパフォーマンスを比較したところ、刺激の減衰の有無に関わらず、刺激を提示するとタスクのパフォーマンスが向上する可能性が示唆された。この結果から、減衰しない単純な視覚刺激を用いた場合でも集中力向上に効果があるのではないかと考えられる。また、集中し始めるまでの時間には個人差があるため、減衰するタイミングを考慮する必要のない単純な刺激でも効果がみられれば、手法の汎用性は高くなるのではないかと期待される。

1.4. 提案手法と仮説

以上を踏まえて、本研究の目的は視覚刺激をタスクと同時に提示することで、そのタスクへの集中の向上を支援する手法の実現である。タスクに対する集中を継続させるには、タスクから意識を逸れにくくすることが重要である。そこで著者は、タスクの周辺を囲うように視覚刺激を提示することで、タスクの存在が強調されタスク外に意識が逸れにくくなるのではないかと考えた。本研究では、このタスクを囲む手法の有用性について調査するため、

実験により検証を行った。また、この手法は PC を用いた環境で用いることを想定しているため、手法の検証を行うために、PC タスクを視覚刺激を提示しながら行う 3 つの実験を行った。

まず 1 つ目の実験では、単純な刺激でタスクパフォーマンスが向上するのかを検証するために、画面の中心の一点を注視するタイプの単純なタスクを用いて実験を行った。刺激の提示範囲は先行研究に倣って周辺視野範囲に固定し、視覚刺激 6 種類を提示した場合と無刺激の場合とで比較することで、視覚刺激の有用性を検証するとともに、集中の向上に効果的な刺激の特徴を調査した。

2 つ目の実験では、視線が動き回るタイプのタスクを用い、視覚刺激が視界に入ってくるタスクを行う場合、無刺激と比較して視覚刺激がタスクパフォーマンスにどのような影響を与えるのか検証を行った。

3 つ目の実験では、タスクを行っている最中の視線ログを計測することで、刺激の提示によって視線の動きにどのような違いが出るのか検証を行った。

これらの 3 つの実験により視覚刺激を提示する手法が集中度向上に有用であるか検証する。

1.5. 論文の構成

本稿は、本章を含む全 7 章から構成される。まず本章で集中することの困難さについて述べた。第 2 章で関連研究について述べ、本研究の位置付けを明確化する。第 3～5 章で上記 3 つの実験とその結果について述べ、第 6 章で実験結果に基づく全体的な考察を行い、今後の展望についても述べる。最後に第 7 章で本稿のまとめを行う。

第2章 関連研究

2.1. 刺激を用いない集中に関する研究

集中度を定量化する研究は様々なものがある。小濱ら[18]の研究では眼球運動の解析を行い、マイクロサッカード(眼球の速く細かい動き)の特性を指標とした視覚的な注意を定量的に測定する手法を提案している。Yokoi ら[19]の研究では、脳波や心拍数を測定し、TV 番組のクライマックスに近いタイミングでコマーシャルブレイクを視聴させると視聴者の集中力が低下し、ワーキングメモリの負荷が高まる可能性が示唆されている。Ryumina ら[20]の研究では、乳幼児を撮影した映像ファイルから視線の動きや固定を自動解析して、目の前の対象に対して集中している時間を算出するシステムを開発している。

2.2. 刺激に関する研究

2.2.1. 視覚刺激以外の刺激に関する研究

ここでは視覚刺激以外の刺激に着目した研究について述べる。阿部ら[21]の研究ではBGM が商業施設の雰囲気を変える効果や、イメージを誘導する効果を持つことに着目し、BGM のテンポの違いが作業効率に与える影響を調査した。実験の結果、作業の種類によって快適なテンポがあり、それを超える速さではミスを生発する可能性があることが示唆された。新沼ら[22]の研究では、音楽を聴いて作業を行った時の作業に与える影響を調査した。実験の結果、有意味日本語歌詞音楽が流れる環境では無音環境下より回答数と正答数があり、有意により成績となっており、集中力や読解課題を解く速度にマイナスの影響を与えていることがわかった。また、計算課題においても解く速度や正確性、実験に対する気持ちの状態、集中力にマイナスの影響を与えていることがわかった。Goran ら[23]の研究では、ホワイトノイズを流すことによって、注意力が散漫な児童の学習効果が高まることを明らかにしている。しかし、普段から注意力が散漫ではない児童に対してホワイトノイズを聞かせることで学習効果が低くなってしまいうことも明らかになっている。Attarha ら[24]の研究では、ホワイトノイズが耳鳴りの症状を悪化させる恐れがあることを示している。宮浦ら[25]の研究では、嗅覚刺激を利用して作業に集中する作業支援手法を提案している。実験において、心拍数のゆらぎからユーザの集中度を判断し、集中度が下がったときに集中度を高める匂いを出すことで作業のエラー率が下がっており、手法が有用であることが確認されている。上田ら[26]は、簡単なタスクを連続して行い、回答時間の分布から回答者の集中が維持できている時間の割合を評価し、オフィスの室温などの環境変化との関連性を調査している。杉浦ら[27]は、独自の評価表を用いてオフィス環境の満足度と作業効率を主観評価してもらうことで環境の改善点を発見するための手法を提案している。

これらの研究からわかるように、聴覚や嗅覚など、外部からの刺激は、よくも悪くも集中に大きく影響する可能性があるため、実験の際には視覚刺激以外の刺激をできるだけ除外して行う必要がある。

2.2.2. 視覚刺激に関する研究

視覚刺激を提示することで感覚を操作する研究は多く存在する。Jones ら[28]は、ディスプレイ外にプロジェクターで映像を提示することで臨場感や迫力を変化させている。Borin g ら[29]の研究では、メイン映像を出力しているディスプレイの周辺に解像度を下げた映像を提示することで、大型のディスプレイを使用しているような感覚を得られることがわかっている。松井ら[30]の研究では、PC 作業中に周辺視野に定期的に刺激を提示することで体感時間を操作する効果の検証を行っている。その結果、直前に提示した視覚刺激と作業時に提示した視覚刺激の提示速度の変化量によって体感時間が変化することを明らかにしている。また、福地ら[31]の研究では、PC での映像コンテンツ視聴時の周辺視野部分に動的に変化する錯視図形を提示することで視聴体験の拡張を行うシステムの実装を行っている。これらの研究では、視覚刺激の有用性を示している。

一方で、鎌田ら[32]の研究では、記憶タスク中においてディスプレイ外の視界に刺激を提示することで集中力の低下がみられるか検証している。その結果、刺激の排除が集中維持に有効であり、集中度の低下度合いは視覚妨害刺激の種類による明確な傾向はみられず、個人の趣向などの複雑な要因によって変わる可能性が示唆された。本研究の提案手法は、ユーザの作業の邪魔にならないようにしつつ集中の向上を目指すものである。

2.3. 視覚的な情報による感覚変化に関する研究

認知負荷を上げることで感覚を変化させる研究は多く存在する。Wang ら[33]の研究では、オンライン学習に用いる教材のメディア形式によって学生の行動パターンが異なり、比較手法の中でビデオを用いる形式において特に作業記憶などの認知的負荷が多く、学習パフォーマンスが不十分であったことを明らかにしている。Buffardi ら[34]は、同じ時間であってもその時間内に存在する刺激の数が多いほど体感時間が長くなる充実時間錯誤（filled-duration illusion）という現象を発見している。また、田山ら[35]は、この充実時間錯誤が視覚刺激でもみられることを確認し、刺激が静止しているときよりも動いているときのほうが知覚時間が長く、刺激の提示時間が長いほどその傾向が顕著になることを実験により明らかにしている。Harrison ら[36][37]の研究では、プログレスバーの上にアニメーションを表示することで体感時間が変化し、進行方向と逆方向に減速して動く縞模様や点滅のアニメーションにおいて特に体感時間が短縮していることを明らかにしている。Jess ら[38]の研究では、一般的なプログレスバーとインタラクティブな要素を設けたロード画面で比較する

実験を行い、インタラクティブな要素を付与することで体感時間が短縮できることが明らかになった。プログレスバーの色はほとんど体感時間に影響しないことを明らかにした研究も存在する[39]。Kagawa ら[40]は直感的絵文字コメントと呼ばれる、ハートや音符などの感情を表すイラストを動画コンテンツに埋め込むことで、動画に対する印象を増幅させている。岡谷ら[41]は、ユーザの視線がディスプレイ上の任意の点に注目したときに、その奥行きにフォーカスされた映像を提示することで奥行き感を強化する手法を提案している。Tamura ら[42]はユーザの視線に追従して集中戦やモザイクなどのエフェクトを動画コンテンツに重畳して提示することで視聴体験を拡張する手法を提案している。Mantiuk ら[43]は3D空間上において視写界深度を視線位置に応じて変化させることで印象を変化させている。Park ら[44]の研究では周辺視野への適切な視覚刺激提示が人間の姿勢制御に影響を及ぼすことを実験から明らかにした。

これらのように視覚刺激は様々な有用性が明らかになっており、本研究では視覚刺激によってタスクに対する主観集中度の向上を目指している。本研究の目的は拡張体験をもたらすことではないが、手法によって集中できているという実感が得られるのであれば集中向上手法として有用と思われる。

2.4. 視覚刺激を用いた集中のための手法

橘ら[45]の研究では、内側に向かう縞模様などを用いて視線をタスク側に誘導することで集中度を向上させるための作業用壁紙を提案している。この手法は実験によって有用性が明らかになっているが、刺激の提示範囲が広く、タスクの提示できる範囲が狭いという問題点がある。高橋ら[46]の研究では、周辺視野の視野特性を考慮し、周辺視野に提示した縞模様が外側に広がっていき、時間経過で輝度値が下がって見えなくなっていく減衰型の刺激を用いることで集中状態に入ることができる可能性が示唆されている。山浦ら[47]の研究では、アイトラッカーを用いて、視線に追従して周辺視野領域をぼかすことで情報を削減し、知覚鋭敏化を抑止する手法を提案しており、実験により有用性が示唆されている。本研究の手法は、他の機材を必要とせずにPCを使う環境だけで刺激を提示するものである。南里ら[48]の研究では、タスク終了時間が近くなったタイミングでカウントダウンを提示することで、「カウントダウンが終わるまでに終わらせよう」と思うように働きかけ、再集中を促す手法を提案している。集中を促すという点で目的は同じであるが、本研究ではタスク中に刺激を提示し続けることでその間タスクの存在を意識させて集中を促すことを考えている。

第3章 視線固定タスクにおける視覚刺激提示実験

本章では、視覚刺激の効果を調査する実験について記述する。実験では、周辺視野へ視覚刺激を提示し、視線が中心で固定される単純なタスクを用いることで視覚刺激の効果を検証する。（図1）

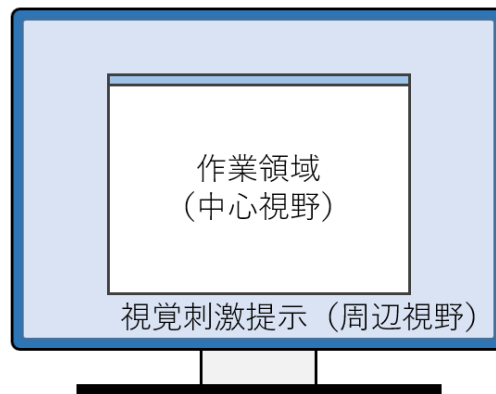


図1 手法のイメージ

3.1. 実験概要

周辺視野範囲に刺激を提示することで集中力が向上するかを調査するために実験を行った。仮説としては、高橋ら[17]の行った減衰する刺激を用いた実験と同様に、視覚刺激提示条件のほうが無刺激と比べ、タスクのパフォーマンスが向上すると考えた。本実験では、タスクを行っている間に周辺視野範囲に刺激を提示する場合と無刺激の場合でのタスクのパフォーマンスを比較した。

3.1.1. 用いるタスク

先行研究では、間違い探しや100マスタスク[46]、マウス入力による計算タスク[17]などのタスクを用いて、視覚刺激の影響を調査しているものがある。しかし、間違い探しタスクはその難易度に大きく差があり、タスクのパフォーマンス測定には適していない可能性がある。また、計算タスクは、結果が各実験協力者の計算能力に左右されるため、視覚刺激の影響を調査する際のタスクには適していないと考えられる。これらのことから、実験用のタスクは実験協力者ごとの能力差に依存しない単純なものが望ましいと考え、設計した。また、周辺視野範囲のみの刺激提示をするにあたって、タスクに取り組んでいる途中で視線が刺激の方に向いてしまうことを避けるために、視線が移動しにくく、中心に固定できるタスクを選定した。

