

2019 年度 修士学位請求論文

周辺視野領域のぼかし強調による
集中促進手法

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

山浦 祐明

Master's Thesis

Concentration promotion method
by blur enhancement in peripheral vision

Frontier Media Science Program,
Graduate School of Advanced Mathematical Sciences,
Meiji University
Hiroaki Yamaura

概要

日常生活において、ディスプレイ上での作業に集中しなければいけない場面は多く存在する。しかし、作業のような退屈なものに対して集中を維持することは難しい。また、動画の視聴のようなコンテンツ体験に対して集中したいときでも、SNS の通知などによってその集中が阻害されてしまうこともある。そこで本研究では PC のようなディスプレイ上における集中の維持・促進を行う手法について検討する。

集中ができない、または維持できない理由としては、集中を阻害する要因が存在すると考えられる。例えば知覚的鋭敏化という、本人にとって価値がある情報は意識的に無視できないという人間の特性によって、Web 上での情報収集中に関係ない情報を探し始めてしまうといったことが起こりうる。他には画面端に表示された SNS の通知によって、映画の視聴中やゲームのプレイ中における没入感や臨場感が失われてしまうといったこともある。このように集中できなくなってしまうのは、ディスプレイ上に存在する情報量の多さが原因ではないかと著者は考えた。特に、人間の視野特性である周辺視野は無意識的に情報を処理するという機能を有しているため、この周辺視野の情報量を削減することができれば集中の維持や促進につながると考えられる。

情報量の削減にあたっては、ディスプレイ上の周辺視野に該当する領域を黒く塗りつぶすなど様々な方法が考えられる。しかし、黒く塗りつぶすような方法だと、必要な情報も削減してしまう可能性が大きく、そもそも普段のディスプレイ環境とは視覚的な差異が大きいため、邪魔に感じたり違和感を覚えたりすることになりかねない。ここで、周辺視野には有効視野と呼ばれる、ものの認知に大きく関わる領域が存在することが知られている。さらに有効視野には、集中するとその領域が狭窄するという特性があることがわかっており、このことから有効視野が狭窄しているような感覚を抱くことができれば、逆に集中状態を誘発できる可能性がある。そこで、有効視野が狭窄しているとき、周辺視野でとらえている視界は普段よりもぼやけて見える状態であるという特性から、周辺視野の映像のぼかしを強調することによって、有効視野が狭窄している感覚を引き起こすことができるのではないかと考えた。これによって情報量の削減を行いつつ、ぼかしの特性から一定量の情報量は維持できるため、適度な情報量の削減が行えと考えられ、集中の維持や促進につながると期待できる。さらに、ぼかしが面白さなどの印象を増幅させることがわかっているため、印象の増幅によってコンテンツ体験においても、集中の促進が行えと考えられる。

以上のことから、ぼかし強調によって情報量の削減、有効視野狭窄の演出、印象の増幅ができると考えられ、これら 3 つの要素によって集中の維持や促進が行えと期待される。そこで、これら 3 要素についてそれぞれ小仮説を立て、実験を行い検証することで提案手法の有用性を調査する。

まず、印象の増幅によって期待される仮説は、ゲームや動画などのコンテンツに対して集

中できるようになることであり、この仮説を検証するための実験をコンテンツ体験拡張実験とする。次に、有効視野狭窄の演出によって期待される仮説は、作業のような課題に対して集中しやすくなることであり、この仮説を検証するための実験を集中促進実験とする。最後に、情報量の削減によって期待される仮説は、何かに集中している際にその集中を妨害するようなものが表示されてもその集中を維持できるという仮説であり、この仮説を検証するための実験を集中妨害抑止実験とする。これら 3 つの小仮説をもとにした実験を行い、ぼかし強調手法によって集中しやすくなるのかを検証する。

まずコンテンツ体験拡張実験の目的は、実際に発売されているビデオゲームに対してぼかし強調を行い、そのゲームプレイに影響を及ぼすかの調査である。4 種類のゲームに対して実験を行った結果、ゲームプレイにおける印象を増幅すること、集中しやすさは向上するが見えやすさといった生理的印象を低減させること、その技術力には影響を及ぼしていないことを明らかにした。

集中促進実験の目的は、日常的な作業を想定した課題を 3 種類用意し、パフォーマンスや客観集中度に影響を及ぼすかの調査である。3 種類の課題に対して実験を行った結果、ぼかし強調が及ぼす課題に対する主観的な評価への影響は小さいこと、また生理的印象については、心地よさ具合と見えやすさを低下させ、集中しやすさが向上すること、目の疲れにはあまり影響を及ぼさないことが明らかになった。さらに客観集中度については、ぼかし強調によって向上すること、作業のパフォーマンスについては、2 課題において向上することが明らかになった。

最後の集中妨害抑止実験の目的は、知覚的鋭敏化のような集中の阻害となる対象に対してぼかし強調を行うことで、その集中の阻害を抑止できるかの調査である。実験ではボタンの点消灯する順番を覚えるという記憶タスクの周囲である周辺視野領域において、知覚的鋭敏化を引き起こすと考えられる自分自身の名前を提示した。その結果、ある程度のぼかしの強さで強調を行うことで、知覚的鋭敏化を抑制することが可能なことが示された。また、ぼかしの強さが一定の範囲内であるときには、知覚的鋭敏化は人の集中力や記憶力に対して良い影響を及ぼす可能性が示唆された。

以上の実験結果から、3 つの小仮説が立証され、ぼかし強調手法の有用性が示された。

Abstract

In daily life, there are many situations in which one must concentrate on their work on a display. However, it is difficult to maintain such concentration for boring things. In addition, when a user wants to concentrate on a content experience such as watching a video, their concentration is sometimes disturbed by notifications of SNSs. In this paper, we discuss a method to maintain and improve one's concentration on a display like PC.

The difficulty to maintain concentration may be due to factors that interfere with concentration. For example, a human characteristic of perceptual sensitization that information valuable to the person cannot be consciously ignored can lead people to start looking for irrelevant information while they search for information online. In another case, SNS notifications on the edge of the screen can cause a loss of immersion or presence while watching a movie or playing a video game. Then, it is considered that this loss of concentration might be caused by the large amount of information on the display. In particular, since peripheral vision, which is human visual field outside the point of fixation, has a function to process information unconsciously, reducing the amount of information in peripheral vision would lead to maintenance and improvement of concentration.

To reduce the amount of the information, various methods, such as blackening region which corresponds to the peripheral vision on the display, can be considered. However, the blackening method above could make necessary information invisible too, and since vision with the blackened area is largely different from ordinary display environment, it may make users feel interrupted or uncomfortable. Here, there is a region in peripheral vision called effective vision, which is greatly related to recognition of things. The effective vision is known to have a characteristic of narrowing the vision when the person concentrates on seeing or reading something. From this fact, it is considered that concentration state can be induced when users feel that their effective vision is narrowed. Then, the sense that the effective vision is narrowed can be caused by enhancement of blur on the image in the peripheral vision. This is because when the effective vision is narrowed, the view in the peripheral vision is more blurry than usual. This makes it possible that to maintain a certain amount of information due to the blur characteristics and reduce the appropriate amount of information at the same time, which can be expected to help maintenance and improvement of concentration. In addition, as it is known that blurring makes positive impressions stronger, it is considered that concentration can be improved in content experience as well with stronger impressions.

The observations above suggest that blurring can reduce the amount of information, produce effective vision constriction, and strengthen impressions. These three factors are

expected to maintain and improve concentration. Then, the present study investigates the usefulness of the proposed method by making hypotheses for each of these three elements, and by carrying out experiments to verify them.

First hypothesis expects that strengthening impression helps users concentrate on contents such as video games and videos. This hypothesis is examined by a content experience extension experiment. Next, second hypothesis assumes that the presentation of effective vision stenosis makes it easy to concentrate on tasks such as work. A concentration promotion experiment is conducted to see the validity of this hypothesis. Finally, third hypothesis is that reducing the amount of information makes it possible to keep concentration even if something on the display interferes. This third hypothesis is tested by a concentrated interference suppression experiment. The experiments based on these three hypotheses are carried out to verify whether the blur enhancement method facilitates concentration.

The content experience extension experiment was conducted to investigate whether the blur enhancement applied to video games that are actually on sale affects the game play. The experimental results on four types of games showed that the impressions on the game play were strengthened, concentration was improved, and the technical ability was not affected. However, it was found that physiological impression such as visibility was reduced.

The concentration promotion experiment tested whether three types of daily work tasks affect performance and objective concentration. The results showed about the physiological impression that comfort and visibility lowered. In addition, it was found that the blur enhancement had little effect on subjective evaluation of tasks and eye fatigue, and it improved concentration. Moreover, it was observed that the degree of objective concentration was improved by the blur enhancement, and performance of the tasks was improved in two of the tasks.

The concentration interference suppression experiment was carried out to examine whether interference of concentration can be suppressed by applying the blur enhancement to interfering factors such as perceptual sensitization. In the experiment, participants were asked to work on a memory task to remember the order of lights that were turned on and off, and their own names were presented in their peripheral vision to cause perceptual sensitization. The results reported that it was possible to suppress the perceptual sensitization by emphasizing the intensity of the blur to some extent. It is also suggested that perceptual sensitization may have a good effect on human concentration and memory when the intensity of blur is within a certain range.

The experimental results above verified the three hypotheses, and proved the usefulness of the blur enhancement technique.

目次

第1章 はじめに	1
1.1. 集中を阻害する要因	1
1.2. 情報量の削減	2
1.3. 研究目的と仮説	3
1.4. 論文構成	4
第2章 ぼかし強調システム	5
2.1. 考慮すべき視野特性	5
2.1.1. ぼかし強調の範囲	5
2.1.2. ぼかしの重みづけ	5
2.1.3. 動的なぼかし強調	6
2.2. システム構成	6
2.2.1. 外部映像を入力しないシステム	7
2.2.2. 外部映像を入力するシステム	7
2.3. システムを用いた予備実験	8
第3章 関連研究	10
3.1. コンテンツ体験拡張実験における関連研究	10
3.1.1. 体験拡張に関する研究	10
3.1.2. 視線を用いた体験拡張に関する研究	11
3.1.3. ビデオゲームの技術力に関する研究	11
3.2. 集中促進実験における関連研究	12
3.2.1. 視覚情報と集中に関する研究	12
3.2.2. 聴覚情報と集中に関する研究	13
3.3. 集中妨害抑止実験における関連研究	13
3.3.1. 知覚的鋭敏化に関する研究	13
3.3.2. 抑止する知覚的鋭敏化の種類	13
3.3.3. ぼかしがユーザに及ぼす影響について	14
第4章 コンテンツ体験拡張実験	15
4.1. 実験	15
4.1.1. ビデオゲームの選定	15
4.1.2. 実験環境	16
4.1.3. 実験内容	17
4.1.4. 結果	19
4.2. 考察	21

4.2.1.	全体の考察.....	21
4.2.2.	ゲーム別の考察.....	23
4.3.	コンテンツ体験拡張実験のまとめ.....	24
第5章	集中促進実験.....	25
5.1.	実験.....	25
5.1.1.	実験設計.....	25
5.1.2.	実験環境.....	26
5.1.3.	実験内容.....	26
5.1.4.	実験結果.....	29
5.1.5.	考察.....	30
5.2.	タイピング課題に関する追実験.....	32
5.2.1.	実験設計.....	32
5.2.2.	実験内容.....	33
5.2.3.	実験結果.....	33
5.2.4.	考察.....	34
5.3.	総合考察.....	35
5.4.	集中促進実験のまとめ.....	35
第6章	集中妨害抑止実験.....	37
6.1.	実験.....	37
6.1.1.	中心視野に提示する記憶タスクの設計.....	38
6.1.2.	重畳するぼかしエフェクトの強さ.....	38
6.2.	実験結果.....	38
6.2.1.	全問正答率.....	39
6.2.2.	順目ごとの正答率.....	41
6.3.	考察.....	42
6.3.1.	知覚的鋭敏化の再現.....	43
6.3.2.	ぼかしと知覚的鋭敏化の影響について.....	45
6.4.	集中妨害抑止実験のまとめ.....	47
第7章	総合考察.....	49
7.1.	3つの仮説と集中の関係.....	49
7.2.	ぼかし強調の課題.....	49
7.3.	応用先.....	50
第8章	おわりに.....	52

第1章 はじめに

日常生活において、作業や仕事などの集中しなければならない場面や、動画の視聴やゲームコンテンツをプレイするなどの集中したい場面というのは数多く存在する。特に IT 事業や e-Sports などが盛んな現在では、PC を用いた作業やコンテンツ体験に対して集中するというのは非常に重要である。例えば、プログラミングや文書作成、表計算ソフトを用いた事務処理や Web 上での情報収集などのような仕事や課題に取り組んでいる場面がある。このような場面では、作業効率が重要であり、作業効率を向上させるには集中力を維持することが欠かせない。また、e-Sports に該当するようなゲームコンテンツをプレイする際も、そのパフォーマンスを向上するために集中は非常に重要である。しかし、集中を維持することは難しく、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というのはおよそ 40 分程度しか持続しないことが示唆されている。つまり、作業や退屈なことに対しては長時間集中することは難しいと言える。

このような問題を解決するための方法としてはいくつか存在しており、有名な方法の 1 つに、任意のタスクを 25 分間続けた後に 5 分間の休憩をとるという短い流れを 1 サイクルとし、このサイクルを繰り返すというポモドーロ法[2]が知られている。このポモドーロ法は短いサイクルを繰り返すため、集中が維持しやすくなり、効率よくタスクを進めることができる」とされている。また、ポモドーロ法についての研究もされており、佐藤ら[3]は環境音と音楽をポモドーロ法と組み合わせた集中力の向上方法を提案している。しかし、ポモドーロ法は特に個人のタスクに対する意思に依存する部分が大きいため、誰しもが実践できるとは言い難い。他にも、より一般的な方法として多くの人が行っていると考えられるのは、作業用 BGM と呼ばれる音楽を流す方法である。これは、作業中に自分の好きな音楽を流すことで集中を促して作業効率を向上させるというものであるが、その効果については実証されていないため、集中するための方法であると位置づけるのは難しい。Gianna ら[4]の研究によると、作業用 BGM はタスクのパフォーマンスを下げてしまうことが示唆されており、作業効率を向上させるところか、むしろ逆効果となってしまう恐れがある。また、このような方法は作業を対象としており、映画の視聴やビデオゲームのプレイなどのコンテンツ体験における集中は対象となっていない。このようなコンテンツ体験においても、画面端に現れた SNS の通知などによって集中が乱される場合があるため、汎用的に集中の維持・向上を図る方法が必要であると考えられる。そこで本研究は、PC のようなディスプレイ上における集中の維持・促進を行えるような手法について検討する。

1.1. 集中を阻害する要因

ディスプレイ上での作業やコンテンツ体験に集中できない理由には、集中を阻害する要

因の存在が考えられる。例えば、課題のレポートやプレゼンテーションで用いる資料の作成のために、Web ページで情報や素材を収集している際に、偶然興味をそそられる内容の記事のリンクを見つけてしまい、そのまま本来の趣旨を忘れて記事を読み漁ってしまうという経験をしたことがある人は少なくない。このような思わず注意が向いてしまう情報は、それが本人にとって重要であるか価値があるということが大きく関係しているとされており[5]、そのような情報に対して反応が早くなったり過剰になったりすることを知覚的鋭敏化という[6]。知覚的鋭敏化は、選択的注意[7]の一種であり無意識的に発生するという特性を有している。そのため、気になってしまった情報を無視することが極めて困難であると言える。他の例としては、はじめに述べたように SNS の通知が画面の端に表示されて、その内容が気になって返信したり中身をチェックしたりした結果、集中状態が遮断されてしまうということも考えられる。あるいは、ゲームのプレイ中や映画などの視聴中において、画面端に通知が表示されてしまうと、そのコンテンツに対する没入感や臨場感が失われてしまい、十分にそのコンテンツを体験できないといったことにもなりかねない。このように集中できなくなってしまう理由としては、知覚的鋭敏化を引き起こすようなワードや、画面端で動きや色がちらつく SNS の通知などの、画面上の情報量の多さが原因であると考えられる。そこで著者は集中が阻害される要因を情報量の削減によって減らすことができれば、結果として集中の維持・促進が行えるのではないかと考えた。

ここで、人間の視野には注視した対象をはっきりと知覚する中心視野とその周囲をぼんやりと知覚する周辺視野と呼ばれる視野領域が存在している。特に周辺視野は無意識的に情報を処理するという役割を担っており、ものの認知に大きく関わっている。また、周辺視野は明るさの知覚や動きの知覚に優れているという特性ももっており、光がちらついたり、何かが動いていたりすると気になってしまうのはこの特性のためだと言える。このような周辺視野の特性を考慮すると、集中できなくなってしまう理由の 1 つとして周辺視野から得られる情報量が多すぎることが考えられる。そこで著者は、周辺視野から得られる情報量に着目し、この情報量の削減によって集中の阻害となる要因を減らすことで、集中の維持や促進が可能になるのではないかと考えた。

1.2. 情報量の削減

周辺視野の情報量を削減するにあたっては様々な手法が考えられる。例えば、ディスプレイ上の周辺視野に該当する領域を黒く塗りつぶすという手法があげられる。しかし、画面を黒く塗りつぶしてしまうと、情報量の削減は行えるが必要な情報も削減してしまう可能性が大きい。また、普段のディスプレイ環境とは視覚的に大きく異なるため、邪魔に感じたり、違和感を覚えたりする要因になりかねない。これらの理由から、周辺視野領域を黒く塗りつぶすような手法だとそもそもの行為自体に支障が出る恐れがある。したがって、必要な情報は維持しつつも不要な情報を削減し、かつ違和感が発生しないような手法が求められる。ま

た、実際に発売されている周辺視野の情報量を削減した商品として WEAR SPACE[8]がある。WEAR SPACE は周囲の音を遮断するノイズキャンセリング機能をもったヘッドホンと視野角を調整できるパーティションで構成されたウェアラブル端末であり、視野角を調整することで視界に入る情報量の削減を実現している。しかし WEAR SPACE の構成上、水平方向の周辺視野情報は削減できるが、垂直方向の周辺視野情報には対応できていない。そのため、ディスプレイ上で情報量の削減を行うには不十分であると言える。

ここで、周辺視野には有効視野と呼ばれる、ものの認知に大きく関わる領域が存在しており、複雑な運転課題のような集中する場面において狭窄することが知られている[9]。この有効視野の特性から、有効視野が狭窄しているような感覚を引き起こすことができれば、逆に集中状態を誘発できる可能性がある。ここで、有効視野の狭窄が起こっているとき、周辺視野でとらえている視界はいつもより低解像度の映像、つまり普段よりぼけて見えている状態である。そこで著者は、周辺視野の映像のぼかしを強調することによって、有効視野が狭窄しているような感覚を演出し、それによって情報量を削減できるのではないかと考えた。またぼかしという特性から、周辺視野の情報量は一定量維持されるため、適度な情報量の削減が行えると考えられ、集中の維持や促進につながるのではないかと期待される。さらに Hillaire ら[10]の研究から、ぼかしが面白さなどの印象を増幅させることがわかっているため、ぼかし強調はコンテンツ体験における印象を増幅し、それによってコンテンツ体験における集中の促進が行えることも考えられる。

1.3. 研究目的と仮説

1.2 節を踏まえて、本研究の目的は周辺視野のぼかしが強調されているような効果をディスプレイ上に重畳し、様々な作業やコンテンツに対して集中の維持・促進を可能とする手法の実現である。そこで、ぼかし強調によって集中できるようになるかを大仮説とし、この仮説を立証することで提案手法の有用性を示す。ここで、集中をもたらす要素となると考えられるのは 1.2 節より情報量の削減と有効視野狭窄の演出、印象の増幅の 3 つである。この 3 つの要素について次の 3 つの小仮説を立て、それぞれについて検証する。

1 つ目は、ゲームや動画などのコンテンツに対して集中しやすくなるという仮説である。これは、ぼかしが強調されることによって没入感や臨場感などの印象が増幅し、その結果コンテンツに対して集中できるようになると考えたためである。Hillaire ら[10]の研究では、視線位置に応じて仮想世界のぼかし具合を変化させ、面白さや奥行き感の増幅が行えたことを明らかにしている。そのため、仮想世界ではなくディスプレイ上の周辺視野のぼかしを変化させることでも、印象の増幅が行えると期待される。この仮説を実証するための実験を、コンテンツ体験拡張実験とする。

2 つ目は、作業のような課題に対して集中しやすくなるという仮説である。これはぼかしを強調することによって、1.2 節で説明した有効視野が狭窄している感覚を演出することが

でき、その結果集中しやすくなると考えたためである。高橋ら[11]は、周辺視野や有効視野といった視野特性を考慮し、縞模様が画面の外側に向かって膨張し、その縞模様が徐々に見えなくなるような、減衰型妨害刺激と呼ばれる視覚エフェクトを提案しており、この減衰型妨害刺激を用いることで、計算課題中において深い集中に入れることを明らかにしている。また減衰型妨害刺激には、有効視野が狭窄しているような感覚を演出する目的があると高橋らは述べているため、ぼかしの強調によって有効視野が狭窄している感覚が演出できれば、集中を促進できると期待される。この仮説を実証するための実験を、集中促進実験とする。

3つ目は、何かに集中している際にその集中を妨害するようなものが表示されてもその集中を維持できるという仮説である。これはぼかしの強調を行い、知覚的鋭敏化によって気になってしまう情報を削減することで、その情報が気にならなくなり、集中を維持できるようになると考えたためである。福田[12]は、注視点から 6.5 度～40 度の範囲では図形を構成する要素の一部しか知覚することができないことを明らかにしており、この研究を踏まえると周辺視野のぼかしを強調することで、気になってしまう文字列の情報削減ができ、その結果集中の維持につながると期待される。この仮説を実証するための実験を集中妨害抑止実験とする。

これら 3 つの小仮説を実証する実験を行い、それらの結果を踏まえてぼかし強調によって集中できるようになるのかという大仮説を検証する。

1.4. 論文構成

本研究の構成としては、まず 1 章で集中ができない場面とその要因について分析し、その解決方法であるぼかし強調手法と、期待される効果および効果の検証方法について述べた。2 章ではぼかし強調手法の実装方法について述べる。3 章では、関連研究について述べる。次に 4 章では、1 つ目の仮説の実証実験であるコンテンツ体験拡張実験について、5 章では 2 つ目の仮説である集中促進実験について、6 章では 3 つ目の仮説である集中妨害抑止実験について述べる。7 章では 4～6 章の実験結果をもとに総合的な考察を行い、最後の 8 章では本研究の統括をし、ぼかし強調手法の応用可能性について述べる。

第 2 章 ぼかし強調システム

2.1. 考慮すべき視野特性

ぼかし強調を行うにあたりシステムの仕組みとして取り入れるべき点が 3 つ存在する。どの範囲のぼかし強調を行うかという点と、ぼかし強調の強さをどう設定するかという点、そして視線位置に応じてぼかし強調が行われる範囲が動的に変化する点である。これらの留意点が重要だと考える理由については、次項でそれぞれ説明する。

2.1.1. ぼかし強調の範囲

福田の研究[12]や Strasburger の研究[13]によると、人間の視野において対象の特徴が把握可能な領域は楕円状であるとされている。そのため、ぼかし強調を行う範囲は楕円状にする必要があると考えられる。そこで、今回実装するシステムでは中心視野領域を上下 15 度以内、左右 20 度以内とし、それ以外の領域をぼかし強調を行う周辺視野領域とする。これによって、有効視野が狭窄しているような感覚を増すことができると期待される。

2.1.2. ぼかしの重みづけ

福田[12]の研究から、視野角において 6.5 度から 40 度の範囲では図形を構成する要素の一部しか知覚することができないことが明らかにされている。つまり、離れば離れるほど得られる視覚情報は少ないと言える。さらに有効視野の特性から、集中時にはより狭い範囲でしか図形の知覚ができないと考えられる。このことから、注視点から離れば離れるほど、ぼかし強調の強さを大きくすることによって、有効視野が狭窄している感覚を強めることができるのではないかと期待される。ここで、画像処理に用いられるフィルタの 1 つにガウシアンフィルタが存在する。ガウシアンフィルタはある画素からの距離に応じて注目画素に重みをかける処理を行うフィルタであり、ぼかしがかった映像や画像を作るのに適している。このガウシアンフィルタを用いることで、注視点から離れるほどぼかしの強さが大きくなるような映像にすることが可能であると考えられるため、ぼかし強調にはガウシアンフィルタを用いることとする。ここでそれぞれフィルタの重みを σ 、映像の任意の座標を (x, y) 、フィルタの適用領域であるカーネルを k [ピクセル]とし、注目画素に対するフィルタ重畳前の RGB 値を $(r_{before}, g_{before}, b_{before})$ 、フィルタ重畳後の RGB 値を $(r_{after}, g_{after}, b_{after})$ とすると重畳後の RGB 値は次の (1), (2), (3), (4) 式より求められる。

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

$$r_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k r_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (2)$$

$$g_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k g_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (3)$$

$$b_{after} = \sum_{y=1}^k \left\{ \sum_{x=1}^k b_{before} \cdot f(x, y) \right\} \quad (4)$$

以上の式より導出された RGB 値 (r_{after} , g_{after} , b_{after}) をエフェクト重畳後の RGB 値として適用することで、ディスプレイ上において有効視野が狭窄している感覚を演出し、適度な情報量の削減を行う。ここで、フィルタの重み σ を大きくすることでぼかしが強くなるが、 σ のみを大きくしてしまうと重畳後の RGB 値が 0 に近づき画素の明度が低くなってしまいうため、カーネル k を σ に応じて大きくすることで、明度を低くすることなくぼかしを強めている。

2.1.3. 動的なぼかし強調

ぼかし強調をするにあたって、ディスプレイ上の視線位置に応じてその範囲を変化させる必要がある。この理由としては、ある一点をあらかじめ中心視野領域と定め、その周りをぼかすような場合、現実世界のユーザの中心視野・周辺視野とディスプレイ上で定義された中心視野・周辺視野が一致しない問題が起こる。この場合、視野の不一致によって違和感や見づらさが増幅してしまうと考えられる。そこで 2.1.1 項の内容を踏まえ、ユーザの視線を検出し、その検出した注視点の上下 15 度以内、左右 20 度以内を中心視野領域とし、それ以外の領域を周辺視野領域とする。これによって、ユーザの視線に追従する形でぼかし強調が行えるため、有効視野狭窄の演出につながると考えられる。なお、視線の検出には Tobii Eye Tracker を用いる。

2.2. システム構成

2.1 節の内容を踏まえてぼかし強調システムを実装する。システムはディスプレイの映像に対してそのままぼかし強調を行う外部入力機構をもたないシステム、また外部から映像を取得し、その映像に対してぼかし強調を行う、外部入力機構をもつシステムの 2 種類のシステムを実装した。それぞれについて 2.2.1 項と 2.2.2 項で説明する。

2.2.1. 外部映像を入力しないシステム



図1 システムイメージ図

システムの実装には Processing と GLSL (OpenGL Shading Language) を用いた。システムの流れとしては、まず Processing が指定された映像を提示しつつ、Tobii Eye Tracker から送られてきた視線情報を受け取り、GLSL 側に渡す。次に、GLSL は得られた視線情報からぼかしエフェクトを生成し、エフェクトを Processing に送り返す。そして、Processing が送られたエフェクトと指定された映像を組み合わせ、ぼかし強調がされた映像を提示するというものになる。ここで、Processing だけで完結させずに GLSL を用いた理由は、提示される映像情報の更新の遅延を最小限に抑える目的のためである。GLSL は画像処理に特化したプログラミング言語であり、GPU を用いて処理を行うため、高速な画像処理によって遅延を最小限に抑えることが可能である。映像更新の遅延が発生してしまうと、有効視野狭窄の演出からかけ離れてしまうため、GLSL の利用は欠かせないと考えられる。実装したシステムを用いることで得られる映像のイメージ図を図1に示す。図1ではぼかしエフェクトを水色で示しており、このぼかしエフェクトが指定された映像に重畳されることで、ユーザの視線に追従するぼかし強調を実現している。このシステムは、Web ページや実験システムに対してぼかし強調を行う場面で利用されることを想定している。

2.2.2. 外部映像を入力するシステム

一般的に発売されているビデオゲームなどに対してぼかし強調を行う場合、その映像をぼかし強調を行うプログラムに入力する必要がある。そこで、映像を一旦カメラ映像として出力し、その映像に対してエフェクトを付与する。この処理において、できるだけ遅延のないように外部の映像を取得し、かつエフェクトを付与して提示することが重要になる。これは、ゲームのようにインタラクティブ性をもつものにおいて、遅延はその体験を大きく損ねると考えられるからである。なお、基本的な処理の流れは 2.2.1 項と同様、Processing と GLSL を用いたものである。

ビデオゲームの映像に対して取得する場合を例にとり説明すると、まずリアルタイムに

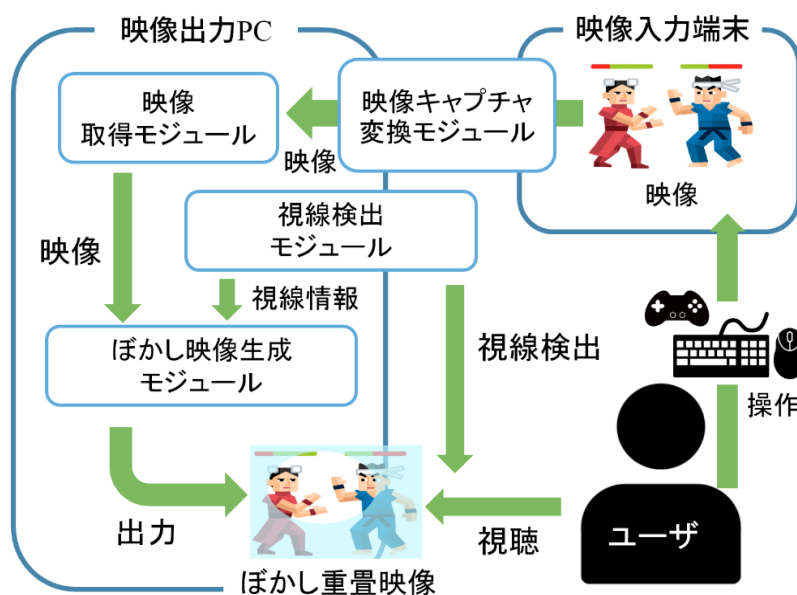


図2 システムの構成

ビデオゲームの映像を取得するため、ゲーム機から HDMI で出力された映像を USB で出力するための UVC（USB Video Class）規格の機器 AV.io 4K を用い、HDMI 映像をウェブカメラ映像として USB 出力する。次に、ビデオゲームをプレイする側の映像とシステムの遅延を発生させないようにするため、システムが動作する PC を NVIDIA 社の GPU である GeForce GTX 1070 が搭載された 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。なお、先述した AV.io 4K についても 60fps のキャプチャ速度であるため、映像の中継における遅延も低減されている。これらの処理段階を経た映像について著者らが複数回体験し主観で判断したうえで、遅延が全く感じないレベルになるようぼかしエフェクトなどの調整を行ったため、遅延による影響は発生しないと考えられる。システムの構成は図 2 の通りであり、図中の映像キャプチャ変換モジュールが AV.io 4K、視線検出モジュールが Tobii Eye Tracker、映像取得モジュールおよびぼかし映像生成モジュールが Processing と GLSL に当たるものとなっている。

2.3. システムを用いた予備実験

4～6 章の実験を行う前に、実装したシステムが遅延を排除できているか、また集中しやすくなるかの効果が見込めるかを確認するため予備実験を行う。予備実験では、動画コンテンツに対してシステムを適用し、ぼかし強調がある場合とない場合で違いがあるかを実験協力者にアンケートをとり、その結果について分析する。

実験には解像度の低いレトロゲームのプレイ動画、解像度の高い比較的新しいゲームのプレイ動画、現実世界の映像を映した風景の動画の 3 種類を用いた。これらの動画を用い

た理由は、4章で行うコンテンツ体験拡張実験の仮説が成り立つかの判断基準とするためである。実験協力者は8名の大学生であり、ぼかし強調がある動画とない動画を1種類につき4本の動画を視聴してもらった。アンケートの結果、システムを用いることでほぼすべての動画の臨場感や没入感といった印象が増幅し、一部の動画について集中して視聴できるようになったというコメントが得られた。このことから、システムを用いることで集中がしやすくなる可能性は十分にあると考えられ、4章の仮説が成り立つ可能性も大きいと言える。さらに、遅延について言及している実験協力者がいなかったことから、遅延を気にならないレベルにまで排除できていると考えられる。

以降の4～6章での実験では、このぼかし強調システムを用い、それぞれの仮説を検証する。

第3章 関連研究

本章では、3つの小仮説それぞれの関連している研究について記述する。これらの関連研究を参考にし、小仮説を実証するための実験を行う。

3.1. コンテンツ体験拡張実験における関連研究

3.1.1. 体験拡張に関する研究

体験拡張を取り扱っている研究は今までにも数多くなされてきた。松田ら[14]はウェブ上の動画コンテンツに対して集中線や泡などのエフェクトを付与し、他者と共有することが可能なシステムである Decoby を提案している。松井ら[15]は動画コンテンツの周辺部分に、Web カメラから取得したリアルタイムの現実世界の映像とエフェクトを重畳することでコンテンツの視聴体験を拡張している。また Kagawa ら[16]は直感的絵文字コメントと呼ばれる、ハートや音符等の感情を表したイラストを動画コンテンツに付与することによって、動画コンテンツに対する印象を増幅している。さらに Dive into the Movie[17]は、映画コンテンツ内の登場人物の顔を抽出し、ユーザの顔を埋め込むことで、また Hirai ら[18]は Web カメラを用いたシステムを用いて映像の中にユーザを投影することでそれぞれ印象を増幅している。現実空間に着目した研究もいくつかあり、Illumiroom[19]は Kinect を用いて現実空間を認識し、ディスプレイ内のゲーム映像に合わせた映像をプロジェクタから現実空間に投影することでコンテンツへの没入感を高めることに成功している。ExtVision[20]は映像の周辺視野領域に対して、畳み込みニューラルネットワークを用いて映像の外側部分を予測生成し、プロジェクタから投影することで臨場感や没入感といった印象を増幅している。しかし、プロジェクタのある視聴環境を準備することは容易ではないため、様々な環境下でも使えるということが体験拡張研究において重要である。このように体験拡張については様々な研究がなされてきており、そのニーズは高く、本研究も体験拡張研究の分野に寄与すると期待される。