これらの条件から、画面の中心に無作為に表示される上下左右の4方向を指す矢印と同じ向きの方向キーを連続して入力するタスクを用いた。このタスクでは、視線を中央の矢印に固定したまま、手元のキーボードを見ないままでもタスクを進行でき、キーボード入力の得手不得手や能力に依存しにくいものになると期待される。

3.1.2. 提示する視覚刺激

本実験で用いる刺激は、筆者が事前に作成した20種類の視覚刺激のなかから、4人を対象として行ったプレ実験において所要時間が特に短いものと長いものをそれぞれ3種類ずつ選定し、無刺激を含めて計7種類を比較対象として用いた。選定された7種類の刺激はすべて白と黒のみを用いて設計した。以下に刺激の特徴について述べる。（図2～7）

- 無刺激：刺激を表示しないパターンであり、タスク範囲の周辺に黒背景を表示するもの
- 数字刺激：タスク周辺範囲に0～9の数字を60fpsで無作為に入れ替えながら位置固定で提示するもの
- 輝度変化刺激：タスク周辺範囲に○, ×, △, □の4種類の図形を60fpsで輝度値を無作為に入れ替えながら位置固定で提示するもの
- 境界膨張刺激：タスク範囲と刺激提示範囲の境界（中心視野と周辺視野の境界）が白く膨張するもの
- 図形上昇刺激：一列に並んだ白い丸が画面の下から上へ移動し、画面外に出るとまた下から出現するもの
- 暗転明転刺激：画面が左から右へ黒と白で交互に塗りつぶされ、それを繰り返すもの
- 瞬間的円形刺激：刺激範囲に無作為な位置と大きさの白い円が瞬間的に出現するもの

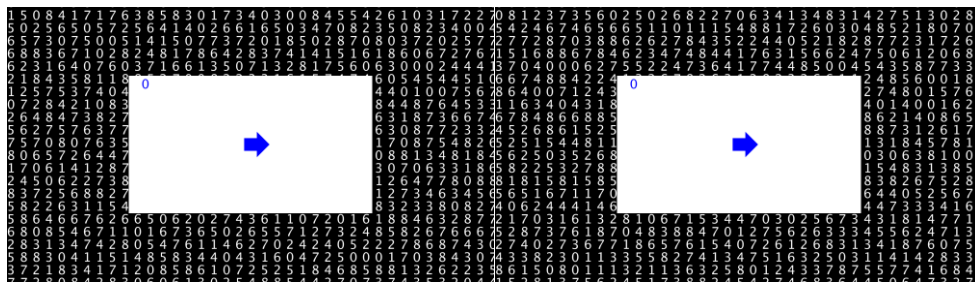


図2 数字刺激

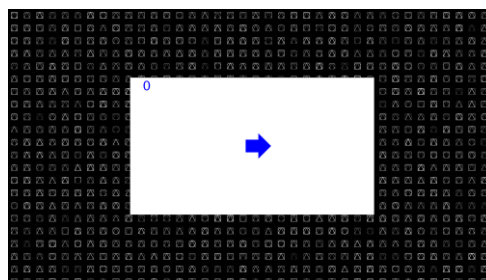


図3 輝度変化刺激

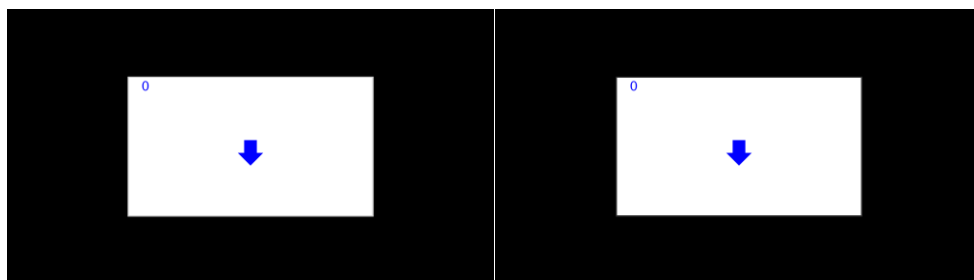


図4 境界膨張刺激

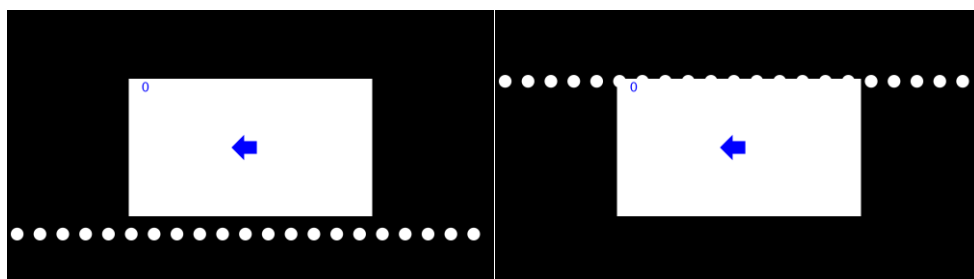


図5 図形上昇刺激

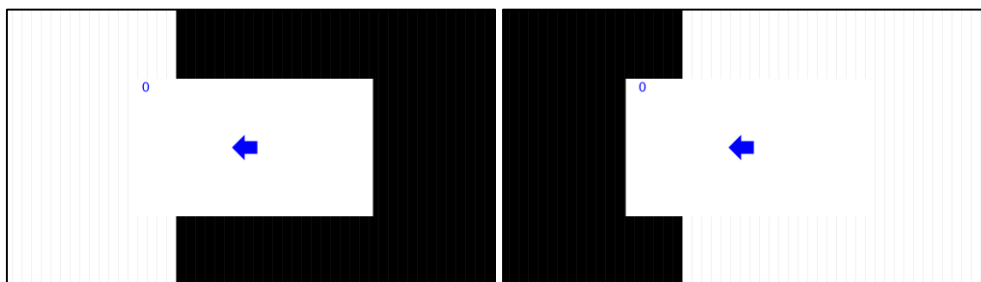


図6 暗転明転刺激



図7 瞬間的円形刺激

3.1.3. 実験システム

実験用のプログラムは Processing を用いて実装した。実験協力者がプログラムを起動すると、まずディスプレイ上に待機画面が表示される（図 8）。この画面で Enter キーを押すことでタスクと視覚刺激が提示され、実験が開始される。実験協力者は画面の中心に提示される矢印を見てその方向に応じてキーボードの方向キーを入力する。回答の正誤に関わらずキーを押すと次の矢印が提示され、方向キーを押したタイミングでの問題数、正解数、エラー数、経過時間をプログラム内で記録した。指定した問題数を終えたタイミングでプログラムが自動で終了し、データが CSV ファイルに保存されるようにした。



図 8 タスク前の待機画面

3.1.4. 実験手順

実験協力者には、着席した状態で周辺視野に視覚刺激を提示しながら、ディスプレイに提示されるタスクを行ってもらった。また、外部の聴覚刺激の影響を減らすため、ノイズキャンセリング機能のついたヘッドホンを装着してもらった。ただし、音は流さずに無音とした。実験協力者には実験の間、メガネ型ウェアラブルデバイス JINS MEME ES[49]を装着してもらい、瞬目数の測定を行った。なお、モニターに FlexScan SX2762W、キーボードに REALFORCE 104UG-HiPro YK2100 を使用し、モニターの解像度は 1920×1080 とした。入力タスク 1 試行あたり 100 問を正解するまで行ってもらい、1 試行を終えるごとにアンケートに回答してもらった。アンケートの内容は主観集中度に関する 1 項目と、主観疲労度に関しての 7 項目であり、主観集中度は 5 段階（1: できなかった～5: 集中できた）、主観疲労度は 4 段階（0: 激しく～3: なし）であった。また、主観疲労度に関するアンケートは SSQ（Simulator Sickness Questionnaire）[50]から眼精疲労に関する項目を引用して用いた。入力タスクに取り組んだ後アンケートに回答するという流れを 1 試行とし、これを 7 種の視覚

刺激ごとに3回ずつ、計21試行を無作為な順番で行ってもらった。実験タスクは可能な限り速く正確に行うように指示した。

3.2. 実験結果

実験協力者は20代大学生10名（男性6名、女性4名）である。実験では、刺激ごとに3回ずつタスクに取り組んでもらったが、1回目のタスクは慣れるためのものとして分析対象から除外した。実際に、1回目のタスクにかかる時間は2回目、3回目と比較すると長くなっていることが多かった。また、タスクによってエラー数のばらつきはあったものの、矢印が提示されてから200ミリ秒以下のものがエラー全体の90%以上を占めており、その大半が100ミリ秒以下であった。ここで、本タスクを、CardらのModelHumanProcessor[51]で解釈すると、矢印を視覚的に知覚し、どの方向キーを押すべきか判断し、該当のキーを押すまでにかかる時間は、平均で少なくとも310ミリ秒かかると予想される。また、実際の操作ではキーを押すまでの平均が420ミリ秒であったことから、200ミリ秒以下の操作は2回連続してキーを押してしまったなどの操作ミスであったと考えられる。そこで、本研究ではこれらの操作ミスに関しては分析対象とせず、正解の場合のデータのみを分析の対象とした。

表1は実験協力者全体の各刺激におけるタスクの達成時間、主観集中度、主観疲労度のそれぞれの平均値をまとめたものである。主観集中度については1から5までの5段階、主観疲労度は0から3までの4段階の数値の平均を算出した。表1より、タスクの所要時間に関しては数字刺激、境界膨張刺激、図形上昇刺激、暗転明転刺激が無刺激より短くなっていることがわかる。一方、主観集中度については無刺激と境界膨張刺激が高く、瞬間的円形刺激、図形上昇刺激が低かった。主観疲労度については図形上昇刺激が高く、無刺激が最も低かった。

表1 刺激ごとの各項目の平均値

	無刺激	数字	輝度変化	境界膨張	図形上昇	暗転明転	瞬間的円形
所要時間（秒）	41.93	41.08	44.47	41.43	41.75	41.88	44.37
主観集中度	4.05	3.45	3.30	3.90	2.95	3.30	2.75
主観疲労度	0.19	0.49	0.42	0.24	0.56	0.54	0.50

タスクにおける 100 問を 20 問ごとに 5 等分し、1 問あたりの回答時間の平均を算出した結果を図 9 に示す。図の横軸は 100 問を 20 問ごとに 5 等分したまとまりであり、図の左側が序盤、右にいくにつれて終盤を示している。また縦軸は 1 問あたりの回答時間を秒単位で表している。図から、1 問ごとの回答時間は時間が経過するにつれて長くなっているのがわかる。これは回答回数が増えていくことで疲労が蓄積したために、回答に時間がかかっているものと考えられる。また、数字刺激と境界膨張刺激については全体的に無刺激と比較して回答時間が短いことがわかる。

表 2 は実験協力者・刺激ごとの主観疲労度を表している。表では値が小さいほど主観疲労度は低いと判断できる。この表 2 において、主観疲労度が 0.3 以下のものの背景色をオレンジ色で示している。この結果より、無刺激と境界膨張刺激の疲労度は多くの実験協力者にとって低いものであったことがわかる。