福地ら[21]は音楽動画の縁部分に着目し、その動画の特徴を反映したエフェクトや、錯視図形を提示することで音楽動画の視聴体験拡張可能な手法を提案している。この研究では「面白い」や「飽きない」といった肯定的なフィードバックを得ていたが、「見ていると疲れる」や「酔う」などのフィードバックも得ていたことから、酔いやさや見やすさといった生理的印象に悪影響が及んでいたことが示唆されている。また、岩瀬ら[22]は長時間 HMD を装着して 3D 映像を視聴すると姿勢が不安定になり、乗り物酔いしやすくなることを明らかにしている。このことから、視聴体験拡張には特性上生理的印象に対する悪影響が及びやすいのではないかと考えられる。つまり上記の関連研究同様に生理的印象の変化を

分析・考察を行い、将来的に生理的印象に悪影響を及ぼさずに視聴体験拡張を行えるかどうかについても議論する必要がある。

3.1.2. 視線を用いた体験拡張に関する研究

体験拡張を目指した研究のうち、視線を用いた研究も多くなされている。Tamura ら[23]は、ユーザの視線に追従する集中線やモザイク、懐中電灯のようなエフェクトをウェブ上の動画コンテンツに対して重畳することで視聴体験を拡張している。しかし重畳しているエフェクトの特性上、動画コンテンツの見やすさを損ない、視聴の障害となってしまうという問題があり、また集中線や懐中電灯といったエフェクトは特定のコンテンツにしか効果を示さない汎用性の低さも問題であった。本研究で実装したシステムは周辺視野がぼやけて見えるという視野特性を利用しているため、様々なコンテンツに対して視聴の障害をせずに適用できると考えられる。

Okatani ら[24]は、視線検出装置を用いてユーザがディスプレイ上の画像において任意の点に注目した際、その奥行きにフォーカスされた画像を映像に随時反映することで奥行き感を強化する手法を提案している。この手法は提案手法に類似しているが、Okatani らの提案システムではあらかじめ任意の点に対して、フォーカスされた画像を用意する必要があるため、手間がかかってしまうという問題があった。本研究で実装したシステムでは、事前にフォーカスのあった映像や画像を準備する必要があるため、この問題を解決している。仮想空間上における視線を用いた研究もいくつか行われている。石黒ら[25]は、AR/MR 環境において視野特性とユーザの視線情報を利用し、歩行や運転などの作業を阻害しない周辺視野への情報提示手法を提案している。Mantiuk ら[26]は 3D 空間上において、被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。

3.1.3. ビデオゲームの技術力に関する研究

ビデオゲームの技術力に関する研究もいくつか行われてきている。Katharina ら[27]は集団心理的な側面からゲームプレイ時に、そのプレイを視聴している人および仮想エージェントが存在しているかどうかでプレイに影響が及ぶかを調査している。実験の結果、ゲームプレイを視聴している人および仮想エージェントの存在が影響を及ぼさないことを明らかにした。このことから著者が実験を行う際、実験監督者が近くで実験を観察していても問題はないと考えられる。

また瀬谷ら[28]は、ゲームのパフォーマンスからゲームプレイ中の知覚・認知機能を評価する手法が有効視野のみであることを問題視しており、ゲーム映像を左右反転させ知覚と運動の対応関係を乖離させることで評価を行う手法を提案している。しかしこの研究で考察されているように、正立映像時のパフォーマンスを計測する際にはこの手法を適用する

ことが難しい。加えて瀬谷らの研究で取り扱ったビデオゲームはFPS(First Person Shooting)ジャンルのみであり、他のゲームジャンルに対して適用できるかどうかは未検証である。そのためどのようなインタラクション性・映像をもつビデオゲームに対してこの手法がどこまで適用されるのかが不明である。つまり本研究では、数種類のゲームを実験で用いることで、得られた違いが普遍的に共通するのかどうかを調査する必要がある。

築瀬ら[29]は、ゲームの操作入力において補正をある程度加えることによって、プレイヤーにゲームを投げ出させず、かつ上達した感覚を与えられるかを調査している。実験の結果では、ある程度の補正を加えることで上達感が増し、その補正に違和感を抱かないことが明らかにされている。この結果から、ユーザの心的状態をコントロールすることで技術力の向上が行えることが示唆されたと言える。提案手法による有効視野狭窄もユーザの心的状態に働きかけるものと言えるため、技術力の向上が行える可能性は十分に考えられる。

これらの研究から、ゲームプレイの技術力に関する研究は行われてきており、本研究もこの分野に貢献できると期待される。

3.2. 集中促進実験における関連研究

3.2.1. 視覚情報と集中に関する研究

視覚情報から集中の制御することを目的として、橘ら[30]は視線誘導の特性を考慮し、集中力を向上させるための作業用壁紙を提案している。この作業用壁紙は、画面中央に向かって縞模様が収縮するような映像刺激で、タスクの周辺部分に提示することによって視線をタスクへ誘導させる仕組みとなっており、実験により集中力が向上する効果があることを明らかにしている。高橋ら[11]は、周辺視野や有効視野といった視野特性を考慮し、縞模様が画面外側に向かって膨張し、その縞模様が徐々に見えなくなるような減衰型妨害刺激を提案している。さらに、減衰型妨害刺激を用いることで、深い集中に入ることが可能であることを実験により明らかにしている。また桑原ら[31]は、視線の移動量がほとんどない一点注視型のタスクに対して、周辺視野に数字刺激や境界膨張刺激といった単純な刺激を提示することによって、集中度が向上することを明らかにしている。このような集中度の向上には、高橋らの研究でも述べられているように、有効視野が狭窄している際に起こると考えられる情報量の減衰が影響していると考えられる。提案システムにおいても、注視している箇所から離れるに従いぼかしを強調し、離れるほど情報量が削減されていると言えるため、有効視野が狭窄しているような感覚を得られ、作業においても集中度の向上が起これと期待される。

3.2.2. 聴覚情報と集中に関する研究

集中を聴覚情報の観点から見た研究として、阿部ら[32]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もつことに着目し、それらの効果はBGMのテンポによるものだと考え、BGMのテンポの違いが作業効率に与える影響の調査を行っている。しかし、この研究ではテンポのみを分析しており、音楽の周波数やメロディがどのように影響したかまでは調査できておらず、テンポのみが要因なのか複合的な要因によるものなのかが不明である。またGoranら[33]はホワイトノイズを流すことにより、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。しかし注意力が散漫でない、普段から集中できる児童に対してホワイトノイズを聴かせてしまうと、学習効果が低くなってしまうことも明らかにしている。さらにAttarhaら[34]は、ホワイトノイズが耳鳴りの症状を悪化させる恐れを示している。以上のことから、聴覚情報と集中に関する研究は様々なされているが、その効果が十分に検証されていないものが多く、安定して集中を促進することが難しい。したがって、集中促進実験に当たり聴覚情報はノイズになると考えられるため、音が聞こえないような無音環境にて実験をする必要がある。

3.3. 集中妨害抑止実験における関連研究

3.3.1. 知覚的鋭敏化に関する研究

知覚的鋭敏化は選択的注意に含まれる概念であり、その要因となるものは様々存在する。例えば、カクテルパーティー効果[35]は自分の名前を騒がしい場面でも聞き取ることが可能というものであり、自分の名前に対して注意が無意識的に向けられることを示している。またHershlerら[36]は、多くの画像の中から1つだけ存在する人の顔の画像を瞬時に知覚できることを明らかにしている。さらにItti[37]らや木村ら[38]の研究によると、顔情報や過去の経験、知識に基づく情報などトップダウン型の視覚探索に大きく関わるとされるものは、注意が向きやすいということが明らかにされている。これらの研究から顔情報をはじめとする様々な刺激が知覚的鋭敏化を引き起こす要因となりうるということがわかる。集中妨害抑止実験で抑止する対象は視覚刺激による知覚的鋭敏化である。

3.3.2. 抑止する知覚的鋭敏化の種類

人の視野特性の1つにポップアウトと呼ばれる現象が存在する。ポップアウトは選択的注意に含まれ、色や形、大きさなどによって引き起こされ、その対象に対して注意が無意識的に向けられる現象である[39]。著者は過去にポップアウトと呼ばれる視覚特性を利用した研究を行ってきた[40]。この研究で得られた知見と周辺視野は明るさや動きの知覚に優れて

いるという特徴から、ぼかし強調によって抑止可能だと考えられるのは図形や文字など、形の視覚刺激によって引き起こされる知覚的鋭敏化だと考えられる。福田[12]の研究からも、注視点から 6.5 度～40 度の範囲では図形を構成する要素の一部しか知覚することができないとされており、周辺視野にあたる領域のぼかしをさらに強調することで、形の視覚刺激による知覚的鋭敏化の抑止可能性は十分に考えられる。

また、知覚的鋭敏化は中心視野のみならず、周辺視野においても知覚的鋭敏化が発生することが大野ら[41]によって明らかにされている。この研究で大野らは、タスクの周辺に自分の名前を提示した条件と提示していない条件を比較することで、知覚的鋭敏化が起こり、記憶を妨げることを確認している。この結果より、大野らの用いたタスクを用いることで知覚的鋭敏化が発生すると考えられるため、本章で行う実験は大野らの用いたタスクを参考に実験設計を行う。

3.3.3. ぼかしがユーザに及ぼす影響について

周辺視野へのぼかし提示や被写界深度のようなぼかしが、ユーザにどのような影響を与えるかについては様々な研究がなされている。例えば Hillaire ら[10]は、ユーザの視線位置に応じて仮想世界における周辺視野のぼけ具合を変化させることで、コンテンツに対する面白さや奥行き感などの印象を増幅することに成功している。他の影響としては、Okatani ら[24]が提案している注視反応型ディスプレイによる奥行き感の知覚の強化があげられる。このようにぼかしは、印象のようにユーザの内的な性質に対して影響を及ぼしている可能性が十分に考えられる。この実験の目的は、知覚的鋭敏化という意識して防ぐことが不可能な選択的注意をぼかしによって集中が阻害されないかを調査するものであり、今までのぼかしが及ぼす影響を考慮すると十分に可能性があると考えられる。

第4章 コンテンツ体験拡張実験

本章では、ゲームや動画などのコンテンツに対して集中しやすくなるという仮説を検証するためのコンテンツ体験拡張実験について記述する。実験ではビデオゲームに対してシステムを適用し、実験協力者にプレイしてもらった際の印象や技術力の変化を分析することで仮説の検証を行う。

4.1. 実験

実験では、システムをビデオゲームに適用することで印象や生理的印象、また技術力がどう変化するかを調査する。また、どのようなビデオゲームに対して有用であるかについても分析を行う。

4.1.1. ビデオゲームの選定

本項では実験のため選定したビデオゲームについて解説する。実験で用いたビデオゲームは図3のプラットフォームをPCとするSteamより配信されている「ぷよぷよテトリス」[*1]、「BADLAND」[*2]、「Getting Over It」[*3]、「SPACE INVADERS EXTREME」[*4]の4種類とした。それぞれの選定理由は下記の通りである。

まず「ぷよぷよテトリス」については、このゲームのジャンルがパズルであることから、他のジャンルに比べて頭を使うため集中力の観点からぼかし強調による影響が出やすいのではないかと考えたため採用した。またぼかしがピースの視認性に影響を与えるかどうかにも調査できると期待される。「BADLAND」はゲームジャンルが横スクロール型のアクションであり、注意対象がステージに配置された地形やトラップ、操作するキャラクタなどが多く、他のゲームに比べて視線の移動が多くなると考えられ、視線移動や集中しやすさの点で変化が起こりやすいと考えたため採用した。「Getting Over It」は非常に難易度の高いゲームである。そのため見やすさや集中しやすさといった生理的印象に影響が及びやすいのではないかと考えたため採用した。また操作が難しいため、ぼかし強調を行った映像の視聴が操作に影響を与える可能性についても調査できると期待される。「SPACE INVADERS EXTREME」は、簡単な操作でプレイできるシューティングゲームである。映像の特徴とし

*1 Puyo Puyo™Tetris®

©SEGA Tetris ®&© 1985~2017 Tetris Holding.

*2 BADLAND: Game of the Year Edition

©Frogmind Oy 2017

*3 Getting Over It with Bennett Foddy

©Bennett Foddy 2017

*4 Space Invaders Extreme

©TAITO CORP 1978, 2018



「ぷよぷよテトリス」[a]



「BADLAND」[b]



「Getting Over It」[c]



「SPACE INVADERS EXTREME」[d]

図3 各ゲームのスクリーンショット

てスコアやアイテム、敵を連続して破壊したときのチェーンや残機やステージ情報などステータスがかなり多く、それらの認識に影響が出ると考えたため採用した。

4.1.2. 実験環境

4.1.1 項で述べたように使用したビデオゲームのプラットフォームは PC であるため、実験にあたり PC を 2 台用意した。いずれも 2.2.2 項で解説した ALIENWARE 17 である。実験協力者は映像出力 PC から 30cm 離れた場所に着席した状態で操作を行った。実験風景を図 4 に示す。本システムの中心視野の視野角は左右 20 度、上下 15 度以内であるため、PC 上では注視点から左右 10.58cm、上下 7.90cm がぼかし強調が適用されない範囲となる。操作には有線で USB 接続可能な Microsoft 社の Xbox 360 用コントローラ、および Logicool レーザーマウス M500t を使用した。なお、マウスは「Getting Over It」の操作のみで用いており、他の 3 種類のビデオゲームについてはコントローラを使用して操作を行った。また、客観的集中度の計測のためメガネ型ウェアラブルデバイス JINS MEME ES[42]を実験協力者に着用してもらった。実験協力者には眼鏡常用者が含まれていたが、個々の視力に合わせるよう度数の調整を行ったため、視力による影響はないと考えられる。



図4 実験風景

4.1.3. 実験内容

実験では4種類のビデオゲームをそれぞればかり強調あり・なしで交互に4回プレイしてもらい、1章で述べたように印象・生理的印象・技術力への影響、および有用であると考えられるビデオゲームについて調査する。これらの評価にはアンケートによる主観的な指標と、JINS MEME ESによる集中度およびゲーム内のスコアをもとにした客観的な指標を用いる。なお、スコアに関して「ぷよぷよテトリス」と「SPACE INVADERS EXTREME」については得点を、「BADLAND」および「Getting Over It」についてはゲームの進行度を指標とした。

アンケートの内容は印象に関する質問について立体感、没入感、臨場感、緊張感の4項目を-2 から+2 までのリッカート尺度で回答してもらうものとした。生理的印象についてはSSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [43]を参考に心地よさ具合、見えやすさ、集中しやすさ、目の疲れについて5段階で評価してもらうものとした。具体的に集中しやすさを例にとると、集中しやすい(+2)、やや集中しやすい(+1)、どちらとも言えない(0)、やや集中しにくい(-1)、集中しにくい(-2)の5つの度合いから選択して回答するものとなっている。なお、目の疲れは値が大きいほど疲れていないことを示している。また、それぞれのアンケートには自由記述欄を用意して記述してもらうものとした。4回目のプレイ後のアンケートの後に、最終アンケートとして対象ゲームのプレイ経験、最もうまくプレイできたと感じた

表1 4種類のゲームの値を平均した結果

	ぼかし条件	通常条件
臨場感	0.47 (0.01)	-0.24 (0.03)
没入感	0.78 (0.03)	0.23 (0.01)
立体感	0.10 (0.01)	-0.64 (0.07)
緊張感	0.26 (0.10)	-0.01 (0.20)
心地よさ具合	0.40 (0.10)	0.42 (0.04)
見えやすさ	0.70 (0.02)	1.08 (0.05)
集中しやすさ	0.81 (0.02)	0.53 (0.01)
目の疲れ	0.60 (0.02)	0.62 (0.02)
順位	2.57 (0.02)	2.40 (0.01)
客観集中度	78.13 (5.97)	76.92 (8.32)

プレイの回、次にプレイする際にシステムを利用したいかを回答してもらった。

実験協力者は男性11名と女性1名の21～25歳の大学生および大学院生であり、6名ずつグループA、グループBに分けた。グループAでは1, 3回目をぼかし強調ありでプレイ、グループBでは2, 4回目をぼかし強調ありでプレイするものとした。プレイしたゲームの順番は両群で共通であり「ぶよぶよテトリス」、「BADLAND」、「Getting Over It」、「SPACE INVADERS EXTREME」の順番となっている。各プレイの間にはアンケート回答時間と休憩のために1分間設け、1種類のゲームについてのプレイの最後にはアンケート回答時間と休憩のために3分間設けた。