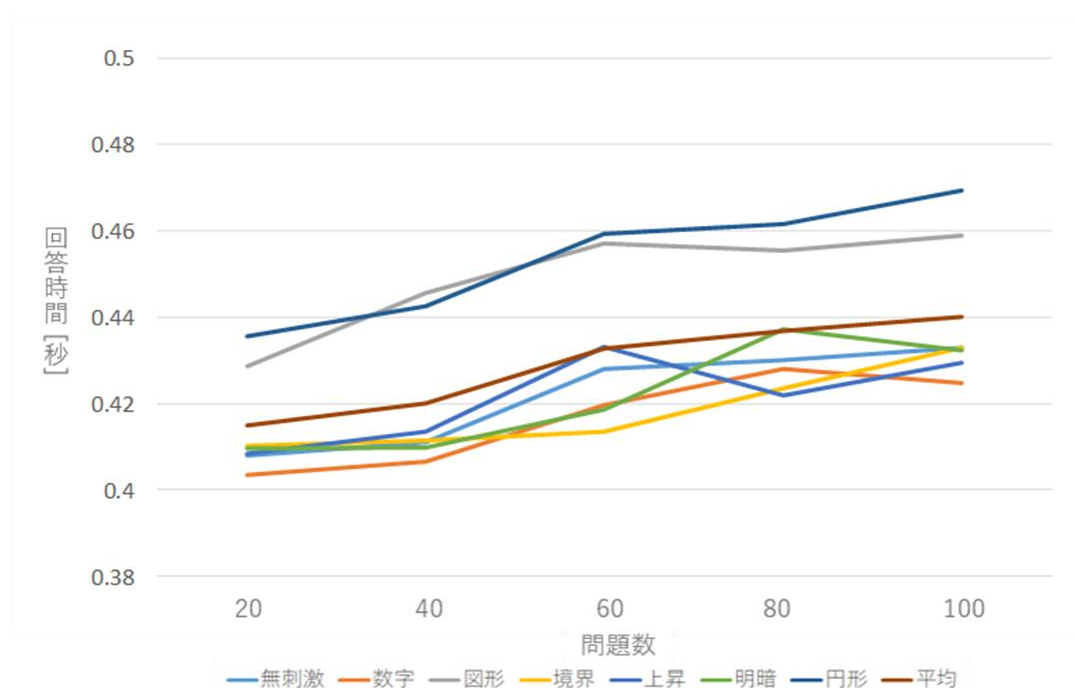


図 9 1 問ごとの平均回答時間の推移

表2 各実験協力者・各刺激の主観疲労度

実験協力者	無刺激	数字	輝度変化	境界膨張	図形上昇	暗転明転	瞬間的円形
A	0.000	0.143	0.143	0.143	0.214	0.286	0.286
B	0.000	0.214	0.000	0.000	0.071	0.071	0.071
C	0.214	0.286	0.500	0.000	1.214	0.500	0.429
D	0.000	0.571	0.571	0.571	0.786	0.429	0.643
E	0.000	0.643	0.286	0.071	0.286	0.000	0.500
F	0.000	0.214	0.143	0.000	0.500	0.929	0.643
G	0.214	0.429	0.357	0.286	0.500	0.643	0.429
H	0.357	1.214	0.571	0.429	0.571	1.357	0.643
I	0.500	0.500	1.071	0.214	0.857	0.500	0.571
J	0.643	0.643	0.571	0.714	0.571	0.714	0.786
平均	0.193	0.486	0.421	0.293	0.557	0.543	0.500

表3は実験協力者・刺激ごとのタスク回答時間の平均値を、無刺激の回答時間の平均値で割って正規化したものであり、値が1以下、つまり無刺激よりも短いものの背景色をオレンジ色で示している。この結果より、回答時間が無刺激より短い実験協力者の人数は、数字刺激が最も多く、次いで境界膨張刺激、図形上昇刺激が多いことがわかる。

表3 各実験協力者・各刺激の回答時間平均（無刺激で正規化）

実験協力者	無刺激	数字	輝度変化	境界膨張	図形上昇	暗転明転	瞬間的円形
A	1.000	0.996	1.090	0.985	0.994	1.014	1.061
B	1.000	0.949	1.039	0.996	0.986	1.032	1.073
C	1.000	0.976	1.095	1.015	1.025	1.010	1.111
D	1.000	1.005	1.069	1.000	1.000	0.990	1.071
E	1.000	0.982	1.073	1.012	0.981	1.032	1.075
F	1.000	0.922	1.024	0.903	0.928	なし	1.028
G	1.000	0.974	1.004	0.972	1.005	1.010	1.011
H	1.000	1.004	1.117	1.033	1.042	1.047	1.102
I	1.000	0.963	1.062	0.964	0.984	0.989	1.102
J	1.000	1.060	1.091	1.001	1.010	0.968	1.101
平均	1.000	0.983	1.066	0.988	0.996	1.010	1.074

表4はJINSMEME ESで計測した各実験協力者の刺激ごとの瞬目数の平均を表している。この結果より、タスク中の瞬目回数は個人差が大きく表れていることがわかる。また、

このデータを実験協力者ごとに平均を求め、正規化したうえで、刺激ごとの瞬目度合を表現したものが表5である。この表から、瞬目数は無刺激が最も少なく、輝度変化刺激において最も多くなっていることがわかる。

表4 各実験協力者の各刺激における瞬目数の平均

実験協力者	無刺激	数字	輝度変化	境界膨張	図形上昇	暗転明転	瞬間的円形
A	4.0	10.5	4.0	3.0	2.5	6.5	7.5
B	10.5	14.0	11.0	8.5	9.0	10.0	14.5
C	0.5	0.0	2.5	1.5	2.0	1.0	0.0
D	28.0	20.0	15.0	24.0	20.5	22.5	24.0
E	0.5	1.0	3.5	0.5	0.0	0.5	0.5
F	6.0	5.5	5.5	8.0	6.0	7.0	5.0
G	3.5	4.0	5.5	3.0	4.0	1.5	3.0
H	29.0	30.5	20.5	20.0	10.5	16.0	29.0
I	29.5	11.0	37.5	18.5	31.5	29.0	50.0
J	5.5	10.0	9.5	14.5	11.5	11.5	9.5

表5 各刺激の瞬目数の平均(正規化)

	無刺激	数字	輝度変化	境界膨張	図形上昇	暗転明転	瞬間的円形
瞬目数	0.881	0.996	1.377	0.947	0.887	0.900	0.994

3.3. 考察

実験により、数字刺激や境界膨張刺激は無刺激に比べて回答時間の短い実験協力者がいたことなどからよい結果になる可能性が示唆された。しかし、実験協力者が10名と少なく、手法ごとの差は十分に明らかにはなっていない。そのため、時間の差が大きくなるように、1試行の時間を長くし、データ数を増やす必要があると考えられる。

表2、表3より、数字刺激については人によって疲労しやすさで向き不向きがあることが示唆された。そこで、表2でまとめた各実験協力者・各刺激における主観疲労度が0.3以下のものを疲労していない実験協力者であると位置づけ、その実験協力者を対象に、手法毎に回答時間をまとめた(図10)。この結果より、該当手法で疲労しない実験協力者は、その手法の平均回答時間も短くなるといえる。また、主観疲労度が0.3を超えていた実験協力者を含む図9に比べ、序盤から終盤にかけてグラフの折れ線が右肩上がりになる度合いが緩やかになっていることから、実験協力者自身の主観だけでなく客観的にも疲労していない可

能性が示唆される。このことより、タスクの集中度を高めるには、そのユーザごとに視覚刺激を選定することが重要であると考えられる。

本実験で選定した周辺視野の刺激のうち、数字刺激と輝度変化刺激は、位置を固定して提示する、似たような刺激でありながら、無刺激と比較して数字刺激はよく、輝度変化刺激は悪い結果になっていた。これは、輝度変化刺激の輝度が変化することによって図形がランダムに移動したかのように捉えられたことが原因ではないかと考えられる。一方、数字刺激において、実験協力者から「刺激によりブーストされたような印象を受けた」というコメントが寄せられた。これは、大量の変化する数字という膨大な情報を浴びせられることによって膨大なタスクをこなしているように錯覚したことが原因ではないかと考えられる。

また、ここで使用した矢印タスクはごく短時間で終わるタスクであり、手法間の差が大きく出なかった。そのため、より長くかかるタスクでも検証する必要がある。

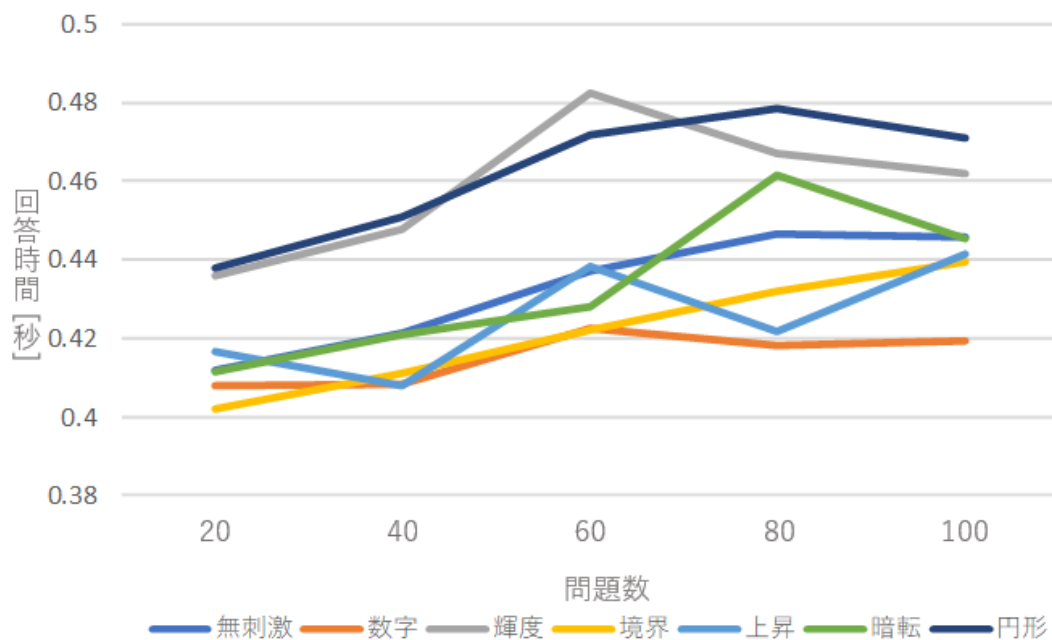


図 10 数字の疲労度が低い協力者の平均時間の推移

第4章 視線が動くタスクにおける視覚刺激提示実験

4.1. 実験概要

本項では、3章で用いたタスクをより日常で行うものに近づけて視覚刺激の効果を検証するため、より長く時間がかかり、画面の広い範囲を使用するタスクに変更して実験を行う。また仮説として、タスクの周辺を無視すべき情報である視覚刺激で囲むことにより、タスクの存在が強調され、またタスクから視線が逸れにくくなることで集中度が向上できるのではないかと考えた。

4.1.1. 用いるタスク

3章で用いた矢印タスクよりも画面の広い範囲を使い、1試行にかかる時間が前回よりも長くかかるもの、また操作が簡単で実験協力者の個人の能力差が出にくいタスクとして、点つなぎタスクを選定した。

4.1.2. 提示する視覚刺激

提示する視覚刺激は、無刺激のほかに、矢印タスク実験でよい結果を出していた数字刺激とその派生として数字の代わりに図形、文字を置き換えた2種類の刺激を加え、4種類用意した(図11~13)。数字刺激は刺激提示範囲に位置固定で0~9の数字が無作為に入れ替わって表示されるもので、図形刺激は“○”、“△”、“□”、“×”の4種類の図形、文字刺激は“あ”、“い”、“う”、“え”、“お”、“が”、“に”、“を”の8種類の文字を数字の代わりに置き換えた刺激である。これらの刺激間でタスクのパフォーマンスを比較することで集中に効果がある刺激を調査する。

3章の結果から、追加した派生刺激でも数字刺激と同様にタスクのパフォーマンスが向上するのではないかと考えられる。また、そのなかでも数字よりも意味をもたないものとして図形刺激はタスク中にユーザの意識を向きにくくさせることで数字刺激と比べてパフォーマンスが上がり、反対に文字刺激はよりユーザに刺激の文字列が意味のあるものとして認識されることで数字刺激と比べパフォーマンスが下がると予想する。

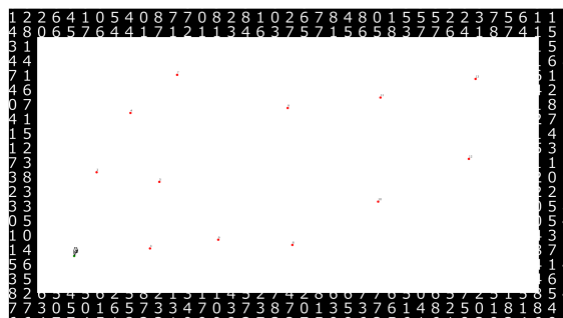


図11 数字刺激

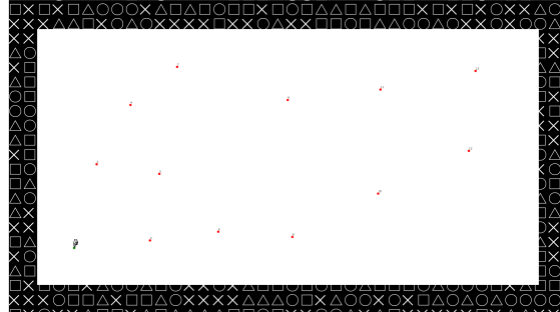


図 12 図形刺激

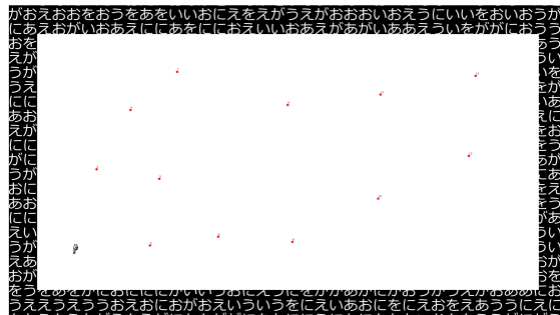


図 13 文字刺激

4.1.3. 実験システム

実験用プログラムは Processing で実装し、点つなぎ用の画像は既存のものから、点の数が少なすぎず、かつタスク提示範囲に収まる大きさのものを選定して用いた（100～240 個）。実験協力者がプログラムを起動すると、まずディスプレイ上に待機画面が表示される。この画面で Enter キーを押すことでタスクと視覚刺激が提示され、実験が開始される。点に振られた番号の順番にマウスを用いてクリックしていき、すべての点をクリックした時点でタスク終了とした。実験プログラム内でクリックするごとに、それまでのクリック数と正解クリック数、タスク開始からの経過時間とクリックした座標を記録した。なお、予備実験として事前に動作確認をしたところ、クリックの判定が点と同じサイズの設定ではやや難しかったため、本実験では正解判定を点の直径である 6px より大きい 8px に設定した。また 1 番目の点は見つけやすいように目印をつけ、点の色も変えて目立たせた。図 14 にタスク開始時の画面、図 15 に点つなぎタスク中の画面を示す。