実験の流れとしては、まず対象ビデオゲームの操作方法を把握してもらうため、Tobii Eye Trackerのキャリブレーションの後、2～3分ほどチュートリアルとしてゲームをプレイしてもらう。次に各グループに応じてぼかし強調あり・なしで5分間プレイしてもらい、プレイ後にはアンケートに回答してもらった後1分間休憩してもらう。これを交互にぼかし強調あり・なしで4回繰り返したのち、最後のアンケートに回答してもらい、3分間休憩してもらう。この流れを1試行とし、各ゲームについて4試行行うこととした。なお、各プレイについては同じステージを最初の状態からプレイすることとしており、チュートリアルも最初の状態をプレイするものとした。具体的な状態は次項の結果にて解説する。

実験協力者には始めにこれから4種類のゲームをプレイしてもらうこと、1種類のゲームについてぼかし強調あり・なしでそれぞれ2回ずつ5分間プレイし、アンケートに回答すること、およびプレイにあたってハイスコアを目指すことを教示した。

4.1.4. 結果

まず全体の結果を解説し、次にゲームごとの結果について述べる。ここで、ぼかし強調がなされた状態でのプレイをぼかし条件、通常の映像でのプレイを通常条件とし分析を行う。また、今回の分析では、技術力の指標として各ゲームの全4試行におけるスコアおよび最高到達点を比較し、その順位を用いることとした。最高順位は1位で最低順位が4位となる。さらに表1～5の値については、全12名の実験協力者それぞれ条件別2回ずつのプレイの平均値（カッコ内の数値は分散）をとったものを示している。なお、印象についての4項目を淡い黄色、生理的印象についての4項目を淡い緑色、技術力とJINSMEMEESにより計測した客観集中度の客観的指標による2項目を淡い青色でハイライトし、2条件間における値の差が0.5以上のものをオレンジ色でハイライトした。

4種類のゲームで得られた結果を平均した値を表1に示す。全体を通してみると、印象の4項目と生理的印象の集中しやすさについてはぼかし条件での値の方が高く、生理的印象3項目と順位についてはぼかし条件での値の方が低かったことがわかる。ぼかし条件と通常条件において4種類のゲームの結果の平均値を用いて対応のある t 検定を行ったところ、立体感と臨場感について有意水準1% ($p < .01$)、没入感について有意水準5% ($p < .05$)でそれぞれ有意差が認められた。

表2 「ぷよぷよテトリス」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
臨場感	0.33 (0.31)	-1.08 (0.37)
没入感	0.63 (0.51)	0.13 (0.71)
立体感	-0.04 (0.77)	-0.50 (0.21)
緊張感	-0.17 (1.60)	-0.50 (0.92)
心地よさ具合	0.17 (1.01)	0.54 (0.64)
見えやすさ	0.71 (1.35)	1.33 (0.51)
集中しやすさ	0.75 (0.10)	0.42 (0.37)
目の疲れ	0.63 (0.67)	0.67 (0.60)
順位	2.71 (0.39)	2.29 (0.39)
客観集中度	76.5 (109)	76.2 (115)

「ぷよぷよテトリス」では実験協力者にひたすらぷよぷよ（パズルピース）を消していくソロプレイのエンドレスモードをプレイしてもらい、ハイスコアを目指してもらった。また試行ごとにスコアをリセットし、初期の何も積まれていない状態からやり直してもらった。結果は表2の通りであり、ぼかし条件と通常条件におい12名の平均値を用いて対応のある t 検定を行ったところ、立体感と臨場感について有意水準1% ($p < .01$)、没入感について有

表3 「BADLAND」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
臨場感	0.63 (0.42)	-0.29 (0.35)
没入感	1.08 (0.24)	0.21 (0.39)
立体感	0.08 (0.53)	-0.46 (0.19)
緊張感	0.58 (0.70)	0.38 (0.92)
心地よさ具合	0.71 (0.48)	0.38 (0.63)
見えやすさ	0.71 (1.06)	0.71 (0.89)
集中しやすさ	1.00 (0.33)	0.58 (0.45)
目の疲れ	0.63 (1.13)	0.75 (0.98)
順位	2.41 (0.04)	2.59 (0.17)
客観集中度	80.4 (154)	81.5 (120)

表4 「Getting Over It」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
臨場感	0.38 (0.30)	-0.08 (0.16)
没入感	0.79 (0.44)	0.21 (0.81)
立体感	0.25 (0.40)	-0.38 (0.55)
緊張感	0.54 (0.60)	0.50 (0.50)
心地よさ具合	0.00 (0.25)	0.13 (0.42)
見えやすさ	0.50 (0.83)	1.13 (0.76)
集中しやすさ	0.63 (0.67)	0.67 (0.47)
目の疲れ	0.75 (0.65)	0.71 (0.77)
順位	2.50 (0.50)	2.42 (0.41)
客観集中度	80.6 (134)	76.5 (140)

意水準 5% ($p < .05$) でそれぞれ有意差が認められた。

「BADLAND」では実験協力者に最初のステージから進める限りステージをクリアしてもらい、最高到達点を目指してもらった。また試行ごとに最初のステージからやり直してもらった。結果は表3の通りであり、ぼかし条件と通常条件において12名の平均値を用いて対応のある t 検定を行ったところ、没入感と臨場感について有意水準 1% ($p < .01$)、立体感について有意水準 5% ($p < .05$) でそれぞれ有意差が認められた。

「Getting Over It」では実験協力者に初期状態から進める限り進んでもらい、最高到達点を目指してもらった。また試行ごとに初期状態からやり直してもらった。結果は表4の通りであり、ぼかし条件と通常条件において12名の平均値を用いて対応のある t 検定を行っ

表5 「SPACE INVADERS EXTREME」の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
臨場感	0.55 (0.25)	-0.09 (0.58)
没入感	0.64 (0.64)	0.36 (0.91)
立体感	0.09 (1.31)	-0.64 (0.50)
緊張感	0.09 (0.17)	-0.41 (0.76)
心地よさ具合	0.73 (0.52)	0.64 (0.37)
見えやすさ	0.86 (0.60)	1.14 (0.50)
集中しやすさ	0.86 (0.32)	0.45 (0.43)
目の疲れ	0.41 (0.99)	0.36 (0.96)
順位	2.68 (0.38)	2.32 (0.38)
客観集中度	75.0 (155)	73.5 (118)

たところ、見えやすさについて有意水準 1% ($p < .01$) で、立体感について有意水準 5% ($p < .05$) でそれぞれ有意差が認められた。

「SPACE INVADERS EXTREME」では実験協力者にアーケードモードと呼ばれるモードを最初のステージからプレイしてもらい、ハイスコアを目指してもらった。また試行ごとにスコアをリセットし、最初のステージからやり直してもらった。結果は表 5 の通りであり、ぼかし条件と通常条件において 12 名の平均値を用いて対応のある t 検定を行ったところ、臨場感と集中しやすさについて有意水準 5% ($p < .05$) で有意差が認められた。

4.2. 考察

4.1.4 項の結果を踏まえて始めに全体を通した考察を行い、次にそれぞれのビデオゲーム別の考察を行う。

4.2.1. 全体の考察

表 1 より 4 種類すべてのゲームにおいて印象の 4 項目、生理的印象の集中しやすさについて、ぼかし条件での値の方が高かったことがわかる。このことから、一般的にぼかし強調はビデオゲームのプレイにおける印象を増幅し、集中しやすさを向上させる効果があると言える。また集中しやすさを除く 3 項目の生理的印象を減少させるが、その技術力についてはほとんど影響を及ぼしていないと言える。これは認知特性上、周辺視野の映像が無意識的に処理されることがぼかし条件と通常条件の両方において共通しており、そのため周辺視野をさらにぼかすことによって見えにくさのような生理的印象には影響を与えても、敵や対象の認知に影響が出る可能性が少ないからだと考えられる。

全体的にぼかし条件において集中度が向上したことについては、Hata ら[44]による研究が関連していると考えられる。この研究では画像を動的に制御し高解像度領域と低解像度領域に分割することで、視線が無意識的に高解像度領域へ誘導されること、視線誘導に所要する時間はぼかしの強さに依存していることを明らかにしている。このことから注視点を鮮明にし、その周りを不鮮明にすることで高解像度領域と低解像度領域が生まれ、高解像度領域である注視点に対して視線が誘導されており、注視点に対して集中するようになったのではないかと考えられる。また、全体を通して得られた自由記述に「もう少しぼかしが強くて良かった気がします」というコメントが得られた。しかし集中度はぼかし条件での値の方が高かったことから、ぼかし強調は実験協力者に影響を及ぼしていると言える。これについては、実験協力者の有効視野が集中するにつれて狭窄していったことにより、あらかじめ設定してあるぼかし強調の範囲では、有効視野狭窄の演出を十分に行えなくなったことが考えられる。この結果と考察を踏まえて、今後は実験協力者の集中度に応じてぼかしの強度を動的に制御することが課題となる。

また今回の実験では JINS MEME ES による客観的な集中度の計測を行い、2条件間の集中度を平均したところ図5のようなグラフが得られた。このグラフよりゲーム開始序盤はぼかし条件の方が通常条件に比べ集中度が小さいが、中盤になるにつれて上回っていることがわかる。このことから、最初はぼかし強調が集中を阻害しているが、中盤以降はぼかし強調が集中を促進していると考えられる。また序盤はゲーム開始間もないため、集中度が低くても技術力にはあまり影響がないと考えられる。

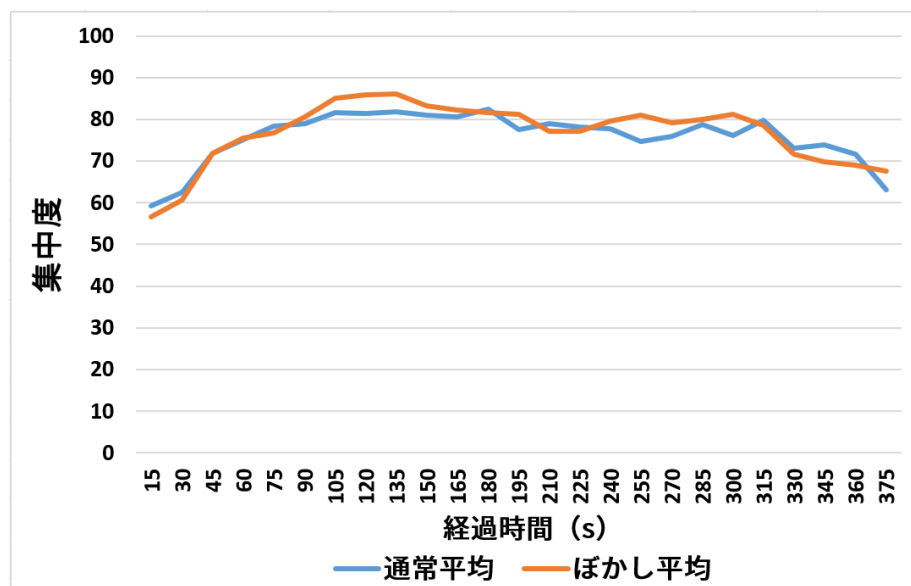


図5 2条件間の平均集中度

4.2.2. ゲーム別の考察

表2より「ぷよぷよテトリス」では、すべての印象について通常条件よりもぼかし条件で値の方が高く、特に臨場感・立体感・没入感については有意差が見られたことから印象を増幅できていたと言える。また集中しやすさを除く3つの項目についてぼかし条件では生理的印象が低くなり、順位も低くなっていた。さらに「パズルの端が見にくかった」という記述も得られたが、この記述をした実験協力者は、このゲームに対してまたぼかし強調を利用したいと答えており、生理的印象の低下よりも印象が増幅されたことを重要視していると考えられる。また3項目の生理的印象がぼかし条件において低下していたが、いずれも負の値をとっていないこと、さらに順位において有意差が見られなかったことから、ぼかし強調は視認性を低下させたものの実験協力者の技術力には大きく影響を及ぼさなかったと言える。これについては4.2.1項でも述べたように周辺視野の認知特性が関わっていると考えられる。

表3より「BADLAND」では、目の疲れと客観集中度以外においてぼかし条件の方が、値が高いことがわかる。またこの2項目については両方とも有意差が見られず、没入感・臨場感・立体感について有意差が見られたことから、「BADLAND」のような視線の移動量が多いと考えられるゲームに対しては印象を増幅し、その技術力を向上させる効果があると期待される。しかし自由記述より、「暗くてぼかしに気づきにくかった」という記述が得られたため、ぼかしの効果が十分に発揮されていなかったと考えられる。さらに、また利用したいと回答していたのは4名、利用したくないと回答していたのは1名であった。これらのことから、個人差はあるが生理的印象が低減することよりも印象が増幅することを重視する傾向がやや強いと言える。この結果は、比較的明度の低い要素で構成されたゲームという特徴が影響しているよるものだと考えられ、明度とぼかし強調の関係性については今後詳しく調査される必要がある。

表4より「Getting Over It」では、印象4項目がぼかし条件において値が高かったが、いずれの評価項目についても有意差が見られなかった。全実験協力者がこのゲームが難しかったと述べており、また1名の実験協力者は「ぼかしに気がつかなかった」と述べていた。このことより、ゲームの難易度が高いものに対してはぼかしの影響が及びにくいのではないかと考えられる。一方、ある実験協力者は「なんかわからないけどシステムあるとうまくいく感はある」と述べており、このゲームに対してまたシステムを利用したいと回答していた。またこの実験協力者の最高到達点は4回目のぼかし条件でのプレイであり、1～3回目の到達点に比べて著しく優れていた。これより「BADLAND」同様、難易度が高いゲームに対してもぼかし強調は個人差の影響を強く受けてしまうと考えられる。

表5より「SPACE INVADERS EXTREME」では、印象4項目と生理的印象の3項目についてぼかし条件の方が高い値を示していることがわかる。また臨場感・立体感・没入感について有意差が見られたことから、ぼかし強調により印象を増幅できていたと言える。この

ゲームについて、3名の実験協力者がシステムをまた利用してプレイしたいと回答しており、うち1名は自由記述にて「あまり変わっている感じはしなかった」、「なにも変わってない感じするのにシステム使うとなぜかスコアがあがる」と述べていた。このことより、ぼかし強調をあまり認識できていないにも関わらず、その効果が技術力に及んでいた可能性が示唆された。つまりこの実験協力者はぼかし強調の効果をあまり感じていなかったが、無意識下でその影響を受けていたと考えられる。そのため、ぼかし強調を意識的に認識可能か不可能かでその影響の大きさを測ることはできないと推測される。そこで今後は、ぼかし強調の影響の大きさの評価については定量的な評価を行う必要がある。

4.3. コンテンツ体験拡張実験のまとめ

本章では、ぼかし強調がビデオゲームに及ぼす影響の調査を行った。4種類のゲームに対して実験を行った結果ゲームプレイにおける印象を増幅すること、集中しやすさは向上するが見えやすさといった生理的印象を低減させること、その技術力には影響を及ぼしていないことを明らかにした。以上の結果より、本章ではゲームや動画などのコンテンツに対して集中しやすくなるという仮説を立証した。

コンテンツ体験拡張実験の課題として、試行回数が少ないことがあげられるため、やや信用性に欠ける。そこで、試行回数を増やした実験が行われることが望ましい。また、実験協力者のベースとなる技術力や影響の受けやすさといった個人差について詳しく分析できていなかったため、個人差についても十分に考慮し実験を行う必要がある。個人差を分析することで技術力について外乱を大きく排除することが可能となり、ぼかし強調が技術力に及ぼす影響について多面的に分析が可能となると考えられる。

今回の実験では、1人の実験協力者は3時間ほどで全試行を終えていたため、継続的に本システムを利用した場合には影響が今回の実験で得られた結果と異なるのかを明らかにできていない。そのため長期的な実験を行い、本手法を継続的に利用した場合どのような影響が見られるかを調査することが望まれる。継続的に利用することで技術力が向上した場合、e-Sportsのような技術力が重要となるゲームの練習にシステムが適している可能性が考えられる。

第 5 章 集中促進実験

本章では、作業のような課題に対して集中しやすくなるという仮説を検証するための集中促進実験について記述する。実験では日常的な作業を想定した課題について、システムを利用して行うことで集中力が向上するかを調査する。具体的な調査内容としては、タイピングが伴う作業を想定したタイピング課題、テキストを見てその内容を把握する文章理解課題、集中を維持することが求められる集中持続課題の 3 種類の課題を用意し、それぞれの課題についてシステムを適用した際の集中度の変化、見やすさなどの生理的印象の変化、および課題の達成度について調査を行い、仮説を検証する。

5.1. 実験

実験では 3 種類の課題を用意し、それぞれについて周辺視野のぼかし強調を行うことで、集中が促進されるか、またその作業パフォーマンスが変化するかを調査する。

5.1.1. 実験設計

本項では、どのような作業を想定して課題を設定したかについて解説する。今回の実験で用意した課題は、タイピング課題・文章理解課題・集中持続課題の 3 種類である。

まずタイピング課題についてであるが、基本的に PC を使った作業にはタイピング行為が欠かせない。そこでタイピング行為そのものに着目し、周辺視野のぼかし強調によってその速度や精度に変化が現れるかを調査する必要があると考え、課題を設定した。課題は、指定の数用意された単語をすべてタイピングすることとした、なおタイピング課題には、Web ブラウザ上でタイピング練習が可能である「Easy タイピング」[45]を用いた。

文章理解課題については、論文や記事などを読み、その内容を理解したうえでレポートにまとめる作業を想定し、周辺視野のぼかし強調がその内容理解の速度や、読む速度に影響を与えるかを調査する必要があると考え、課題を設定した。用意した課題は Web ブラウザ上で読むことが可能な青空文庫[46]の小説を読んでもらい、その概要をテキストファイルに記述してもらうこととした。

最後に集中持続課題については、あることをずっとやり続けなければいけないような作業において、周辺視野のぼかし強調を行うことで、その集中力が持続するようになるのか、または作業パフォーマンスが低下しないのかを調査する必要があると考え、課題を設定した。用意した課題はジグソーパズルとし、制限時間内に可能な限りパズルピースを当てはめることとした。なお、課題として用いたアプリケーションは Steam より配信されている

「Super Jigsaw Puzzle: Monuments」[*5]を用いた。

5.1.2. 実験環境

実験では、ユーザが操作する PC とその映像を出力する PC を 2 台用意し、いずれも 4.1.2 項で述べた ALIENWARE 17 を用いた。実験協力者は映像出力 PC から 30cm 離れた場所で着席した状態で操作を行った。実際の実験風景は図 6 の通りである。4.1.2 項と同様の PC を用いているため、ぼかし強調が適用されない中心視野領域は注視点から左右 10.58cm, 上下 7.90cm 以内である。各課題で操作するキーボードには Dell Keyboard KB212-B を、マウスには Logicool レーザーマウス M500t を用いた。また、客観的集中度の計測のためメガネ型ウェアラブルデバイス JINS MEME ES を実験協力者に着用してもらい、遮音のためノイズキャンセリングヘッドホン Bose QuietComfort 35 を装着してもらった。

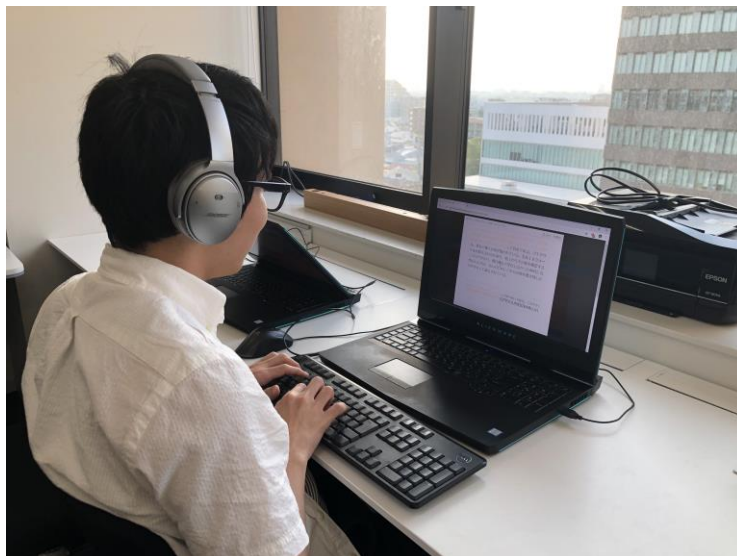


図 6 実験環境図

5.1.3. 実験内容

実験では 3 種類の課題をそれぞれ周辺視野のぼかし強調あり・なしの状態で行ってもらい、集中度、生理的印象、および課題の達成度への影響の調査を行う。評価にはアンケートによる主観的な指標と、JINS MEME ES により計測された客観集中度、および課題の達成に要した時間やスコアをもとにした客観的な指標を用いる。客観的な指標についてはそれぞれの課題で異なるため、各課題で何を指標としたかを解説する。

*5 Super Jigsaw Puzzle: Monuments
©Flat Cat Games

アンケート内容については、生理的印象に関する質問として SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) [43]を参考に心地よさ具合、見えやすさ、集中しやすさ、目の疲れについて 5 段階で回答してもらい、課題の主観的な評価に関する質問として精度、達成速度、全体的な出来の 3 つについて -2 から +2 の 5 段階のリッカート尺度で回答してもらった。また、1 つの課題がすべて終了した後はこのような作業に取り組む頻度を高頻度、中頻度、低頻度の中から 1 つを選択してもらい、さらにこのような作業を今後やる際にシステムを利用したいかを回答してもらった。

「Easy タイピング」を行うタイピング課題は、1 試行 10 文字以上の単語を 50 単語タイピングしてもらうものとし、設定としてふりがなを表示した。タイピング課題は合計 4 回の試行を行うものとした。また試行に入る前に慣れのためのチュートリアルとして、10 文字以上の単語を 10 単語タイピングしてもらった。評価指標にはタイピング速度、ミスタイプ数、総タイプ数、経過時間を用いた。これらの指標は試行終了後に表示されるものである。課題中のスクリーンショットを図 7 に示す。

文章理解課題には、青空文庫のウェブサイトから読むことができるものであり、実験対象者が読んだことがないもので、かつ文字数が適切な秋田雨雀の「3 人の百姓」(約 6200 文字)と宮沢賢治の「どんぐりと山猫」(約 6400 文字)の 2 作品を用意し、2 回の試行を行うものとした。実験協力者には読み終えた後、その作品の概要についてテキストファイルに記述するよう教示した。この概要記述については、文章の全体図を把握できているかの確認をする目的で行っているため、その内容については評価対象とはしない。試行の前のチュートリアルとしては、短い作品である夢野久作の「鉛筆のシン」(約 200 文字)を読んでもらった。試行ごと読了に要した時間、および概要記述に要した時間を計測し、その 2 つの時間を評価指標とした。課題中のスクリーンショットを図 8 に示す。

集中持続課題にて行うジグソーパズルについては、1 試行 80 ピースのジグソーパズルを、



図 7 タイピング課題のスクリーンショット

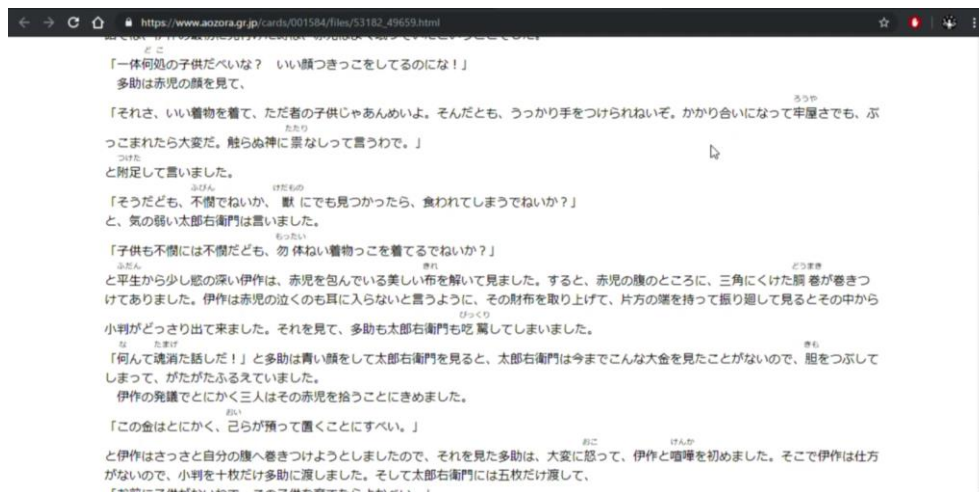


図8 文章理解課題のスクリーンショット

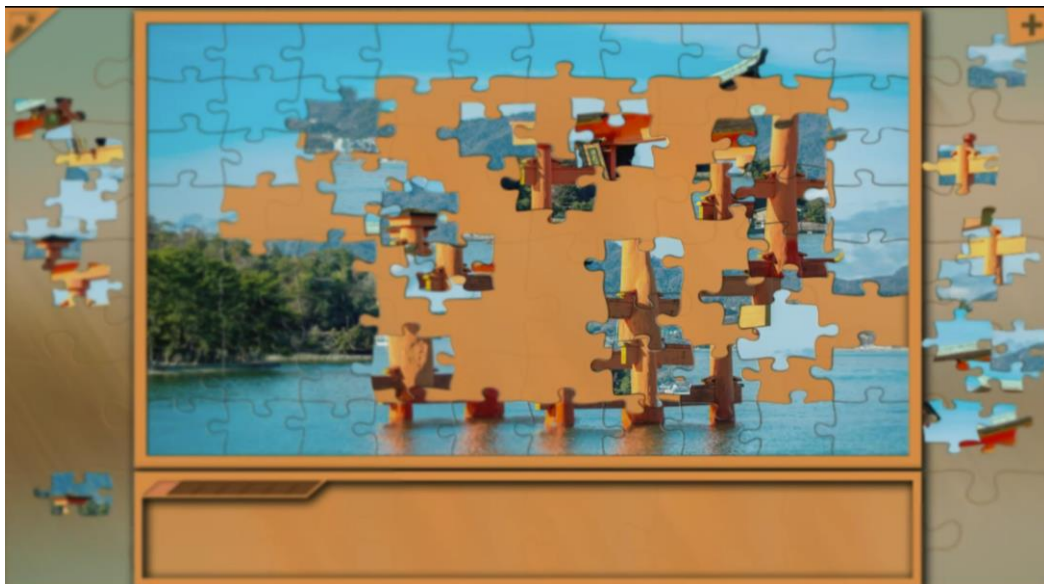


図9 集中持続課題のスクリーンショット

10 分間の制限時間内で可能な限り当てはめるよう実験協力者に教示し、完成したらそこで試行を終了とした。試行回数は4回とし、それぞれジグソーパズルの絵柄は世界遺産であるマチュピチュ・厳島神社・ノイシュヴァンシュタイン城・赤の広場である。また慣れのためのチュートリアルでは、40ピースのタージマハルが描かれたジグソーパズルを約3分間行ってもらった。評価指標には、経過時間と当てはめることができたピース数を用いた。課題中のスクリーンショットを図9に示す。

実験協力者は6名の21～25歳の大学生および大学院生であり、3名ずつグループA、グループBに分け、試行ごとグループ間でばかし強調がなされている順番が異なるものとした。各課題の試行の間にはアンケートに回答する時間と休憩のため1分間の設け、課題の

最後には次の課題の準備と休憩のため3分間設けた。

5.1.4. 実験結果

それぞれの課題についての結果を条件ごとに平均した値（カッコ内の数値は分散）を表6～8に示す。また各表について、課題の主観的な評価に関する3項目を淡い黄色、生理的印象についての4項目を淡い緑色、客観集中度と客観的な指標についての項目を淡い青色でハイライトした。

表6 タイピング課題の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
課題の精度	-0.08 (0.20)	-0.08 (0.62)
課題達成速度	0.42 (0.37)	0.17 (0.14)
課題の出来	-0.17 (0.64)	0.08 (0.45)
心地よさ具合	0.42 (0.53)	0.50 (0.25)
見えやすさ	0.92 (0.62)	1.33 (0.56)
集中しやすさ	0.83 (0.22)	0.58 (0.70)
目の疲れ	0.75 (0.98)	0.58 (1.20)
所要時間 (s)	250.92 (1457)	246.42 (2571)
打速度 (key/s)	4.19 (0.44)	4.30 (0.48)
ミスタイプ数	69.75 (686)	62.25 (589)
客観集中度	71.48 (67.65)	69.79 (142)

表7 文章理解課題の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
課題の精度	-0.17 (0.14)	-0.33 (1.56)
課題達成速度	-0.67 (0.22)	-0.33 (0.22)
課題の出来	-0.17 (0.14)	-0.17 (1.14)
心地よさ具合	-0.50 (0.25)	0.17 (0.14)
見えやすさ	-1.17 (0.47)	0.83 (0.47)
集中しやすさ	0.33 (0.22)	0.17 (0.47)
目の疲れ	0.33 (1.56)	0.33 (1.22)
読了時間 (s)	472 (3248)	524 (14269)
記述時間 (s)	345 (13322)	402 (27277)
客観集中度	71.07 (23.74)	63.07 (163)

表8 集中持続課題の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
課題の精度	0.17 (0.22)	0.17 (0.72)
課題達成速度	0.00 (0.33)	-0.09 (0.53)
課題の出来	0.17 (0.64)	0.09 (0.87)
心地よさ具合	0.17 (0.06)	0.42 (0.28)
見えやすさ	-0.08 (0.28)	0.92 (0.53)
集中しやすさ	0.50 (0.33)	0.50 (0.33)
目の疲れ	0.00 (0.75)	0.17 (0.39)
所要時間 (s)	600.00 (0.00)	600.00 (0.00)
達成ピース数	51.75 (20.81)	47.25 (24.31)
客観集中度	71.55 (89.64)	65.57 (39.86)

まずタイピング課題について、結果は表6の通りであった。作業頻度は5名が高頻度、1名が低頻度と回答し、高頻度と回答した1名については、「またシステムを使用したい」と回答していた。またぼかし条件と通常条件において、6名それぞれの平均値を用いて対応のない t 検定を行ったところ、有意差は認められなかった。

文章理解課題についての結果は表7の通りであり、作業頻度については低頻度が4名、中頻度と高頻度がそれぞれ1名ずつであった。このうち、低頻度と回答した2名が「システムを利用したくない」、1名が「またシステムを利用したい」と回答していた。またぼかし条件と通常条件において、6名それぞれの平均値を用いて対応のない t 検定を行ったところ、心地よさ具合について有意水準5% ($p < .05$)、見えやすさについて有意水準0.1% ($p < .001$) でそれぞれ有意差が認められた。

集中持続課題についての結果は表8の通りであり、作業頻度については6名全員が低頻度と回答し、このうち3名が「システムを利用したくない」と回答していた。またぼかし条件と通常条件において、6名それぞれの平均値を用いて対応のない t 検定を行ったところ、見えやすさについて有意水準5% ($p < .05$) で有意差が認められた。

5.1.5. 考察

5.1.4 項の結果を踏まえて、始めに課題全体を通した考察を行い、次にそれぞれの課題別の考察を行う。

表6～8より、課題の主観的な評価については大きな差は見られなかった。一方、客観的な評価であるスコアの高さや所要時間は各課題において、有意差は見られなかったものの2条件間で差があることが確認できる。このことから、周辺視野のぼかし強調は課題のスコアや達成速度には影響を及ぼすものの、ユーザの課題に対する主観的な評価に対してはあま

り影響を及ぼさないと考えられる。生理的印象については、心地よさ具合と見えやすさが通常条件の値がぼかし条件よりも大きいことがわかる。集中しやすさについては、ぼかし条件の値が通常条件よりも大きいとか同等、目の疲れについては、2条件ともに負の値をとることはなかった。また、客観集中度に関してもぼかし条件の値が通常条件よりも大きいことが確認された。そのため、周辺視野のぼかし強調は課題に対して集中しやすくなるが、その心地よさと見えやすさを低下させる効果があり、かつ目の疲労度に及ぼす影響は少ないことが示唆された。この結果は、4章で行った実験結果においても共通しているため、作業であるか否かに関わらず、周辺視野のぼかし強調が生理的印象に与える効果はほぼすべてに共通するのではないかと考えられる。客観的な指標であるスコアや達成速度については、課題ごとにその評価基準が異なるため、課題別に考察する。

次に課題別の考察を行う。まずタイピング課題については、所要時間・打速度・ミスタイプ数すべてのスコアについて、ぼかし条件よりも通常条件の成績が高いことが確認された。このことから、タイピングのような作業においては、周辺視野のぼかし強調によってその作業パフォーマンスを低下させてしまうことが示唆される。ここで、実験協力者について聞き取り調査を行ったところ、6名のうち2名が、部分的にタッチタイピングできていなかったと回答していた。このことから、今回のタイピング課題は統制がとれておらず、結果にその影響が及んでしまっていることが考えられる。本システムは視線を検出して動作しているため、キーボードを見ながら入力するような場面は想定していない。そのため、視線がディスプレイ上に常時固定されるレベルのタッチタイピングが可能な実験協力者を選定すべきであったと考えられる。また、実験協力者からキーボードの押し下げの深さが浅く、隣のキーを押してしまったというフィードバックも得られた。そこで、このタイピング課題については、十分なタッチタイピングが可能である実験協力者に統制し、またキーボードを変更したうえで追実験を行う必要がある。この追実験については次節で解説する。

文章理解課題については、読了時間と記述時間ともにぼかし条件において約50秒時間が短縮されていた。しかし、生理的印象の心地よさ具合と見えやすさについては、通常条件の値がぼかし条件よりも大きく、有意差が見られた。また記述内容を確認したところ、全体像が把握できていない文章は見られなかったため、内容の理解はできていたと考えられる。また、利用したくないと回答した実験協力者2名については、ともに読了時間が短縮されていた。これらの結果から、読了時間が短縮されたのは見えづらくなったことによって、注視している箇所以外の文章の情報が制限され、その制限によって余計な文章情報が入ってこなくなり、結果として読む速度が向上したためだと考えられる。