矢印タスクと同様に、1 試行ごとに実験協力者にアンケートを実施した。アンケートの内容は主観集中度に関する 1 項目と、主観疲労度に関しての 7 項目であり、主観集中度は 5 段階（5: 集中できた～1: できなかった）、主観疲労度は 4 段階（4: なし～1: 激しく）で回答

してもらった。また、主観疲労度に関するアンケートは3章同様 SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [49]から眼精疲労に関する項目を引用して用いた。

タスクごとに毎回違う絵の点つなぎを用い、タスクに取り組んだ後アンケートに回答するという流れを1セットとして、4種の視覚刺激ごとに2セットずつ、計8セットを無作為な順番で行ってもらった。実験タスクは可能な限り速く正確に行うよう指示した。

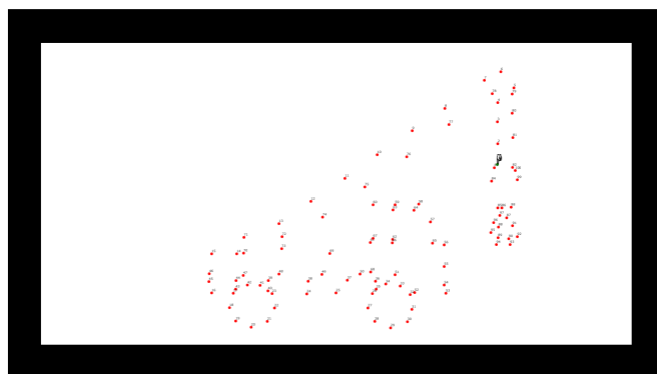


図 14 タスク開始時の画面

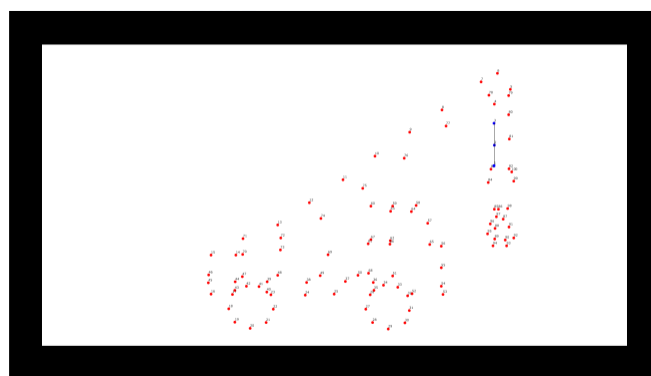


図 15 タスク中の画面

また実験協力者には、各々が普段使っている PC、もしくはモニターを用いて実験を行ってもらった。画面の解像度をプログラム設計時と同じ 1920×1080 に設定してもらおうようにし、設定できない場合はそれに一番近い解像度に設定してもらった。なお、画面サイズが多少異なる場合でもタスク範囲から点つなぎがはみ出ることなく、タスク範囲を視覚刺激で囲めていることを確認した。実験協力者には実験前に練習用データで点つなぎの操作を体感してから本番に進んでもらった。

4.2. 実験結果

本実験の実験協力者は、20代の大学生、大学院生 16 名（男性 5 名、女性 11 名）である。図 16 は全実験協力者の次のクリックまでの時間がどの程度かかったかという点について分布を示したものである。実験番号ごとに点つなぎタスクの難易度が異なり、点と点を繋ぐま

での時間が極端に長くなっている部分があった。そこで、次の点を見つけてクリックするまで 10 秒以上かかっている 105 個のデータ(図 16 における”10~”)は外れ値として分析の際に除外した。また、クリック速度は実験協力者の慎重度合いによって違いがあったため、実験協力者ごとに全ての刺激パターンにおいて、ある点をクリックしてから次の点をクリックするまでの時間の平均と標準偏差を算出したものが表 6 である。この結果より、数字刺激の所要時間が一番短く、無刺激が一番長い。また、無刺激に比べて刺激を提示したほうが全体としての速度は向上している。さらに、無刺激および図形刺激については標準偏差が大きく、実験協力者によるブレも大きいことがわかる。

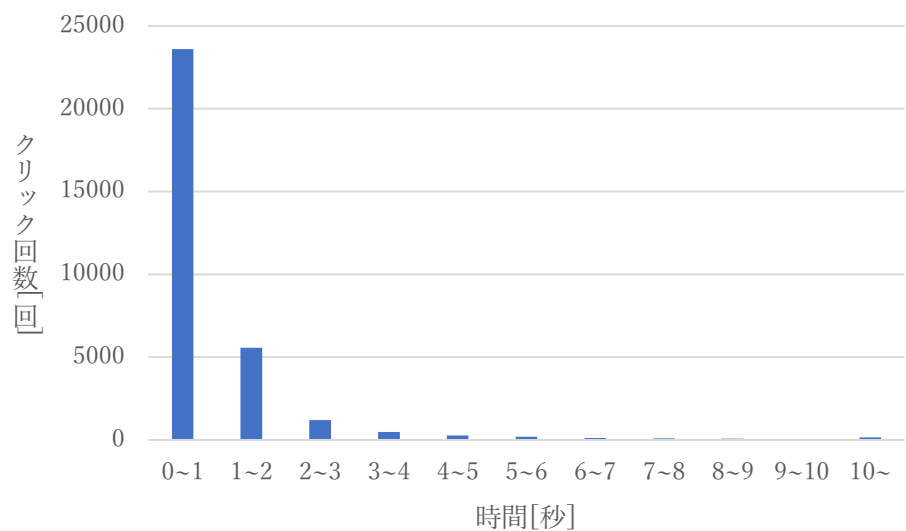


図 16 全クリック時間の分布

表 6 次の点までのクリック時間の平均（正規化後）

	無刺激	図形	数字	文字
平均	1.004	0.986	0.954	0.982
標準偏差	0.172	0.186	0.126	0.156

図 17 は、実験協力者 A~P ごとの次の点をクリックするまでのそれぞれの時間の平均を表したものである。図の横軸は実験協力者を、縦軸は各クリックの平均所要時間を示している。この結果より、実験協力者によって適した手法は異なることがわかる。

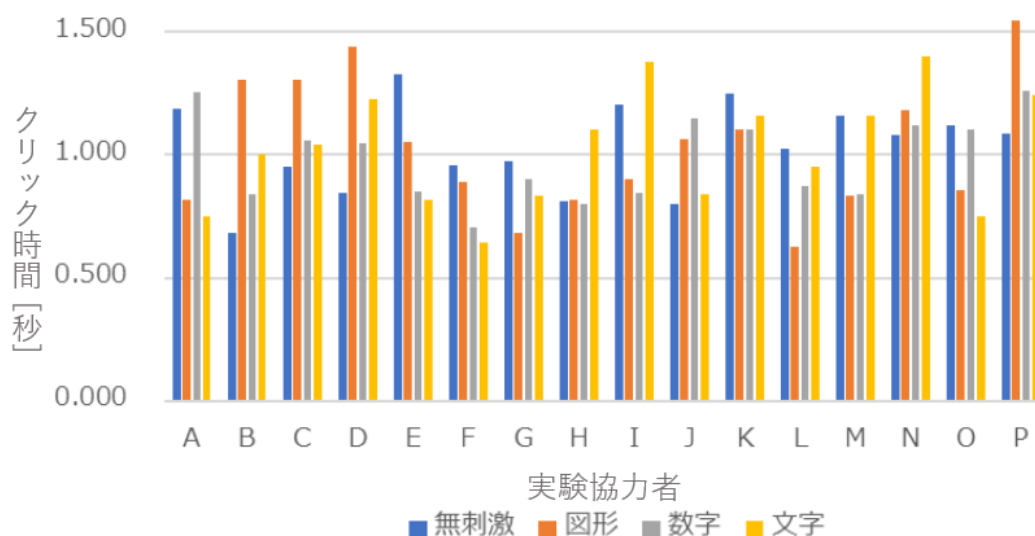


図 17 実験協力者（A～P）ごとのクリック時間の平均

表 7 はアンケートにおいて 5 段階で回答してもらった主観集中度の数値の平均を実験協力者（A～P）と刺激ごとに算出したものである。ここで、主観集中度はその値が高いほど主観的に集中できていることを示している。全体の平均では無刺激の主観集中度が一番高く、数字刺激が次に高かった。無刺激以上の値を出した延べ人数は図形刺激が 7 名、数字刺激が 11 名、文字刺激が 5 名だった。

表 8 はアンケートにおいて 4 段階で回答してもらった主観疲労度に関する 7 項目の回答を数値に変換した値の平均を実験協力者ごとに算出したものであり、高いほど疲れにくい結果となっていた。この結果より、全体の平均では無刺激が一番疲れにくく、数字刺激が次に疲れにくいことがわかる。

ここで、実験で利用した点つなぎタスクは、100～240 個とばらつきがあったため、タスクの継続によってどのような変化が生じたのかといったことを評価することが難しかった。そこで追実験としてタスクとして提示する点つなぎをできるだけ揃え、難易度の偏りをできるだけ少なくした上で再度実験を行った。

表 7 主観集中度の平均(0～5)

実験協力者	無刺激	図形	数字	文字
A	5.00	4.00	4.00	2.50
B	4.00	3.00	3.50	2.50
C	5.00	4.00	5.00	4.50
D	5.00	5.00	4.00	4.00
E	4.50	5.00	4.50	4.00
F	3.50	3.00	4.00	2.50
G	4.50	4.00	4.50	4.00
H	4.50	5.00	4.50	4.00
I	3.50	4.00	3.50	3.00
J	3.50	1.50	2.00	1.50
K	5.00	4.00	4.00	4.50
L	1.50	2.50	2.50	2.00
M	4.00	4.50	5.00	5.00
N	4.00	4.00	4.50	4.50
O	3.00	2.00	3.50	3.50
P	4.00	3.50	4.00	5.00
平均	4.03	3.69	3.94	3.56

表 8 主観疲労度の平均(0～4)

実験協力者	無刺激	図形	数字	文字
A	3.29	3.14	2.29	2.64
B	3.64	3.50	3.71	3.21
C	3.57	3.07	3.00	3.14
D	3.50	3.21	3.50	2.93
E	3.64	3.64	3.79	3.86
F	3.07	3.21	3.50	3.07
G	3.14	2.57	2.43	2.86
H	3.71	3.64	3.71	3.14
I	3.50	3.36	3.21	3.14
J	3.86	3.57	3.29	3.36
K	4.00	3.29	3.36	3.71
L	3.43	3.36	3.43	3.29
M	3.64	3.43	3.43	2.71
N	3.93	3.57	3.57	3.50
O	3.29	3.50	3.07	3.29
P	3.64	3.64	3.79	3.43
平均	3.55	3.36	3.32	3.21

4.3. 追実験

4.3.1. 実験概要

点つなぎタスクにおいて、刺激の種類で集中度合いがどのように変化したのかについて評価を行うため、タスクの内容の偏りを少なくし、追実験を行った（点つなぎの点は 203～267 個）。実験協力者は大学生 15 名（男 9 名、女 6 名）で、実験手順やアンケートの内容は 4.1 節の実験と同様である。