集中持続課題について、制限時間内にパズルを完成させた実験協力者はいなかったため、全実験協力者が10分の集中持続を4セット行ったことになる。ここで、2条件間の客観集中度の平均の値を時間軸に沿ってプロットしたものが図10である。図10より、ぼかし条件における客観集中度は通常条件よりもほぼすべての時間において高く、全体的に高い集中度を維持できていることがわかる。また、当てはめたピース数もぼかし条件の方が多かつ

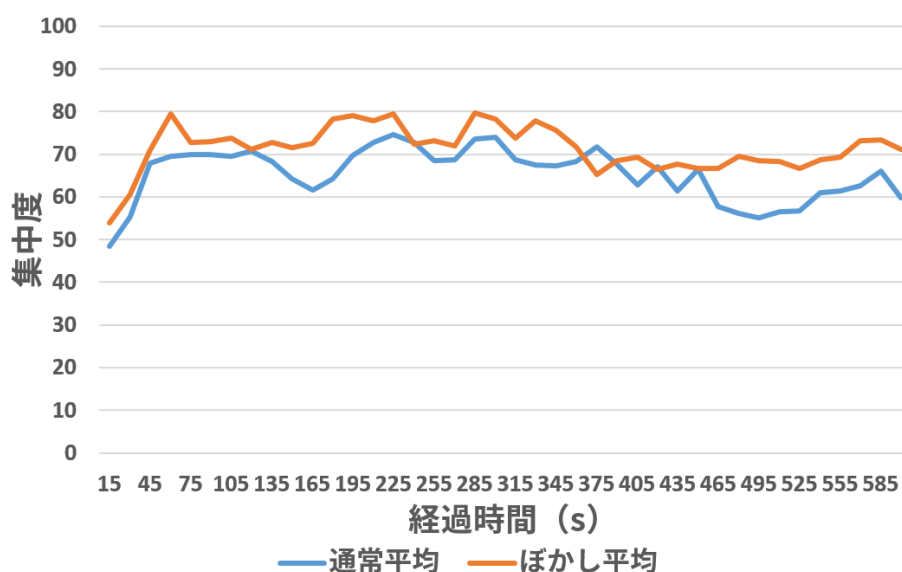


図10 2条件間の客観集中度平均

たことから、ぼかし強調により高い集中力を維持することができ、その作業パフォーマンスも向上したと言える。しかし、生理的印象の見えやすさについて通常条件の方が有意に高く、ぼかし条件は見えやすさが負の値を示しており、3名がシステムを利用したくないと回答していた。これらの結果から、集中力やパフォーマンスを重要視するか、見えやすさなどの生理的印象を重視するかというユーザの姿勢が、システムの実用性を議論するうえで重要であると考えられる。

5.2. タイピング課題に関する追実験

本節ではタイピング課題について、タッチタイピングが可能である実験協力者に絞り、実験を行う。

5.2.1. 実験設計

今回の実験では、Web ブラウザ上でタイピング練習が可能な「e-typing」[47]を課題とした。課題については、タイピングバラエティとよばれるタイピングする単語の種類を、長文カテゴリの中のオリジナルとした。長文課題に設定した理由は、短文課題の場合に瞬発力を競うものになってしまっていたためである。なお、実験環境は、キーボード以外は5.1.2項と同様である。追実験で使いづらさが影響しないよう押し下げの深さが十分なキーボードとして、DELL 日本語版 USB キーボード L30U を利用した。

5.2.2. 実験内容

5.1.3 項と同要に、追加タイピング課題を周辺視野のぼかし強調あり・なしの状態で行ってもらい、集中度、生理的印象、および課題の達成度への影響の調査を行う。追加タイピング課題の内容は、1 試行約 230 の文字をタイピングするものとし、設定としてふりがなを表示した。追加タイピング課題は 4 回の試行を行うものとした。また、施行に入る前のチュートリアルとして、本番と同様の試行を 4 回行ってもらった。チュートリアルの回数を増やしたのは、5.1 節の実験結果を踏まえて、キーボードに十分に慣れてもらうためである。課題のスクリーンショットを図 11 に示す。実験協力者は 6 名（21～42 歳）であり、5.1 節の実験同様 3 名ずつグループ A、グループ B に分け、試行ごとグループ間でぼかしのありなし条件の順番が異なるものとした。なお、各課題の試行の間にはアンケートに回答する時間と休憩のための時間を 1 分間設けた。

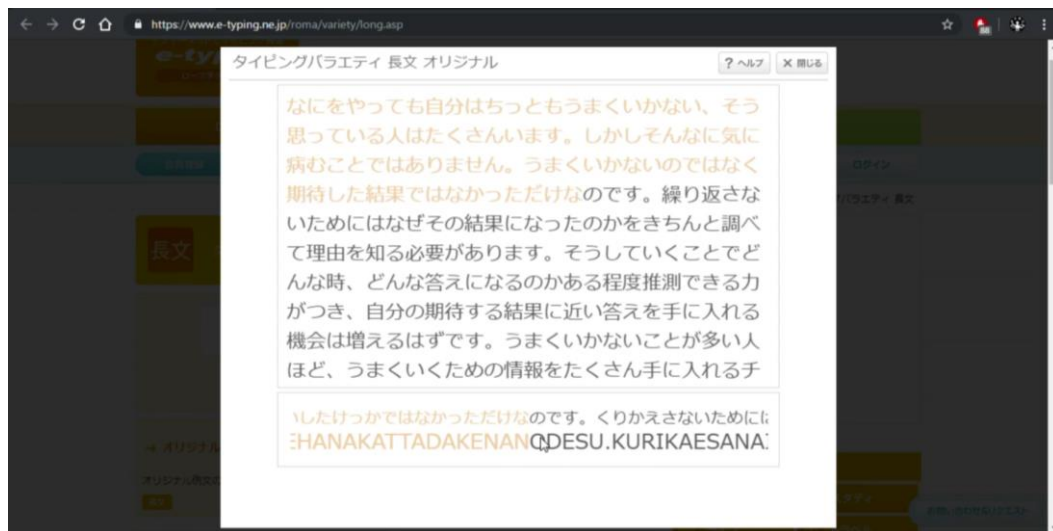


図 11 追加タイピング課題のスクリーンショット

5.2.3. 実験結果

追加タイピング課題の結果について、条件別に平均した値（カッコ内の数値は分散）を表 9 に示す。なお、5.1.4 項と同様にハイライトを行っている。作業頻度は 5 名が高頻度、1 名が中頻度と回答し、高頻度と回答した 2 名については、1 名ずつまたシステムを利用したい・システムを利用したくないと回答した。またぼかし条件と通常条件において、6 名の平均値を用いて対応のない t 検定を行ったところ、見えやすさについて有意水準 1% ($p < .01$) で有意差が認められた。

表9 追加タイピング課題の実験結果

	ぼかし条件	通常条件
課題の精度	0.42 (0.78)	0.25 (0.90)
課題達成速度	0.75 (0.48)	0.58 (0.87)
課題の出来	0.42 (0.78)	0.42 (1.03)
心地よさ具合	0.08 (0.12)	0.50 (0.17)
見えやすさ	-0.42 (0.20)	1.25 (0.65)
集中しやすさ	0.75 (0.40)	0.92 (0.53)
目の疲れ	0.92 (0.45)	1.08 (0.53)
所要時間 (s)	106 (921)	103 (562)
WPM (word/m)	313 (7925)	313 (5914)
ミスタイプ数	27.42 (153)	28.75 (153)
客観集中度	65.45 (110)	62.14 (133)

5.2.4. 考察

実験の結果より、5.1 節のタイピング課題とは異なり大きな差は見られなかったことがわかる。このことから、タイピング課題の結果には 5.1.4 項で述べた通り、タッチタイピング可能かどうかの影響していたと考えられる。つまりタイピングのような作業において、ぼかし強調によるパフォーマンスへの悪影響はほとんどないと考えられる。

一方、5.1 節で実施したタイピング結果との比較における、大きな違いは見えやすさが著しく低下したことである。これについては、5.1 節のタイピング課題において、入力する文字が画面中央に表示されるのに対し、追加タイピング課題における入力する文字が、画面全体に表示されるのが原因であると考えられる。この文字の表示の違いによって影響するのは視線の動きであり、視線が中央に固定されるのか、文章を読み進めるように左右に動くのかという違いにつながる。つまり、視線が左右に動くような作業に対しては、ぼかし強調が見えやすさに対して悪影響を及ぼしてしまうと考えられる。ここで、文章理解課題の見えやすさに着目してみると、同様に著しく見えやすさが低下しているのがわかる。また、文章理解課題の文字の表示形式と追加タイピング課題の文字の表示形式は共通しており、視線の動きも同等と言える。このことから、ぼかし強調の見えやすさに対する影響は、作業によるものではなく、視線の動きによるものではないかと考えられる。今後は、今回のすべての課題で得られた視線ログを分析し、生理的印象や作業パフォーマンスへの影響を調査する必要がある。

ここで、特にタイピング速度が速かった実験協力者は、実際に入力している文字列ではなく、その先をずっと先を注視していた。その実験協力者のフィードバックによると、追加タ

タイピング課題において、自分が次に入力しようとしている文字の周辺に随時ぼかし強調がなされていると他に注意が行かず、気持ち良く入力できたという意見が得られた。このことから、次に見ようとしている文字に対して、ぼかし強調を行う、つまり先読みをできるような技量の人に対し、その先読みを支援するようなぼかし強調は有効であると考えられる。

5.3. 総合考察

課題ごとに客観的な指標であるスコアに差が認められるのは文章理解課題と集中持続課題であり、追加タイピング課題では差はあまり認められなかった。これについては、作業に要する時間が原因ではないかと考えられる。つまり、周辺視野のぼかし強調は作業時間が長いものに対して、そのパフォーマンスに影響するのではないかと考えられる。そのため、今回差が見られなかった追加タイピング課題についても、その作業時間を長くした場合には、影響が及ぶ可能性がある。今後はこの作業時間についても、パフォーマンスとの関連性をより詳しく調査する必要がある。

また実験協力者のフィードバックより、ブラウザに表示されているアイコン（図 11 の右上の赤いアイコン）のちらつきが、ぼかし強調によって気にならなくなったというコメントが得られた。つまり、ぼかし強調によって周辺視野から得られる輝度値の情報が減少したことにより、周辺のアイコンなどのちらつきが実験協力者に意識される閾値以下のレベルにまで下がり、気にならなくなったのだと考えられる。このことから、ぼかし強調には作業に取り組んでいるといった集中している状況下において、その作業を妨害するような視覚情報を遮断する効果があるのではないかと考えられる。今回遮断されたのは画面隅のアイコンであったが、画面内で提示される各種の通知や、ウェブページ内の動的な広告などについても、同様の効果が認められるのではないかと期待される。この効果については 6 章の実験で具体的に検証する。

集中しやすさについて、追加タイピング課題は他の課題と異なり客観集中度と一致していなかった。この結果については、生理的印象が全体的にぼかし条件において低いという、集中持続課題における結果と似ている。ここで、集中持続課題ではわずかに見えやすさが低下していたのに対し、追加タイピング課題では、大きく見えやすさが低下している。つまり見えやすさは、主観的な集中しやすさに対して大きく影響を及ぼしていると考えられる。一方、客観集中度は、ぼかし条件で値が大きいことが表 9 よりわかるため、見えやすさが客観集中度に及ぼす影響は少ないと考えられる。この分析より、見えやすさと主観的な集中しやすさの関係性は、今後より詳細に調査する必要がある。

5.4. 集中促進実験のまとめ

本章では日常的な作業を想定した課題に対してぼかし強調し、実験を行うことによって

集中度が向上するのかを調査した。3種類の課題に対して実験を行った結果、課題全般について見ると、周辺視野のぼかし強調が課題に対する主観的な評価へ及ぼす影響は小さいこと、また生理的印象については4章の実験と同様に、心地よさ具合と見えやすさを低下させ、集中しやすさが向上すること、目の疲れにはあまり影響を及ぼさないことが明らかになった。さらに客観集中度については、ぼかし強調によって向上することが明らかになった。作業のパフォーマンスについては、文章理解課題と集中持続課題において向上し、タイピング課題では差が見られなかった。以上の結果より、本章では作業のような課題に対して集中しやすくなるという仮説を立証した。

今回の実験で扱った課題は、日常生活における様々な作業を想定したものの一部である。そのため、どのようなタスクに対して有用であるかということが網羅的に明らかにできていない。扱う課題を増やし、網羅的に実験を行うことで、なぜぼかし強調が有効であるのかといった原因を明らかにできると期待される。さらに、すべての課題で得られた視線ログを分析し、生理的印象と作業パフォーマンスへの影響を詳しく調査することが望まれる。また、見えやすさと主観的な集中しやすさの関係や、作業時間と作業パフォーマンスの関係についても、実験条件を調整し、より詳細に分析を行い明らかにする必要もある。Gomezら[48]は、周辺視野を活かしたゲームを作成し、実験協力者にプレイしてもらい、その視線ログを分析した結果、色検出能力が向上したことを明らかにしている。このことから、視線ログの分析は重要であることがわかり、この実験においても得られた視線ログの分析を行うことで、周辺視野のぼかし強調が及ぼす影響をより明確にすることが可能になると考えられる。

第6章 集中妨害抑止実験

本章では、何かに集中している際にその集中を妨害するようなものが表示されても、その集中を維持できるという仮説を検証するための集中妨害抑止実験について記述する。実験では、集中を妨害するものとして知覚的鋭敏化が起こるようなタスクを用意し、ぼかし強調を行った際のタスクの正答率や視線の動きを分析し、知覚的鋭敏化の抑止が行えるかを調査することで仮説を検証する。

6.1. 実験

実験には、大野ら[41]の実験システムを改良して用いる。実験システムは、中心視野部分に記憶タスクを提示し、周辺視野部分に知覚的鋭敏化が引き起こされる実験協力者の苗字とランダムな苗字を提示するものとなっている。この実験システムに対してぼかしエフェクトを重畳し、実験協力者のタスク正答率、および視線の動きを分析することで知覚的鋭敏化が抑止できたかを調査する。実験協力者は20代の大学生・大学院生8名である。なお実験では、遮音のためノイズキャンセリングヘッドホン Bose QuietComfort 35 を装着してもらった。実験環境図は図12の通りである。なお、実験には4.1.2項と5.1.2項で述べた ALIENWARE 17 を用いたため、ぼかし強調がされない中心視野領域は注視点から左右10.58cm、上下7.90cm以内である。



図12 実験環境図

6.1.1. 中心視野に提示する記憶タスクの設計

ここでは大野ら[41]の実験システムについて具体的に解説する。中心視野部分に提示した記憶タスクは、画面中央に配置された 3×3 の 9 つの正方形のボタンの点灯する順番を覚えるというものである。記憶タスクの手順について、まず 9 つのうちの 1 つのボタンが点消灯（点灯に約 0.7 秒、消灯に約 0.3 秒）し、これを 7 回繰り返すものである（点灯場所はランダム）。次に実験協力者は、キーボードを用いて正しいと思う順番でボタンを選択し、回答する。回答後、実験協力者が回答した順番がどれほど正しかったかを正答率として表示する。以上のボタンの点消灯から正答率の表示までを 1 試行とし、20 試行繰り返してもらうものとした。なお、記憶するボタンの数と試行回数は大野らの行った予備実験に基づいて設定している。

6.1.2. 重畳するぼかしエフェクトの強さ

今回の実験の目的は、周辺視野領域のぼかしを強調することで知覚的鋭敏化の抑止が可能かを検証するものであるが、どの程度のぼかし強調が最も知覚的鋭敏化の抑止に適しているかが不明であった。そこで、Hata ら[44]の研究で行った実験を参考に、著者らがぼかしの強さを主観で 4 段階に設定し、それぞれについて実験協力者の名前が提示される条件とされない条件で実験を行った。ぼかしの強さは、それぞれぼかしレベル 0（ぼかしなし）、ぼかしレベル 1（弱いぼかしがかかっている）、ぼかしレベル 2（中程度のぼかしがかかっている）、ぼかしレベル 3（強いぼかしがかかっている）とした。ぼかしの強さを示したイメージ図を図 13 に示す。

6.2. 実験結果

実験結果を、ぼかしレベルと名前提示条件の組み合わせごとに示す。なお、分析には全 160 試行中で 7 つの順番をすべて回答できた割合である全問正答率、全 160 試行中提示された順番と一致していた割合である正答率、実験協力者の X 座標の平均視線移動量を用いる。