4.3.2. 実験結果

図 18 は全被験者のクリック数の分布である。ここでも、次の点をクリックするまでに 10 秒以上かかっている 156 件(図 18 における”10～”)は事前に除外した。また、15 名中 1 名は全体的に時間がかかっており、また実験後のコメントから取り組み姿勢に問題があったと考えられたため分析からは除外した。ある点をクリックしてから次の点をクリックするまでの時間の平均と標準偏差を算出したものが表 9 である。この結果より、文字刺激がやや悪い

ものの、4.1 節の実験の結果とは異なり無刺激・図形刺激・数字刺激の間には差がないことがわかる。

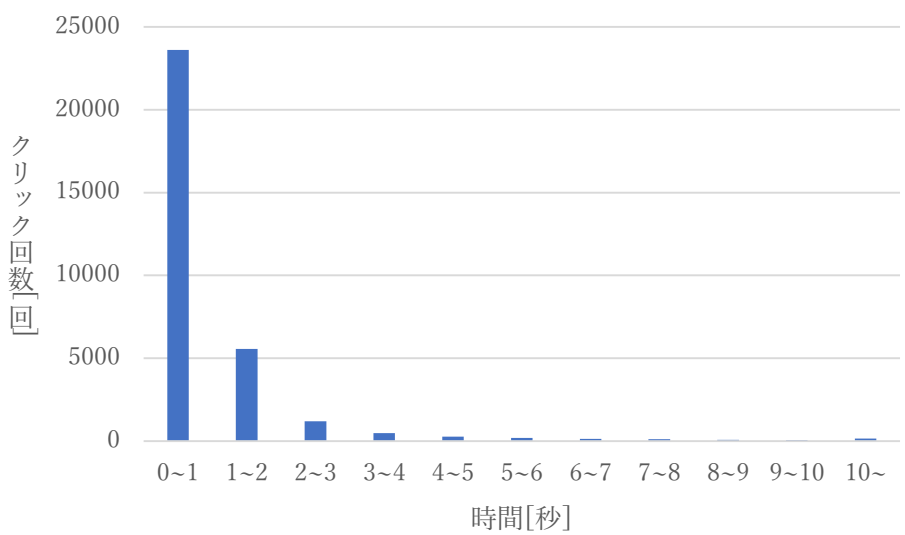


図 18 クリック数の分布 (追実験)

表 9 追実験における次の点までのクリック時間の平均 (正規化後)

	無刺激	図形	数字	文字
平均	0.988	1.002	0.996	1.014
標準偏差	0.093	0.066	0.073	0.102

図 19 は 200 個目の点をつなぐまでの、40 個ずつ点を繋ぐのにかかる時間の平均の推移を表したものである (なお、10 秒以上かかっている点については分析対象から除外している。例えばタスクでの 1 個目から 40 個目までの内、18 個目をクリックした後 19 個目までに 10 秒以上かかっている場合は、この 19 個目のものを除外し、タスクにおける 41 個目までの合計 40 個を用いている)。図の横軸はタスク開始から 40 個刻みでいくつまでクリックしたかを、縦軸は 40 個をクリックするまでにかった時間をプロットしたものである。また、図の縦軸は 20 秒から 30 秒の範囲を提示している。この結果から、無刺激・数字刺激・文字刺激との間にはそれほど差がないが、文字刺激においては、他の刺激と比べると全体を通して時間がかかっていた。

表 10 は追実験における実験協力者の主観集中度の平均、表 11 は追実験における実験協力者の主観疲労度の平均を算出したものである。なお主観集中度は数値が高いほど集中できていることを、主観疲労度は数値が高いほど疲労が少ないことを示している。この結果より、無刺激に比べ主観疲労度は図形刺激・数字刺激・文字刺激ともに低いことがわかる。

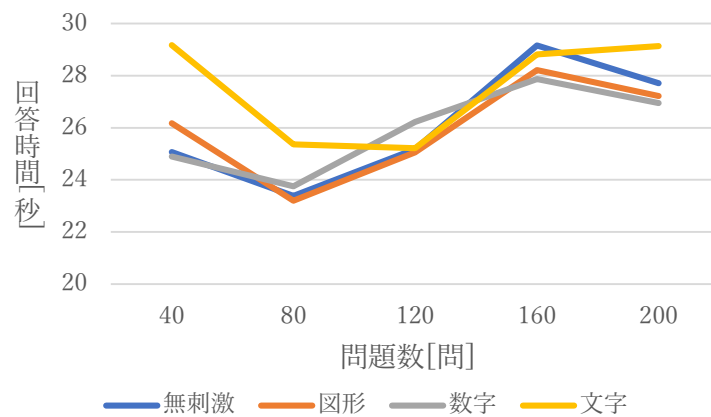


図 19 40 問ごとの時間の推移の比較

表 10 実験協力者の主観集中度平均（追実験）

実験協力者	無刺激	図形	数字	文字
A	3.50	3.50	4.50	4.00
B	3.50	4.50	2.50	5.00
C	4.00	4.50	5.00	4.00
D	4.50	3.00	4.50	2.50
E	5.00	5.00	4.50	4.50
F	3.00	4.00	4.50	4.00
G	3.50	3.50	4.50	4.50
H	3.50	4.00	4.00	4.00
I	4.00	3.50	4.50	4.50
J	5.00	4.50	4.00	5.00
K	4.00	3.00	3.00	2.00
L	3.50	4.50	4.50	3.50
M	2.50	3.00	3.00	3.00
N	4.00	4.00	4.00	4.00
O	5.00	3.00	2.50	1.50
平均	3.90	3.83	3.97	3.73

表 11 実験協力者の主観疲労度平均（追実験）

	無刺激	図形	数字	文字
A	3.64	2.79	3.43	3.29
B	3.57	3.57	3.43	3.50
C	3.43	3.36	3.07	3.29
D	3.57	3.07	3.50	3.43
E	3.86	3.71	3.64	3.86
F	3.79	3.71	3.50	3.71
G	3.57	3.50	3.57	3.71
H	3.50	3.50	3.71	3.64
I	3.64	3.36	3.29	3.50
J	3.64	3.50	3.07	3.64
K	3.14	2.71	2.79	2.43
L	3.29	3.00	2.93	3.07
M	3.21	3.07	3.21	2.86
N	3.43	2.64	3.00	2.93
O	3.79	3.64	3.57	3.86
平均	3.54	3.28	3.31	3.38

4.4. 対面実験

4.4.1. 実験概要

また、統制した環境下での検証のために、対面で全員が同じ大きさのモニターを使用してタスクを行う実験も行った。モニターの解像度は 1920×1080 とし、画面から 50cm ほど距離をおいて座ってもらい、静かな環境で行った。実験協力者は大学生 7 名（男 4 名、女 3 名）で、実験手順、アンケートの内容は 4.3 節の実験と同様である。

4.4.2. 実験結果

図 20 は全被験者のクリック数の分布である。ここでも、次の点をクリックするまでに 10 秒以上かかっている 16 件は事前に除外した。ある点をクリックしてから次の点をクリックするまでの時間の平均と標準偏差を算出したものが表 12 である。この結果より、図形刺激がやや短くなっているものの、各刺激に大きな差はないことがわかる。

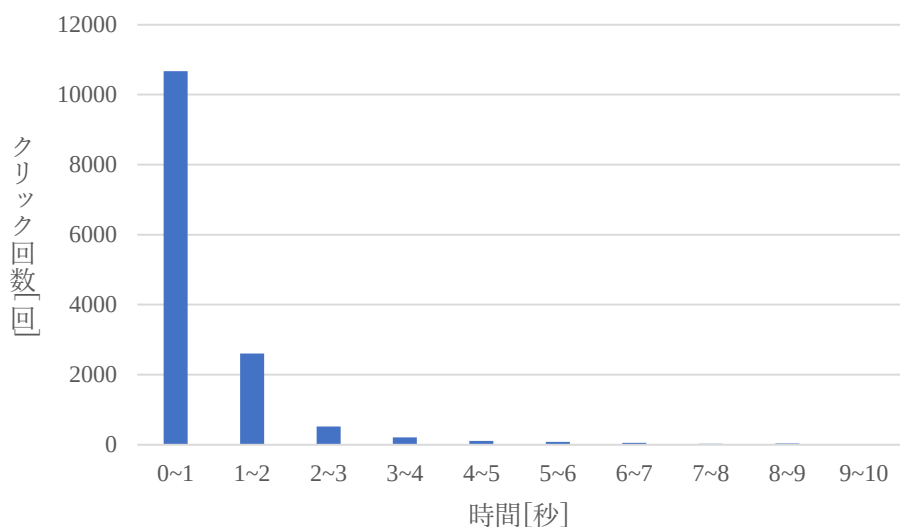


図 20 全クリック時間の分布 (対面実験)

表 12 対面実験における次の点までのクリック時間の平均 (正規化後)

	無刺激	図形	数字	文字
平均	0.988	0.958	0.994	0.998
標準偏差	0.111	0.123	0.107	0.113

図 21 は 200 個目の点をつなぐまでの、40 個ずつ点を繋ぐのにかかる時間の平均の推移を表したものである。図の横軸はタスク開始から 40 個刻みでいくつまでクリックしたかを、縦軸は 40 個をクリックするまでにかった時間をプロットしたものである。また、図の縦軸は範囲を提示している。この結果から、図形刺激は無刺激を下回っている時間が長いことがわかる。対面で統制した環境であれば、視線が動くタスクにおいても刺激の提示によって集中できるようになる可能性が示唆された。

表 13 は対面実験における実験協力者の主観集中度の平均、表 14 は対面実験における実験協力者の主観疲労度の平均を算出したものである。なお主観集中度は数値が高いほど集中できていることを、主観疲労度は数値が高いほど疲労が少ないことを示している。この結果より、主観集中度は数字刺激が最も高く、主観疲労度は無刺激が最も高いことがわかる。

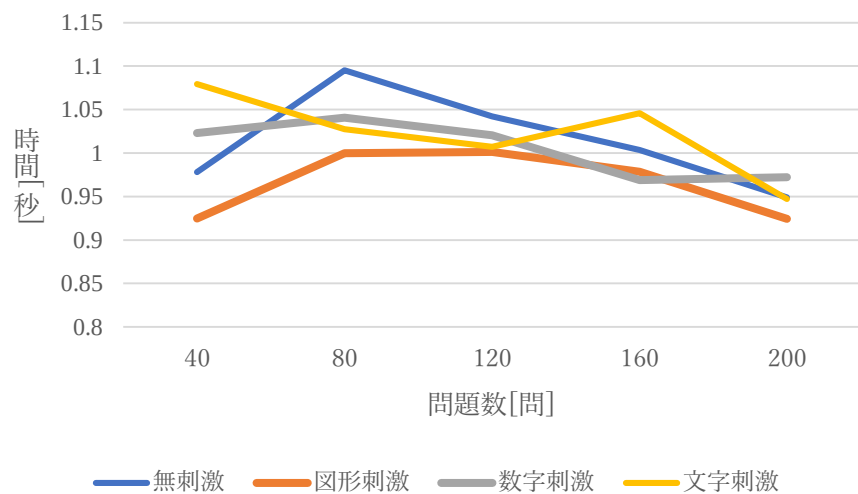


図 21 40 問ごとの 1 問の回答時間の推移の比較 (対面)

表 13 実験協力者の主観集中度 (対面)

実験協力者	無刺激	図形刺激	数字刺激	文字刺激
A	2.50	3.00	3.00	3.00
B	4.50	3.00	4.50	2.50
C	3.00	4.00	4.50	2.50
D	3.50	3.50	4.50	4.50
E	4.00	4.00	4.00	4.00
F	4.50	4.00	4.00	3.00
G	4.50	4.00	4.50	4.50
平均	3.79	3.64	4.14	3.64

表 14 実験協力者の主観疲労度 (対面)

実験協力者	無刺激	図形刺激	数字刺激	文字刺激
A	3.43	2.64	3.00	2.93
B	3.57	3.07	3.50	3.43
C	3.79	3.71	3.50	3.71
D	3.57	3.50	3.57	3.71
E	3.79	3.64	3.79	3.64
F	3.43	2.43	3.07	2.64
G	3.86	3.86	3.93	3.86
平均	3.63	3.27	3.48	3.42

4.5. 考察

1つ目の実験では、無刺激と比較して数字刺激、図形刺激、文字刺激のクリックの所要時間が短い結果となっていたが、2つ目の実験ではその差はなく、むしろ文字刺激の所要時間は長かった。3章の実験においては数字刺激において処理速度が上がっていたのに対し、今回の実験で差がみられなかったのは、点つなぎにおける視線の移動により中心視野に数字や図形などの刺激が入ってしまったためにパフォーマンスが低下したためだと考えられる。

今回、実験と追実験をオンラインで実施したが、実験協力者ごとにPCのモニターサイズやマウスの有無などの環境は確認できても、実験協力者自身の体調等の認識ができなかったことにも問題があった。例えばアンケートの自由記述において、眠気を訴えている実験協力者がいたことから、実験監督の存在と環境の統制は必須であったと思われる。

また、今回の実験設計では実験協力者によってタスクと刺激の組み合わせが違い、同じ条件下のデータが少なかったため、結果として議論するには不十分であるとも考えられる。さらに、文字刺激が特に悪い結果だったのは、提示される文字列の変化で何らかの興味を引く単語が目に入り、注意が向けられてしまったことが考えられる。また数字刺激が想定と異なりよい結果とならなかったのは、点つなぎタスクにおいて番号を探している際に、番号の数字と刺激の数字が競合し、邪魔となってしまった可能性がある。

今回の実験タスクとして点つなぎを選定したが、点つなぎは一人のタスクのなかで同じ絵を何度も使うと慣れによってタスクをこなすスピードに影響してしまうため、毎回異なる絵を用いる必要があった。試行ごとに同レベルの難易度に統一することが困難であり、点の数を「200個以上」というようにある程度統制しても、点の密度などによって難易度が変わってしまうため、比較には適していなかったものと思われる。実際に、点が特に多く、難易度の高い絵を用いた試行では時間がかかりすぎていたり、疲労度が高くなっていたりといった問題が生じていた。アンケートの自由記述においても、「同じ刺激内でも、実験番号が違い、行った点つなぎの次の点が見つからずに疲労を感じてしまった」、「ミスクリックが増えてしまい途中で集中が途切れてしまった」、「点つなぎの絵が何なのかが気になって集中度が下がった気がした」などの意見があった。このことから、タスク自体の難易度が刺激の影響よりも大きく出てしまい、点つなぎが実験タスクとしては不適切であった可能性が示唆された。今後比較のためには試行ごとに難易度の差による影響が出にくいタスクを用いる必要がある。また、今回は用いなかったが、タスク中の視線がタスクから逸れていないかを検証するために視線情報が必要になるため、次に行う実験では、タスク中の視線ログの計測も行うこととする。

第5章 視線固定実験における視線ログ取得実験

5.1. 実験概要

本章では、3章で行った矢印タスクを、刺激提示範囲を狭くした状態で行い、タスク中のユーザの視線の動きを計測する実験を行う。これにより、視線を固定して行うことを想定している矢印タスクにおいて、無刺激の場合と刺激有の場合で視線の動きに差が出ているのかを検証する。仮説として、刺激有の場合はタスク中に意図的に刺激を無視しようとして中心の矢印に視線が集まりやすくなるのではないかと考えた。実験に用いる PC は ALIENWARE 17 (Intel Core i7-8750H, 17.3 インチディスプレイ, Tobii Eye Tracker 内蔵) とした。

提示する刺激は 4 章で用いた無刺激、数字刺激、文字刺激に加え、3 章で用いた暗転明転刺激の計 4 種類を用いた。暗転明転刺激を用いたのは、画面の端から端まで動くことで視線の動きに影響が出る可能性があると考えたためである。図 22 は実験中の画面の例である。300 問正解したところでタスクが終了し、その後アンケートに回答してもらうまでを 1 試行として、4 種類の刺激を 3 回ずつの計 12 試行を無作為な順番で行った。アンケートの内容は 3.4 章と同様である。

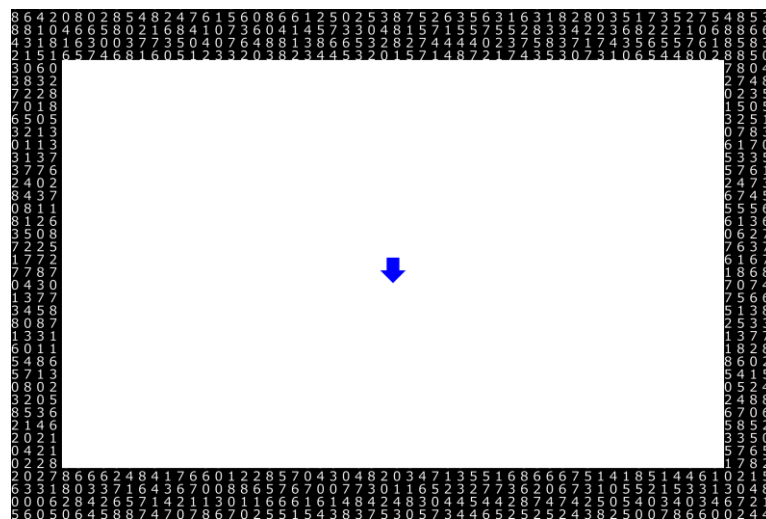


図 22 実験中の画面

5.2. 実験結果

本実験の実験協力者は、20代の大学生、大学院生12名（男性6名、女性6名）である。表15はアンケートにおいて5段階で回答してもらった主観集中度の数値の平均を実験協力者（A～L）と刺激ごとに算出したものである。ここで、主観集中度はその値が高いほど主観的に集中できていることを示している。全員の平均の値をみると、暗転明転刺激の主観集中度が最も高いことがわかる。

表15 実験協力者の主観集中度

実験協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転刺激
A	3.67	3.67	3.33	4.00
B	3.33	4.33	2.33	3.00
C	3.10	3.43	3.43	3.33
D	3.33	2.33	3.00	2.33
E	4.67	4.00	2.67	4.00
F	2.00	3.00	3.33	3.33
G	5.00	5.00	5.00	5.00
H	4.00	3.67	4.00	4.00
I	4.00	2.33	1.67	4.33
J	4.00	3.67	3.33	3.67
K	4.00	2.67	2.33	4.00
L	4.33	3.67	3.67	5.00
平均	3.79	3.48	3.17	3.83

表16はアンケートにおいて4段階で回答してもらった主観疲労度に関する7項目の回答を数値に変換した値の平均を実験協力者ごとに算出したものであり、高いほど疲れにくい結果となっている。全員の平均では無刺激の主観疲労度が低いことがわかる。

表 16 実験協力者の主観疲労度

実験協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転刺激
A	3.67	3.57	3.43	3.48
B	3.67	3.90	3.48	3.62
C	3.10	3.43	3.43	3.33
D	3.76	3.76	3.60	3.71
E	3.67	3.48	3.57	3.29
F	3.90	3.95	4.00	3.90
G	4.00	4.00	4.00	4.00
H	3.76	3.33	3.67	3.62
I	3.90	3.76	3.57	3.71
J	3.62	3.43	3.52	3.57
K	3.90	3.24	3.24	3.52
L	3.38	3.43	3.48	3.57
平均	3.69	3.61	3.58	3.61

表 17 は実験協力者の各刺激で 1 問ごとにかかった時間の平均を表したものである。各実験協力者の結果の中で最も時間が短いものの背景色をオレンジで、最も時間が長くかかっているものの背景色を青で示している。全員の平均をみると文字刺激が最も時間がかかっており、12 名が文字刺激で最も時間がかかっていることがわかる。また、暗転明転刺激の時間が最も短かった実験協力者は 12 名中 10 名で最も多かった。

表 18 は実験協力者の各刺激におけるエラー数の平均を表したものである。各実験協力者の結果の中でエラー数の少ないものの背景色をオレンジに、多いものの背景色を青で示している。全員の平均をみると文字刺激の平均エラー数が最も多く、無刺激の平均エラー数が最も少ないことがわかる。

表 17 実験協力者の 1 問ごとにかかる時間の平均

実験協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転刺激
A	0.60	0.65	0.67	0.59
B	0.52	0.58	0.59	0.54
C	0.54	0.59	0.61	0.53
D	0.58	0.64	0.64	0.61
E	0.57	0.63	0.65	0.56
F	0.57	0.63	0.64	0.56
G	0.60	0.66	0.67	0.60
H	0.54	0.59	0.61	0.54
I	0.54	0.60	0.62	0.53
J	0.59	0.64	0.65	0.58
K	0.54	0.60	0.61	0.53
L	0.58	0.62	0.65	0.57
平均	0.56	0.62	0.63	0.56

表 18 実験協力者のエラー数の平均

実験協力者	無刺激	数字刺激	文字刺激	暗転明転刺激
A	15.66	17.33	18.00	11.67
B	16.33	9.33	22.33	19.00
C	17.00	16.67	23.33	13.33
D	18.00	27.00	30.00	31.67
E	7.00	6.67	10.33	5.33
F	4.67	7.00	5.00	2.00
G	0.33	1.33	1.33	0.67
H	18.09	16.33	16.67	10.67
I	34.67	32.00	42.00	26.67
J	17.33	15.00	15.67	19.33
K	29.67	50.33	55.67	31.00
L	35.67	28.33	31.33	29.00
平均	17.87	18.94	22.64	16.69

全員のタスクにおける 300 問を 60 問ごとに 5 等分し、回答時間の平均を算出した結果を図 23 に示す。図の横軸は 300 問を 60 問ごとに 5 等分したまとまりであり、図の左側が序盤、右にいくにつれて終盤を示している。また縦軸は 60 問ごとの回答時間を秒単位で表し

ている。図から、数字刺激と文字刺激は、序盤から終盤まで無刺激と暗転明転刺激よりも長く時間がかかっていることがわかる。

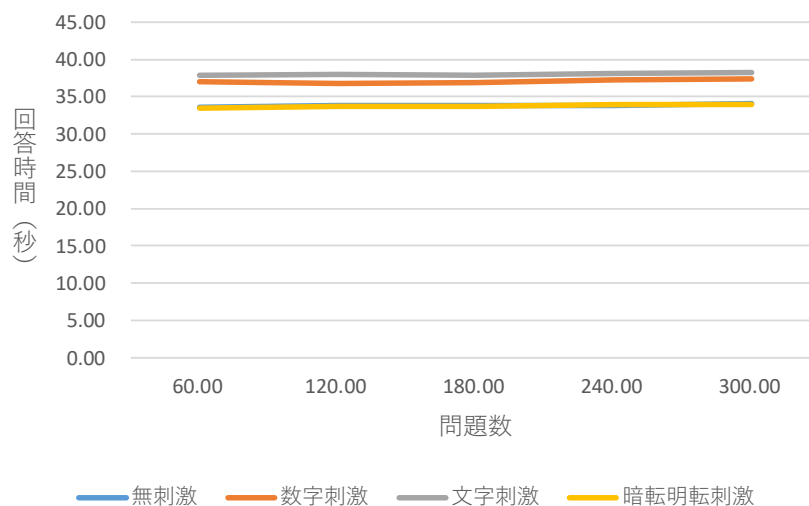


図 23 60 問ごとの回答時間の推移

図 24 は視線ログから算出した視線の移動距離について、全実験協力者の視覚刺激毎の比較を行ったものである。ここでは、実験協力者によって総移動量に違いがあったため、実験協力者の視覚刺激ごとに平均を求め、また実験協力者毎に正規化を行い（その実験協力者の全視覚刺激における移動量平均で各々を割ったものを計算）、その結果をさらに平均したものがとなっている。なお、144 個の視線ログのデータのうち 23 個のデータは、座標の変化がなく、うまく視線取得ができていないと思われる区間があったために除外した。この結果より、数字刺激と文字刺激は視線移動量が少なく、無刺激と暗転明転刺激は視線の移動量が多いことがわかる。なお、各刺激間で分散分析を行ったところ、無刺激と数字刺激、無刺激と文字刺激、数字刺激と暗転明転刺激、文字刺激と暗転明転刺激との間に有意差が認められた (** $p < 0.01$)。

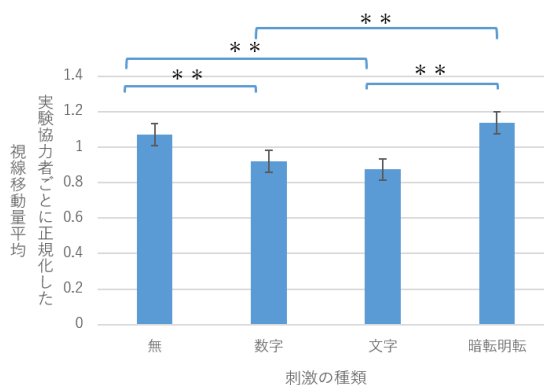


図 24 各刺激の視線移動量（正規化後）の平均

図 25 は各視覚刺激について、開始からの 60 秒間と、終了からの 60 秒間で視線の移動量の推移を表したものである。図の縦軸はその 60 秒間の視線の総移動量（ピクセル）を表している。このグラフから、最初も最後も数字刺激や文字刺激は視線移動が少なく、無刺激、暗転明転刺激は最初も最後も視線移動量が多くなっており、開始時点や終了時点での差はないことがわかる。