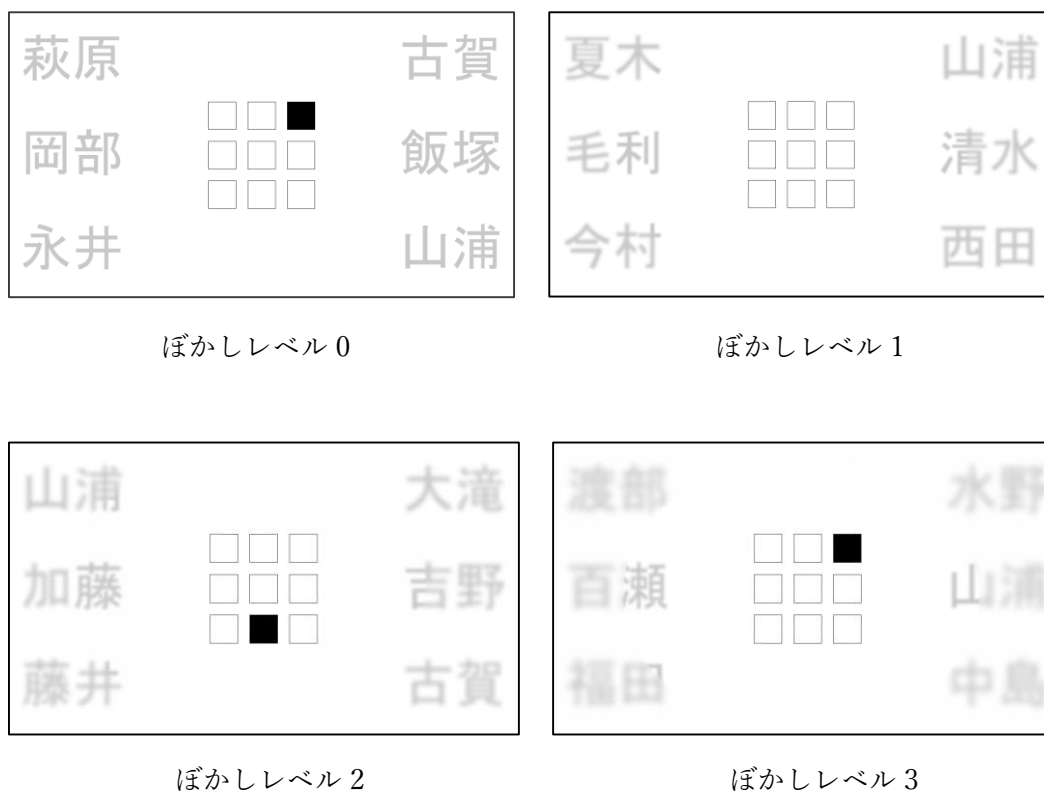


図 13 ぼかしの強さのイメージ

6.2.1. 全問正答率

表 10 は各実験協力者の X 座標の平均視線移動量を示したものである。表 10 から平均視線移動量について大きくばらつきがあることがわかる。特に実験協力者 A と E の平均視線移動量は他の実験協力者と比べて小さく、3 以下となっている。そこで、平均視線移動量が少ない 3 未満の実験協力者と平均視線移動量が多い 3 以上の実験協力者でグループ分けを行った。

表 10 X 座標の平均視線移動量

	A	B	C	D	E	F	G	H
視線移動量	2.22	3.76	4.53	3.27	1.30	10.01	3.97	4.69

表 11 平均全問正答率（視線移動量が多いグループ）

	レベル0 通常	レベル0 名前提示	レベル1 通常	レベル1 名前提示	レベル2 通常	レベル2 名前提示	レベル3 通常	レベル3 名前提示	個人 平均
B	10.0	10.0	5.0	15.0	15.0	10.0	5.0	5.0	9.4
C	70.0	70.0	70.0	90.0	80.0	75.0	55.0	60.0	71.3
D	35.0	20.0	45.0	50.0	40.0	35.0	65.0	45.0	41.9
F	5.0	10.0	15.0	25.0	10.0	10.0	5.0	10.0	11.3
G	65.0	15.0	35.0	70.0	55.0	45.0	30.0	35.0	43.8
H	40.0	30.0	90.0	65.0	55.0	75.0	55.0	35.0	55.6
平均	37.5	25.8	43.3	52.5	42.5	41.7	35.8	31.7	38.9

表 12 平均全問正答率（視線移動量が少ないグループ）

	レベル0 通常	レベル0 名前提示	レベル1 通常	レベル1 名前提示	レベル2 通常	レベル2 名前提示	レベル3 通常	レベル3 名前提示	個人 平均
A	65.0	65.0	45.0	55.0	50.0	70.0	60.0	55.0	58.1
E	85.0	70.0	65.0	60.0	65.0	60.0	65.0	45.0	64.4
平均	75.0	67.5	55.0	57.5	57.5	65.0	62.5	50.0	61.3

表 11, 12 は実験協力者を視線移動量が多いグループと少ないグループ別に分割したうえでの、各ぼかしレベルと名前提示・通常条件の組み合わせでの平均全問正答率を示したものである。また、表 13, 14 は個人の平均全問正答率で結果を正規化したものである。なお、各レベル帯で値が大きい方のセルを、オレンジ色でハイライトした。

表 11～14 より、ぼかしレベル 0 での名前提示条件別に値を見てみると、8 人中 4 名については名前提示条件よりも通常条件の値が大きく、8 人中 3 名については名前提示のありなしで値に差がなかった。また、ぼかしレベル 1 のときのみ、名前提示条件の平均全問正答率が通常条件よりも高いという結果になった。視線移動量が多いグループに着目すると、名前提示条件において、6 名全員がぼかしレベルを上げることでスコアが高くなる傾向にあった。特に、ぼかしレベル 0 とぼかしレベル 1 の平均全問正答率の差が大きいことがわかる。

次に、表 13, 14 の正規化した平均全問正答率を見てみると、視線移動量が多いグループでは 6 名の平均について、ぼかしレベル 1 とぼかしレベル 2 については 1 を上回っているが、ぼかしレベル 3 は 1 を下回っていることがわかる。また、視線移動量が少ないグループでは 2 名の平均について、ぼかし通常条件・名前提示条件ともにぼかしレベル 0 のときの平均全問正答率が高くなっていた。

表 13 個人平均で正規化した平均全問正答率（視線移動量が多いグループ）

	レベル 0 通常	レベル 0 名前提示	レベル 1 通常	レベル 1 名前提示	レベル 2 通常	レベル 2 名前提示	レベル 3 通常	レベル 3 名前提示
B	1.07	1.07	0.53	1.60	1.60	1.07	0.53	0.53
C	0.98	0.98	0.98	1.26	1.12	1.05	0.77	0.84
D	0.84	0.48	1.07	1.19	0.96	0.84	1.55	1.07
F	0.44	0.89	1.33	2.22	0.89	0.89	0.44	0.89
G	1.49	0.34	0.80	1.60	1.26	1.03	0.69	0.80
H	0.72	0.54	1.62	1.17	0.99	1.35	0.99	0.63
平均	0.92	0.72	1.06	1.51	1.14	1.04	0.83	0.79

表 14 個人平均で正規化した平均全問正答率（視線移動量が少ないグループ）

	レベル 0 通常	レベル 0 名前提示	レベル 1 通常	レベル 1 名前提示	レベル 2 通常	レベル 2 名前提示	レベル 3 通常	レベル 3 名前提示
A	1.12	1.12	0.77	0.95	0.86	1.20	1.03	0.95
E	1.32	1.09	1.01	0.93	1.01	0.93	1.01	0.70
平均	1.22	1.10	0.89	0.94	0.93	1.07	1.02	0.82

6.2.2. 順目ごとの正答率

表 15, 16 はボタンが点消灯する 7 つの順番のうち、各順目の正答率を視線移動量グループ別に示したものであり、表 17, 18 は各順目の平均正答率で正規化したものである。表 11～14 と同様に各レベル帯で値が大きい方の条件をオレンジ色でハイライトした。表 15, 16 より、ぼかしレベル 1 帯のみが名前提示条件の値の方が通常条件よりもすべての順目で大きくなっており、順目平均をすべての順目で上回っていたことがわかる。特に、表 15 のぼかしレベル 1 帯の 5 順目以降については正答率の差が 10 以上であり、表 17 の正規化した値で確認するとその差は 0.15 以上となっている。

表 15, 16 の順目平均に着目すると、視線移動量にかかわらず 5 順目から正答率が大きく下がっており、4 順目から 5 順目に移る際には正答率はどの条件でも低下していた。また、最も低い正答率であった順目は視線移動量によらず 6 順目であった。

視線移動量に着目し表 17, 18 を見てみると、視線移動量が多いグループでは、通常条件・名前提示条件ともにぼかしレベル 0 のときよりもそれ以上のぼかしレベルのときにおける正答率の方が高い傾向にあった。一方、視線移動量が少ないグループでは、通常条件ではぼ

表 15 視線移動量が多いグループのタイミング別正答率

	レベル0 通常	レベル0 名前提示	レベル1 通常	レベル1 名前提示	レベル2 通常	レベル2 名前提示	レベル3 通常	レベル3 名前提示	順目 平均
1 順目	89.2	82.5	80.8	87.5	90.0	87.5	85.0	81.7	85.5
2 順目	77.5	75.0	80.0	85.0	79.2	78.3	77.5	75.8	78.5
3 順目	70.8	66.7	81.7	83.3	79.2	74.2	73.3	68.3	74.7
4 順目	72.5	70.0	75.0	79.2	72.5	77.5	71.7	69.2	73.4
5 順目	68.3	60.0	64.2	74.2	68.3	65.0	61.7	61.7	65.4
6 順目	57.5	53.3	59.2	71.7	66.7	65.0	60.0	58.3	61.5
7 順目	65.8	61.7	66.7	77.5	79.2	70.0	65.8	66.7	69.2
平均	71.7	67.0	72.5	79.8	76.4	73.9	70.7	68.8	

表 16 視線移動量が少ないグループのタイミング別正答率

	レベル0 通常	レベル0 名前提示	レベル1 通常	レベル1 名前提示	レベル2 通常	レベル2 名前提示	レベル3 通常	レベル3 名前提示	順目 平均
1 順目	100.0	97.5	100.0	100.0	92.5	90.0	92.5	92.5	95.6
2 順目	92.5	92.5	87.5	90.0	87.5	87.5	92.5	90.0	90.0
3 順目	97.5	90.0	82.5	87.5	85.0	77.5	92.5	87.5	87.5
4 順目	95.0	90.0	85.0	90.0	87.5	82.5	95.0	95.0	90.0
5 順目	92.5	85.0	75.0	85.0	85.0	80.0	85.0	80.0	83.4
6 順目	90.0	82.5	75.0	85.0	75.0	77.5	85.0	75.0	80.6
7 順目	82.5	85.0	77.5	82.5	80.0	80.0	87.5	85.0	82.5
平均	92.9	88.9	83.2	88.6	84.6	82.1	90.0	86.4	

かしレベル0のときの正答率が高い傾向にあり、名前提示条件ではぼかしレベル0か1のときの正答率が高い傾向にあった。

6.3. 考察

6.2節で得られた結果をもとに、はじめに大野ら[41]が行った実験の再現ができているかについて考察し、その後、ぼかしと知覚的鋭敏化の影響について考察する。

表 17 視線移動量が多いグループのタイミング別正答率（順目平均で正規化）

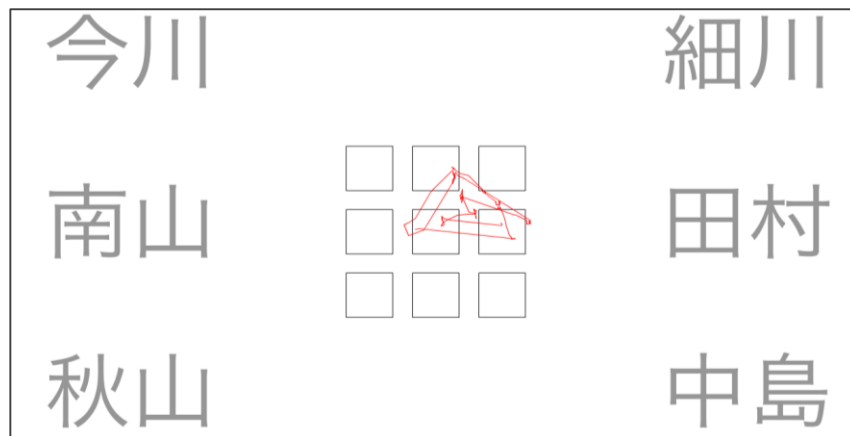
	レベル 0 通常	レベル 0 名前提示	レベル 1 通常	レベル 1 名前提示	レベル 2 通常	レベル 2 名前提示	レベル 3 通常	レベル 3 名前提示
1 順目	1.04	0.96	0.95	1.02	1.05	1.02	0.99	0.95
2 順目	0.99	0.95	1.02	1.08	1.01	1.00	0.99	0.97
3 順目	0.95	0.89	1.09	1.12	1.06	0.99	0.98	0.91
4 順目	0.99	0.95	1.02	1.08	0.99	1.06	0.98	0.94
5 順目	1.04	0.92	0.98	1.13	1.04	0.99	0.94	0.94
6 順目	0.94	0.87	0.96	1.17	1.08	1.06	0.98	0.95
7 順目	0.95	0.89	0.96	1.12	1.14	1.01	0.95	0.96
平均	0.99	0.92	1.00	1.10	1.05	1.02	0.97	0.95

表 18 視線移動量が少ないグループのタイミング別正答率（順目平均で正規化）

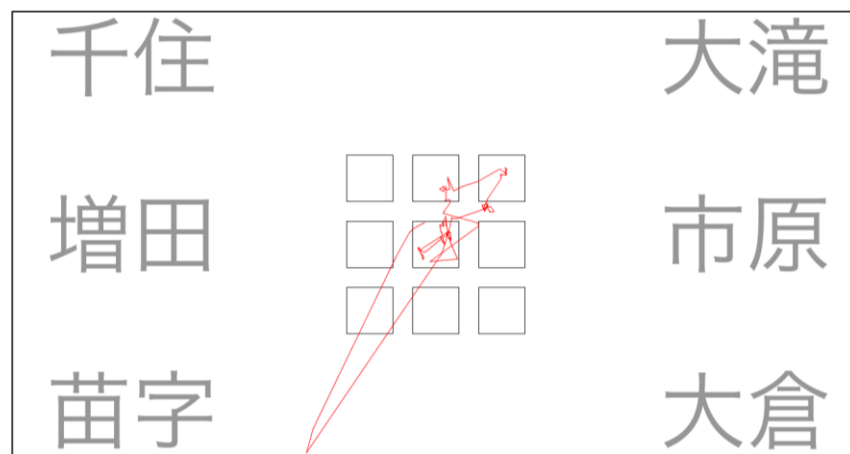
	レベル 0 通常	レベル 0 名前提示	レベル 1 通常	レベル 1 名前提示	レベル 2 通常	レベル 2 名前提示	レベル 3 通常	レベル 3 名前提示
1 順目	1.05	1.02	1.05	1.05	0.97	0.94	0.97	0.97
2 順目	1.03	1.03	0.97	1.00	0.97	0.97	1.03	1.00
3 順目	1.11	1.03	0.94	1.00	0.97	0.89	1.06	1.00
4 順目	1.06	1.00	0.94	1.00	0.97	0.92	1.06	1.06
5 順目	1.11	1.02	0.90	1.02	1.02	0.96	1.02	0.96
6 順目	1.12	1.02	0.93	1.05	0.93	0.96	1.05	0.93
7 順目	1.00	1.03	0.94	1.00	0.97	0.97	1.06	1.03
平均	1.07	1.02	0.95	1.02	0.97	0.94	1.03	0.99

6.3.1. 知覚的鋭敏化の再現

大野ら[41]の研究はぼかし強調がなされていない状態、つまり本研究でのぼかしレベル 0 における名前提示条件の違いを比較することで、知覚的鋭敏化の影響を調査するものであった。そこで、表 11、12 のぼかしレベル 0 における平均全問正答率について見てみると、視線移動量が多いグループと少ないグループ共に通常条件の値の方が名前提示条件よりも大きかったことがわかる。また、表 15、16 にある順目ごとの正答率についても、通常条件の値が名前提示条件よりも大きい結果となった。しかし、大野らの実験結果では 4 順目の正答率の差が最も大きくなっているが、著者の行った実験の結果では 5 順目以降の正答率



通常条件



名前提示条件

図 14 ぼかしレベル 0 における実験協力者 G の名前提示後の視線ログ

の差が大きいものとなった。なお、4 順目付近の文字列はかなり薄く、5 順目付近の文字列は徐々に鮮明になってきており、その濃さは大野らの実験と共通している。これについては、4 順目も 5 順目も名前が表示され始めた付近のタイミングであるが、大野らの実験では実験の提示における制御をフレーム単位で行っていたためぶれが生じており、一方で著者の実験では提示の制御を起動からの秒数で制御していたため厳密に実施できていたため、部分的に差が生じた可能性があると考えられる。以上のことから、ぼかしレベル 0 における著者の実験結果と大野らの実験結果とほぼ一致したため、今回の実験でも知覚的鋭敏化は起こっていたと考えられる。また、実験協力者 G の名前提示条件と通常条件において、名前提示が始まる 4 順目から 7 順目までの視線のログを図 14 に示した。なお、実験協力者の名前はプライバシーを考慮し、「苗字」と置き換えてある。図 14 より、名前提示条件において自身の名前が表示されている箇所（ここでは「苗字」と提示されている場所）に視線が引張られていることがわかる。このことから、知覚的鋭敏化が起こっていると考えられる。