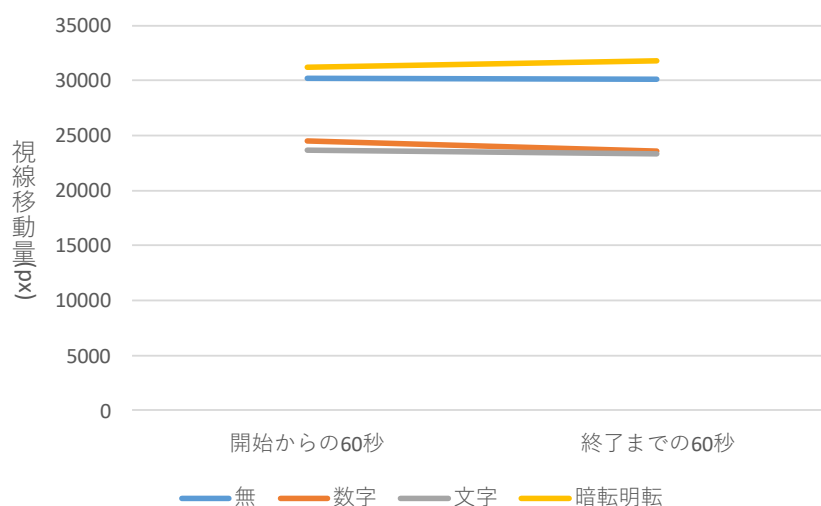


図 25 視線移動量の合計の推移
(左：始まってから 60 秒，右：終わりから 60 秒)

図 26，図 27 はタスクを始めてからの 100 秒間と，タスクを終えるまでの 100 秒間の視線ログのヒートマップを示したものの一部である。このヒートマップでは，青<緑<赤の順に色に変化している。序盤と終盤で比較すると，刺激に関わらずエラー数が比較的に少ない実験協力者は，エラー数が多い実験協力者に比べて色のついた範囲が狭く，視線のブレが小さいことがわかる。

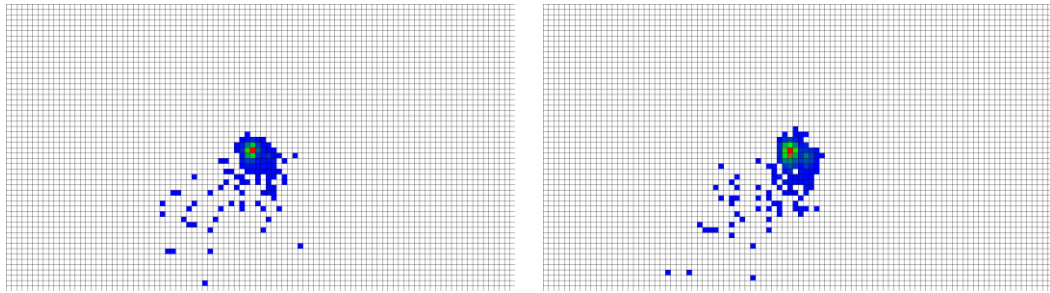


図 26 エラー数が多い実験協力者 (A) のヒートマップ

(左：始まって 100 秒, 右：終わってから 100 秒)

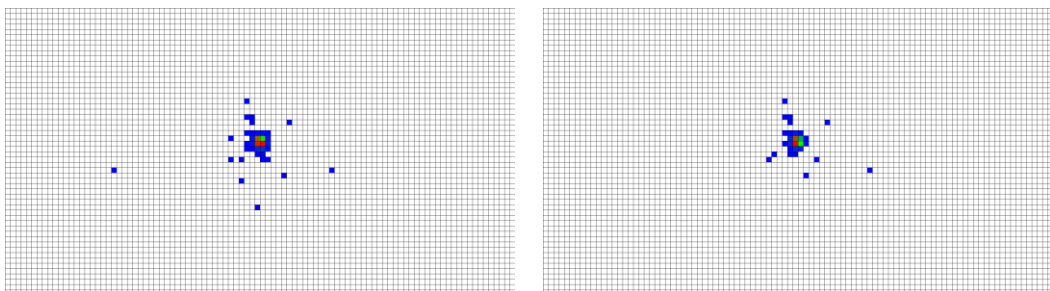


図 27 エラー数が少ない実験協力者 (G) のヒートマップ

(左：始まって 100 秒, 右：終わってから 100 秒)

5.3. 考察

3 章の実験と内容は同じであったが、3 章では有効であるというには不十分な結果になっていた暗転明転刺激が、所要時間やエラー数の少なさにおいて他の刺激よりもよい結果をだしていた。文字刺激はパフォーマンスの数値の平均において低くなっており、比較した刺激のなかでは集中できていないという結果になっていた。このことから、数字刺激と文字刺激を比較すると、提示するものの違いによってタスクのパフォーマンスが変化していることがわかった。

数字刺激と文字刺激において、無刺激、暗転明転刺激と比較すると移動量が少ない結果になっていたことから、数字、文字刺激は、視線移動量を抑えることができていることがわかった。「タスクをしている間、文字刺激と数字刺激の区別がつかなかった」というコメントをした実験協力者が複数名いたが、これは中心の矢印部分だけを注視できていたためだと思われる。他にも「文字刺激の文字が一つずつずれて回っているように見える」といったコメントが複数みられたが、これらも中心のタスクを注視で来ていたからこそタスク周辺の情報が正確に把握できていないのだとも捉えることはできる。なお、このような現象は一部の実験協力者のみにみられており、見え方が違っていった要因の特定にはデータが不足しているため、今後実験データを増やし、検証していく必要がある。

また、今回は無刺激で疲労する実験協力者が複数人いた。主観集中度と主観疲労度がともに無刺激が最も低かった C,F を含めた数人が「無刺激は白い部分が多いからか一番目が疲れる」「まわりになにもない状態で押し続けていると集中がきれる」「安定感がなくなるような感じがしてミスが増えた」などとコメントしていた。これは単調で画面に動きが少ないタスクを行っているためタスクが進行している感覚が得られないために疲労感が生じるのではないかと考えられる。

視線移動量の推移のグラフが、どの刺激においても終盤で上がっていたことから、タスクを行って疲労が蓄積してくると視線の移動量が増える可能性が示唆された。また、視線ログのヒートマップのなかにタスクの最中の視線が縦にブレているものがあった（図 27）。このときのコメントにおいて、途中で明らかに集中がきれたという自覚があるものや、刺激の動きに意識をもっていかれた自覚があるものが見受けられた。このことから、集中がきれると、視線のブレが大きくなる可能性が示唆された。

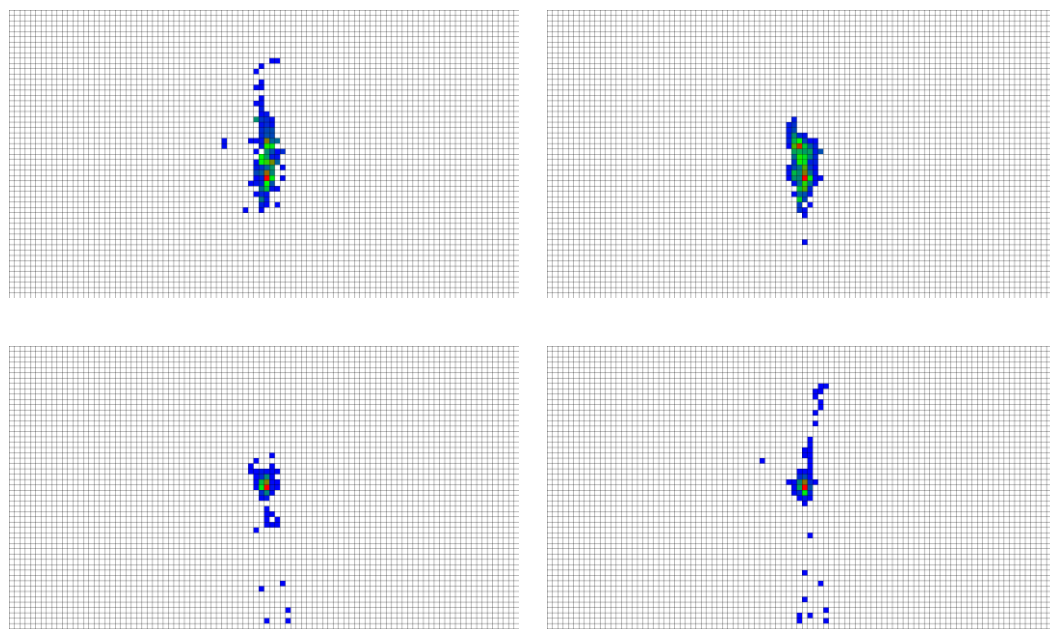


図 28 視線が縦にブレている例
(左：始まって 100 秒，右：終わりから 100 秒)

第6章 全体の考察

ここまでの実験では、視覚刺激を提示する場合としない場合でパフォーマンスを比較し、刺激の効果について検証を行ってきた。これらの結果から、刺激ごとのパフォーマンスを比較すると、タスク範囲が狭いものでは数字刺激、タスク範囲が広いものでは暗転明転刺激の結果がよかった。しかし3章と5章の実験結果において、3章で無刺激よりも所要時間が短くなっていた数字刺激が、5章の実験においては無刺激よりも所要時間が長くなっていた。無刺激には変化がないことを考慮すると、数字刺激の結果が悪くなった要因を検証するには、刺激提示範囲を変化させた条件を追加して更なる実験を行う必要があると思われる。

5章の実験結果から、数字刺激や文字刺激において視線の移動量が抑制できていることがわかった。しかし、視線の移動量が少なくなれば集中しやすくなる、という仮説とは異なり、タスクの所要時間やミス数において、視線移動量の多い暗転明転刺激の方が良い結果になっていた。このことから、今回用いた矢印タスクのように、見たものを素早く判断してキーを押す必要があるタスクでは、数字や文字などの情報が無意識に脳内の認知プロセスを増やしてしまうことになり、所要時間が遅くなっていた可能性がある。視線移動が少なく、素早い判断は必要としない、記憶タスクなどに用いることで、集中が継続できる可能性があると考えられる。

4章と5章の実験において、数字刺激よりもその派生の文字刺激のパフォーマンスが悪い結果が出ていた。これは4章でも述べたように、無意識に刺激の文字が意味のあるものとして捉えられることで集中の阻害となって結果に影響したと思われる。今後の実験では同じ派生の刺激である図形刺激と数字刺激の比較を行い、より意味をもたない図形でパフォーマンスの向上がみられるかどうかを検証する予定である。また、今回の実験では文字刺激に平仮名8文字を用いていたが、文字であっても意味の理解できない、アラビア語のような文字を用いた場合の影響についても今後検証する必要があると思われる。

また4章の実験は非対面と対面の形式で行ったことで、集中に関する実験を非対面で行うことの困難さが明らかになった。非対面では実験協力者の実験に対する取り組み姿勢まで確認することが難しいため、集中に関する実験は、対面形式で監督することによって最低限の緊張感をもって実験に取り組んでもらう必要がある。また、タスクの難易度が試行ごとに一定でなかったことで、刺激の違いのみを比較することができていない可能性があったことから、タスクの難易度が一定のものにする必要があることが明らかになった。

これらの結果から、今回は刺激の比較のために設計したタスクのみを用いたが、実際に日常で行うタスクに用いた場合でも、視線の移動を抑制することによって、タスク外に意識が逸れることを防いで集中の継続を促すことができる可能性があると考えられる。ただ、実験全体の結果において、刺激を提示した条件での疲労度が無刺激よりも高くなるケースが多かったため、日常で実際にタスクを行う際に用いる物にする際には疲労を軽減する工夫

が必要になると考えられる．具体的には，画面の輝度値が激しく変化することによる目の疲労を，刺激の輝度値を低くすることによって抑えることが可能だと思われる．

第7章 おわりに

本研究は，PCで行うタスクにおいて集中が途切れてしまうという問題に着目し，タスクに対する集中の継続を支援することを目的とした．そこで，タスクの周辺に視覚刺激を提示することで，タスクの外に意識を向けにくくするという手法を提案した．

刺激の有用性について調査するために，実験により無刺激の場合と刺激を提示した場合とで行うタスクのパフォーマンスを比較した．提案手法の有用性を検証するため，視覚刺激を提示する場合としない場合でタスクを行う実験を実施し，それぞれのパフォーマンスを比較した．複数のタスクを用いて実験を行った結果，タスク範囲によって用いる刺激を変えることで集中に効果がある可能性が示唆された．

本研究によって視覚刺激がタスクの集中力向上に有用だと思われる可能性が示唆されたが，すべてのタスクに有用かどうかなど検証すべきことが多く存在する．本項で比較しなかった刺激同士の比較や，実際のタスクに用いることを想定した検証も今後行っていく必要がある．また今後の展望として，日常のタスクを行う際にそのタスクの背後に同時に刺激を提示するシステムの実装を行う予定である．さらに，このシステム実装の際には，目の疲労を緩和するために輝度値を下げるなどの調整ができるなどの工夫をすることを考えている．

本研究が今後集中に関する研究に微力ながら貢献出来ることを期待する．

謝辞

これまでの研究活動の中で、多くの人に支えて頂きました。研究室に配属してからの4年間で、研究を通して優秀な人達に囲まれ、多くの経験をさせていただいたことで、少しは成長できたのではないかと思います。特に、原稿執筆や学会発表の際、多くのサポートやアドバイスをいただいた中村聡史先生に深く感謝いたします。

最後に、本研究を進めるにあたり、様々な形で支援していただいた皆様全員に感謝いたします。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] ““学習時間を細かく分けた「45 分」で「60 分」と同等以上の学習効果を発揮“長時間学習”よりも短時間集中の“積み上げ型学習”が有効であった”
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000562.000000120.html>(参照：2021/12/16)
- [2] “98%がテレワーク中の集中力低下を経験！アンケート対象の 300 人が実践し効果を感じた“集中力アップ”対策とは？”
<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000071.000032757.html>(参照：2021/12/16)
- [3] フランチェスコ・シリロ, 斉藤裕一. どんな仕事も「25 分+5 分」で結果が出るポモドーロ・テクニック入門. 2019.
- [4] 佐藤聖高, 千種康民. 環境音と音楽をポモドーロテクニックに適用した集中力向上法. 電子情報通信学会技術研究報告. 2018. Vol. 118, No. 259, pp. 13-17.
- [5] 三浦利章. “視覚的注意と安全性 有効視野を中心として,” 照明学会誌 Vol.82, No.3, pp.180-184, (1998).
- [6] E. C. Poulton: Peripheral Vision, Refractoriness and Eye Movements In Fast Oral Reading. British Journal of Psychology Vol.53, No. 4, (1962).
- [7] Rovamo J, Virsu V, Näsänen R.: Cortical magnification factor predicts the photopic contrast sensitivity of peripheral vision. Nature Vol.271, pp. 54-56, (1978).
- [8] Barbara Sivak, Christine L. MacKenzie: Integration of visual information and motor output in reaching and grasping: The contributions of peripheral and central vision. Neuropsychologia Vol.28, No. 10, pp.1095-1116, (1990).
- [9] Aidan Macfarlane, Paul Harris, Ian Barnes: Central and peripheral vision in early infancy. Journal of Experimental Child Psychology Vol.21, No. 3, pp.532-538, (1976).
- [10] Th. Brandt, J. Dichgans, E. Koenig: Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception. Experimental Brain Research March, Vol.16, No. 5, pp 476-491, (1973).
- [11] Shizuko Matsuzoe: Intuitive Visualization Method for Locating Off-screen Objects Inspired by Motion Perception in Peripheral Vision. AH'17, (2017).
- [12] 福田忠彦: CFF で示される中心視と周辺視の感度差. テレビジョン学会誌 Vol.32, No.3, pp. 210-216, (1978).
- [13] Hans Strasburger, Ingo Rentschler, Martin Jüttner: Peripheral vision and pattern recognition: A review. Journal of Vision, Vol.11, No.13, (2011).
- [14] 福田忠彦. 図形知覚における中心視と周辺視の機能差. テレビジョン学会誌 Vol.32, No.6, pp.492-498, (1978).
- [15] 倩穎戴, 中村芳樹: 周辺視野における明るさ知覚に関する研究. 照明学会誌 Vol.96 No.11,

pp.739-746, (2012).

- [16] Stephen J. Anderson, Robert F. Hess: Post-receptor undersampling in normal human peripheral vision. *Vision Research* Vol.30, No. 10, pp.1507-1515, (1990).
- [17] 高橋 拓, 福地 翼, 山浦 祐明, 松井 啓司, 中村 聡史. 周辺視野における妨害刺激の減衰が集中度に及ぼす影響, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2017-UBI-56, No.7, pp.1-8, (2017).
- [18] 小濱剛; 新開憲; 臼井支朗. マイクロサッカードの解析に基づく視覚的注意の定量的測定の試み. 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.4, pp.571-576, (1998).
- [19] S. Yokoi, T. X. Fujisawa, K. Kazai, H. Katayose and N. Nagata, “The Effects of the Timing of Commercial Breaks by the Measurement of Brain Activity using fNIRS and Autonomic Nervous Activity.” Proc. 13th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, Jun, pp.206-211, (2007).
- [20] Ryumina, I. I., Kukhartseva M.V., Narogan M.V., Borovikov P.I., The use of computer vision technologies for an objective assessment of indicators of concentration of attention in newborns and infants with visual stimulation for the purpose of developmental care. *Neonatology: News, Opinions, Training*, pp.30-41, (2021).
- [21] 阿部麻美, 新垣紀子. BGM のテンポの違いが作業効率に与える影響. 日本認知科学会大会. (2010).
- [22] 新沼董, 饗庭絵里子, 北原鉄朗. BGM に含まれる言語が計算課題と読解課題に及ぼす影響. 研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC), Vol.23, pp.1-8, (2021).
- [23] Goran, B. W. S., Sverker, S., Jam, M. L. and Edmond, J. S. The effects of Background White Noise on Memory Performance in Inattentive School Children. *Behavioral and Brain Functions*. Vol. 6, No. 1, pp. 1-10, (2010).
- [24] Attarha, M., Bigelow, J., Merzenich, M. M. Unintended Consequences of White Noise Therapy for Tinnitus—Otolaryngology's Cobra Effect: A Review. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, pp.938-943, (2018).
- [25] 宮浦理彰, 鳴海拓志, 西村邦裕, 谷川智洋, 廣瀬通孝. 嗅覚ディスプレイを用いた作業支援 (作業支援, 人工現実感). In 映像情報メディア学会技術報告 34.25, 一般社団法人映像情報メディア学会. pp. 137-142, (2010).
- [26] 上田樹美, 下中尚忠, 下田宏, 石井裕剛, 大林史明. 知的集中状態を客観定量的に評価する手法開発の取り組み. 日本認知科学会第 36 回大会. pp.1-50. (2019).
- [27] 杉浦敏浩, 橋本哲, 寺野真明, 中村政治, 川瀬貴晴, 近藤靖史. ワークプレイスプロダクティビティの評価方法: 第 1 報-プロダクティビティ評価方法の整理と標準的な評価票の提案. 空気調和・衛生工学会 論文集, 32(123), pp.11-22, (2007).
- [28] Brett R.Jones, Hrvoje Benko, Eyal Ofek, Andrew D.Wilson. : IllumiRoom Peripheral Projected Illusions for Interactive Experiences. CHI'13. (2013).

- [29] Sebastian Boring, Otmar Hilliges, Andreas Butz: A Wall-Sized Focus Plus Context Display. Fifth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom'07. (2007).
- [30] 松井 啓司, 中村 聡史. 周辺視野への視覚刺激提示が時間評価に及ぼす影響, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No.3, pp.970 - 978, (2018).
- [31] 福地 翼, 松井 啓司, 中村 聡史. 周辺視への錯視図形提示によるコンテンツ視聴手法の実現, 情報処理学会論文誌, Vol.59, No..2, pp.681-689, (2018).
- [32] 鎌田 安住, 金田 大輔, 中村 聡史. デスクワーク時の集中を阻害する周辺視野領域での視覚妨害刺激の基礎検討, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2021-HCI-192, No.19, pp.1-8, (2021).
- [33] Wang, Cixiao, Ting Fang, Yinxuan Gu. Learning performance and behavioral patterns of online collaborative learning: Impact of cognitive load and affordances of different multimedia. Computers & Education 143 (2020).
- [34] Buffardi, Louis. Factors affecting the filled-duration illusion in the auditory, tactual, and visual modalities. Perception & Psychophysics, 10.4: pp. 292-294. (1971).
- [35] 田山忠行. 運動パターンを見ているときの持続時間の知覚 (心・行動・時間, 第 25 回大会シンポジウム 1). 基礎心理学研究, pp. 212-220. (2007).
- [36] Harrison, C., Yeo, Z., and Hudson, S. E: Faster Progress Bars: Manipulating Perceived Duration with Visual Augmentations, Proc. 28th ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2010), pp. 1545–1548, (2010).
- [37] Harrison, C., Amento. B., Kuznetsov. S., Bell, R. Rethinking the progress bar. In Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology pp. 115-118 (2010).
- [38] Jess Hohenstein , Hani Khan , Kramer Canfield , Sam Tung , Rocio Perez Cano: Shorter Wait Times: The Effects of Various Loading Screens on Perceived Performance. CHI'16. (2016).
- [39] Kentaro Hamada, Kaori Yoshida, Kei Ohnishi, Mario Koppen: Color Effect on Subjective Perception of Progress Bar Speed. Third International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems. (2011).
- [40] Kagawa, K., Itou, J. and Munemori, J. Effects of an Intuitional Pictograph Comment Function in a Video Sharing Web System. International Journal of Informatics Society. 2010. Vol. 2, no. 3, pp. 94-99. (2010).
- [41] 岡谷貴之, 石澤昂, 出口光一郎. 被写界深度ぼけの提示により奥行感を強化する注視反応型ディスプレイ. 電子情報通信学会論文誌(2009) pp.1298-1307.(2009).
- [42] Tamura, M. and Nakamura, S. A Method for Enriching Video-watching Experience with Applied Effects Based on Eye Movements. 25thInternational Conference on MultiMedia Modeling (MMM2019). 2019. Vol.11296, pp. 547-553, (2019).
- [43] Mantiuk, R., Bazyluk, B. and Tomaszewska, A. Gaze-Dependent Depth-of-Field Effect Rendering

- inVirtual Environments. In: Proceedings of the Second international conference on Serious Games Development and Applications. 2011. pp. 1-12, (2011).
- [44] Park Du-Jin: Effect of visual stimulus using central and peripheral visual field on postural control of normal subjects. Journal of Physical Therapy Science. (2016).
- [45] 橘卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本浩之. PC 作業時の集中力向上のための作業用壁紙. 情報処理学会シンポジウム論文集(情報処理学会ワークショップ論文集). 2012. Vol. 2012, no. 3, pp. 843-849, (2012).
- [46] 高橋 拓, 福地 翼, 山浦 祐明, 松井 啓司, 中村 聡史. タスク作業中の周辺視野への視覚刺激提示が集中に及ぼす影響の調査, 電子情報通信学会 ヒューマンコミュニケーション基礎研究会 (HCS) , Vol.118, No.HCS2018-4, pp.1-6, (2018).
- [47] 山浦 祐明, 中村 聡史. 周辺視野に対するぼかしエフェクトが作業時の集中力に及ぼす影響の調査, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2019-HCI-184, No.10, pp.1-8, (2019).
- [48] 南里 英幸, 中村 聡史. カウントダウン提示によるタスクへの再集中手法の検討, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2021-HCI-192, No.35, pp.1-7, (2021).
- [49] JINS MEME
<https://jinsmeme.com/> (参照 : 2021/12/16)
- [50] R. S. Kennedy, N. E. Lane, K. S. Berbaum and M. G. Lilienthal, Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International Journal of Aviation Psychology, Vol.3, pp.203-220, (1993).
- [51] Card, S.K; Moran, T. P; and Newell, A. The Model Human Processor: An Engineering Model of Human Performance. In K. R. Boff, L. Kaufman, & J. P. Thomas (Eds.), Handbook of Perception and Human Performance. Vol. 2: Cognitive Processes and Performance, pp. 1-35, (1986).

本論文に関する発表論文

- [1] 桑原 樹蘭, 高橋 拓, 中村 聡史. 一点注視型タスクにおける周辺視野への視覚刺激提示が集中度に及ぼす影響, 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) , Vol.2018-HCI-180, No.13, pp.1 - 7, 2018.
- [2] 桑原 樹蘭, 南里 英幸, 中村 聡史. タスク周辺への視覚刺激を用いた PC 上タスクに対する集中度向上手法の検討, 情報処理学会 ヒューマンコンピュータインタラクション研究会 (HCI) , Vol.2021-HCI-193, No.21, pp.1-7, 2021.