しかし、知覚的鋭敏化が起こる文字列の濃さの閾値については、今回の実験では明らかにできていないため、追加の調査が必要である。また、実験協力者 C の通常条件における、ぼかしレベル 0 の 4 順目から 7 順目までの視線ログを図 15 に示す。図 15 より、自身の名前が提示されていないにもかかわらず、視線が「松岡」という名前に向いていることが分かる。この結果について、実験協力者 C に聞き取り調査を行ったところ、表示された 6 つの名前のうち、「松岡」のみが知り合いにいたことがわかった。つまり、知り合いの名前によって知覚的鋭敏化が起こってしまった可能性が考えられる。他の実験協力者の視線ログを確認したところ、このような自身の名前以外による知覚的鋭敏化が起こった例は 1 人につき 3～5 件ほど見られた。今後はより正確なデータを集めるため、実験協力者の知り合いを考慮して実験を行う必要がある。

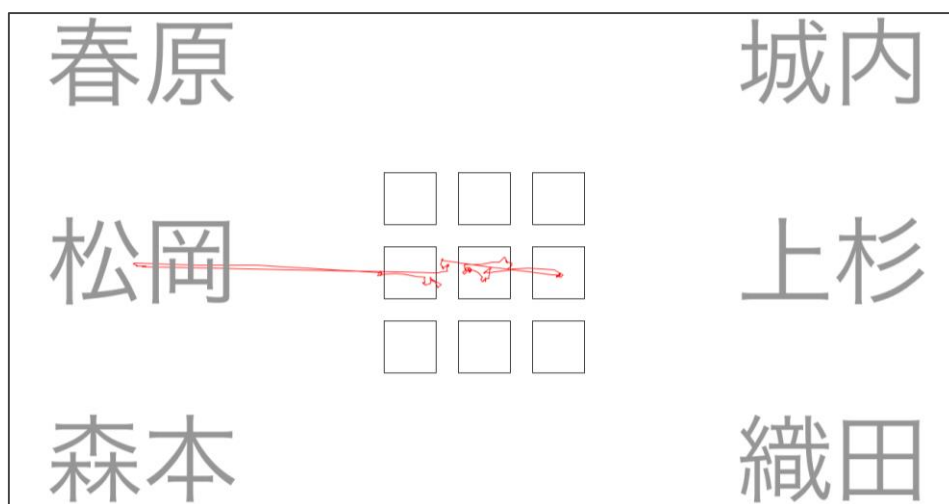


図 15 ぼかしレベル 0・通常条件における
実験協力者 C の名前提示後の視線ログ

6.3.2. ぼかしと知覚的鋭敏化の影響について

6.2.1 項より、名前提示条件において視線移動量が多い 6 名全員がぼかしレベルを上げることでスコアが高くなる傾向にあった。このことから、ぼかしによって知覚的鋭敏化が抑制できていた可能性がある。そこで、名前提示条件とぼかしレベル 0～3 について二要因分散分析を行ったが、認められたのはぼかしレベルについての主効果のみであった。ここで表 11 に注目すると、ぼかしレベル 1 以降ではぼかしレベルが上昇するにつれて、徐々に全問正答率が下がっていく傾向にあることがわかる。そのため、知覚的鋭敏化を抑制可能なぼかしの強さには適切な範囲が存在すると考えられる。そこで、名前提示条件において各ぼかしレベルとの一要因分散分析を行ったところ、ぼかしレベル 0 とぼかしレベル 1 の間で有意差 ($F(1, 11) = 15.02, p < .01$)、ぼかしレベル 1 とぼかしレベル 3 の間で有意差が認められた

($F(1,11) = 15.48, p < .01$). このことから、非常に強いぼかし強調が行われている状態はぼかしが全くかかっていない状態とあまり変わらないことがうかがえる。つまり、今回設定した非常に強いぼかしであるぼかしレベル 3 は、強すぎてほとんど効果がなかった可能性がある。また、名前提示条件とぼかしレベル 0~2 について二要因分散分析を行ったところ、ぼかしレベルについての主効果と交互作用が認められた。この結果からも、知覚的鋭敏化を抑制可能なぼかしの強さには適切な範囲が存在すると考えられる。さらに、相互作用が認められたことから知覚的鋭敏化とぼかしが互いに影響しあっていると考えられる。ぼかしの強さや、知覚的鋭敏化との具体的な関係性については今後も調査を継続していく必要がある。

6.2.2 項の結果より、視線移動量が少ないグループでは通常条件ではぼかしレベル 0 のときの正答率が高い傾向にあり、名前提示条件ではぼかしレベル 0 か 1 のときの正答率が高い傾向にあったことがわかる。このことから、視線移動量が少ないひとにはそもそもぼかし強調が適していない可能性がある。この理由としては、今回ぼかし強調に用いたシステムが、視線の位置に応じて動的にぼかす範囲を変化させるものであったため、視線の移動量が少ないとほとんど変化しないという特徴が考えられる。しかし、視線移動量が少なくても、ぼかしレベル 1 のみについては通常条件よりも名前提示条件の正答率の方が大きいことから、ぼかし強調が適さない人に対しても知覚的鋭敏化とぼかしが互いに影響しあっている可能性がある。ぼかし強調が適さない人に対する知覚的鋭敏化とぼかしの影響については今後も調査を継続する必要がある。

表 11 について、ぼかしレベル 1 のときのみ名前提示条件の平均全問正答率が通常条件よりも高くなっていた。さらに表 15 から、順目ごとの正答率に着目してみると、6 順目の正答率が 70%を上回っていたのは、ぼかしレベル 1 のときの名前提示条件のみであった。ここで、同レベル帯で名前提示条件と通常条件との t 検定を行ったところ、視線移動量が多いグループについてぼかしレベル 1 のときのみ有意傾向 ($p < .10$) が認められた。また、実験協力者 G の名前提示条件における、ぼかしレベル 1 の 4 順目から 7 順目までの視線ログを示した図 16 と図 14 のぼかしレベル 0 の視線ログを比較してみると、ぼかしレベル 1 では視線移動が少なく、自身の名前に視線が向いていないことがわかる。このことから、知覚的鋭敏化による悪影響はなくなったと考えられる。これらの結果から、適切なぼかしの強さを設定することで、知覚的鋭敏化は集中を乱すような悪影響ではなく、集中力もしくは記憶力に対して良い影響を及ぼすようになるのではないかと推測される。この影響については、覚醒や注意が感覚を鋭敏にするという研究[49]が関係していると考えられるが、まだデータや結果が不足しているため今後も調査を続け、関連性についてさらに明らかにする必要がある。

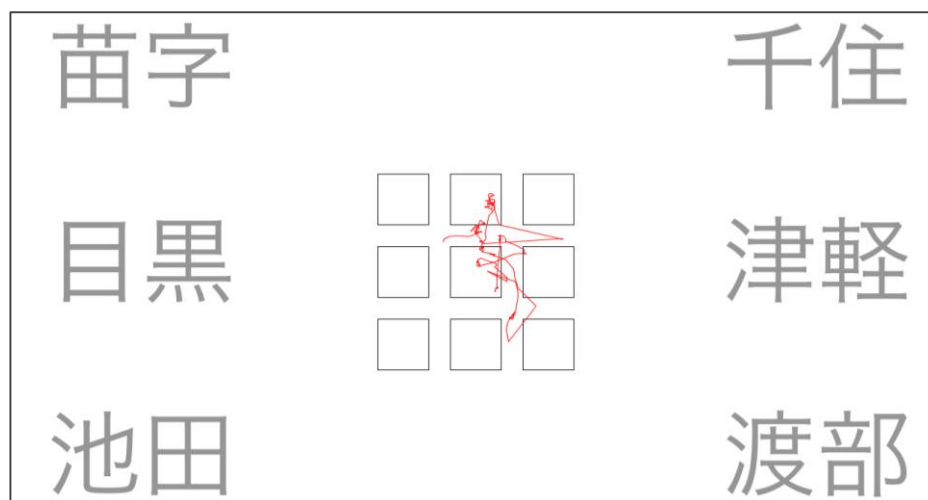


図 16 ぼかしレベル 1・名前提示条件における
実験協力者 G の名前提示後の視線ログ

6.4. 集中妨害抑止実験のまとめ

本章では、知覚的鋭敏化のような集中の阻害となる対象に対してぼかし強調を行うことで、その集中の阻害を抑止できるかの調査を行った。実験ではまず、大野ら[41]が行ったボタンの点消灯する順番を覚えるという記憶タスクの周囲である周辺視野領域において、知覚的鋭敏化を引き起こすと考えられる自分自身の名前を提示し、そのタスクの成績に影響があるかの再現性についての検証を行った。実験の結果、名前提示条件よりも通常条件の全問正答率の方が大きいことが示された。このことから、大野らの実験の再現が行えており、知覚的鋭敏化を引き起こすことができたと言える。そのうえで、周辺視野領域に提示される名前に対してぼかしがかかっていない（ぼかしレベル 0）、弱いぼかし（ぼかしレベル 1）、中程度のぼかし（ぼかしレベル 2）、強いぼかし（ぼかしレベル 3）の 4 段階のぼかしの強さを設定し、ぼかし強調がなされたうえで実験を行った。その結果、ある程度のぼかしの強さで強調を行うことで、知覚的鋭敏化を抑制することが可能なことが示された。また、弱いぼかしのときに名前提示条件の平均全問正答率が通常条件よりも高くなっていたことから、ぼかしの強さが一定の範囲内であるときには、知覚的鋭敏化は人の集中力や記憶力に対して良い影響を及ぼす可能性が示唆された。以上の結果より、本章では何かに集中している際にその集中を妨害するようなものが表示されても、その集中を維持できるという仮説を立証した。

今後の課題としては、まず知覚的鋭敏化を抑止する、または知覚的鋭敏化が良い影響を及ぼす要因となるためのぼかしの強さについて詳しく調査する必要がある。今回の実験では、ぼかしの強さを著者らの主観で 4 段階までしか設定していなかった。そこで、様々なぼかし条件を試し、どの程度のぼかしの強さが適しているのかについて検討し、実験が行うこと

が望まれる。また、文字列は図形などの形の視覚刺激に含まれるため、視覚刺激による知覚的鋭敏化は汎用的にぼかし強調によって抑止できる可能性が高い。しかし、集中を阻害する要因には 1 章であげたような SNS の通知など、知覚的鋭敏化を含め様々なものが他に存在するため、形の視覚刺激に由来する知覚的鋭敏化による集中妨害の抑止だけではまだ補えてきていない。そのため、今後も視野特性についての知見を収集し、抑止の可能性がある要因について検討する必要がある。関連して、名前という文字列と名前以外の文字列の知覚速度に差があるかを調査することで、文字列すべてにおいて、それを起因とした知覚的鋭敏化が抑止できるかが明らかにできるため、実験を行う必要がある。また、実験協力者の人数が 8 人程度であるため、結果の信頼性については不十分な点が認められる。今後は人数を増やし、信頼性を十分なものにしていくことが望まれる。

第7章 総合考察

本章では4～6章の実験結果を踏まえた総合的な考察を行う。

7.1. 3つの仮説と集中の関係

4～6章の結果について、1.2節と1.3節を踏まえると、ぼかし強調手法は印象の増幅、有効視野狭窄の演出、情報量の削減が行えたことを示している。このそれぞれの要素について考察を行う。まず、4章のコンテンツ体験拡張実験から没入感や臨場感といった印象が増幅できることが確認されたが、見えやすさのような生理的印象は低減することがわかった。このことから、見えづらくとも印象が増幅されていれば、集中はできるようになると言えるが、見えづらさを解決することによってさらに集中できるようになる可能性がある。この見えづらさについては、有効視野が関係していると考えられる。集中する前の有効視野は集中している際に比べて広いという特性をもつ。そのため本手法を用いると、使用した最初の段階では自身の有効視野とぼかし強調による有効視野が一致しないということになり、この不一致が見えづらさを生じさせる原因であると考えられる。逆に見えづらさが生じたことで、有効視野の狭窄は演出できたとも言える。この問題の解決策としては、視線移動量を考慮したぼかし強調を行うことがあげられる。そのためには、視線移動量が多い人と少ない人とで、周辺視野の見え具合や有効視野の広さにどのような違いがあるかを分析する必要がある。違いを明らかにし、その特性を生かすことで、ぼかし強調手法をより効果的なものにできると期待される。情報量の削減については5章のゲームプレイにおいてパフォーマンスが低下しなかったこと、および6章の知覚的鋭敏化が抑止できたことから適度な情報量の削減ができたと言える。また集中することで技能が向上する可能性は少ないと言える。そのため、情報量の削減の効果としては集中を阻害されにくくすることだと考えられる。最適なぼかし強調の強さや範囲にすることで、適度な情報量の削減がより理想的な形で行えるようになると考えられるが、どの程度のぼかしの強さや範囲がいいのかはまだ明らかにできていない。これについては次節で考察を述べる。

7.2. ぼかし強調の課題

各章で述べた通り課題がいくつか存在する。特に重要視すべき課題である、ぼかし強調の強さと範囲についてここでは考察する。

ぼかし強調の範囲について、今回の実験では福田[12]やStrasburgerの研究[13]をもとにぼかし強調が行われる範囲を設定した。しかし、コンテンツ体験拡張実験の結果から、システムを適用する対象の明度や彩度によってその効果が変動してしまうこと、集中促進実験

の結果から集中したい対象によってぼかし強調がかえって邪魔になってしまうことが明らかになっている。さらに実装したシステムにおいて、ぼかし強調の強さは段階的に変化させてはいたものの、その強さの基準は著者の主観によって設定していた。この理由としては、人間の視野において、どの範囲がどのくらい見えるかという研究はいくつか行われているが、すべての対象について言えることではなく、限定された文字や絵などについて述べたものとなっているため、実装段階で最適な強さというものを設定するのはほぼ不可能であったからである。この問題の解決にあたり、着目すべき点はシステムが適用される対象の情報だと考えられる。今回適用した対象の情報には明度や彩度といった色情報や課題の複雑さ、知覚的鋭敏化が起こるような意味をもつ文字列など非常に多くのものが含まれていた。実施した3つの実験を踏まえると、これらの情報によってぼかし強調の効果が変動していた可能性が高い。したがって、これらの情報を含む様々なコンテンツや作業に対してぼかし強調手法を用いた実験を網羅的に行うことによって、ぼかし強調の強さと範囲を最適なものに近づけていくことが期待される。

7.3. 応用先

本システムの利用状況として考えられるのは、e-Sports など長時間集中が必要な場面があげられる。特にここ数年でe-Sportsの競技人口は飛躍的に増加しており、2019年の市場規模は約1240億円[50]とも予想されており、2015年の約370億円の市場規模のおよそ4倍にもなる。この競技人口の増加や市場規模の拡大に伴い、大会や競技の場でのプレイヤーレベルが高くなってきている。その結果、自身のプレイスキルを磨くために長時間練習するプレイヤーも多くなると考えられ、このような練習の場面において本システムを利用すれば、集中の維持が行えるため、スキル向上が普段よりも効率よく進められる可能性が大きいと期待される。しかし、本論文で明らかになったのは一部のビデオゲームに対する技術力が向上したということであり、e-Sportsに代表されるMOBA (Multiplayer Online Battle Arena) やFPS (First Person Shooting) などのジャンルにおいても有用であるかは明らかでない。そのため、ぼかし強調手法を上記のジャンルに該当するビデオゲームにおいても有用であるかは調査する必要がある。また、プログラミング教育やIT事業が盛んになってきているため、PCを用いた作業の場面というのはますます増えていくと考えられる。このような場面では計算や設計など頭を働かせる必要があり、集中することが重要である。しかし作業や業務、授業などの仕事の場面や教育現場においては、集中するために音楽を聴くということや休憩に出ることが許されないことがあり、集中を維持するための方法とりにくいことが多い。そのような場面においても、本システムならば視線検出によって集中を促せるため、利用できると思われる。

本研究ではディスプレイ上のコンテンツや作業を対象としたが、VR環境のような仮想空間への利用可能性もあると考えられる。まず、VRなどの仮想環境において問題になるのは

3D 酔いであり、3D 酔いを調査した研究[51]によると仮想の鼻を描画することで、3D 酔いを軽減できることが明らかにされている。このことから、3D 酔いの軽減には自己帰属感が重要であると考えられ、臨場感などの印象が関係していると考えられる。本手法を用いることで、臨場感などの印象が増幅できるため、自己帰属感を生じさせることができる可能性がある。仮想環境においても本手法が有効であるかについては、酔いなどの生理的印象を指標とし、調査する必要がある。また、現実世界への利用可能性も存在すると考えられ、メガネブランドである Zoff から‘集中できる環境’を作るメガネ[52]が発売されており、このメガネはその例であると言える。このメガネは着脱式のフードによって側面や上部の視界を制限しているため、周辺視野の情報量を削減していると言えるだろう。しかし、この場合だとディスプレイ上で周辺視野を黒く塗りつぶすことと同じことを現実世界で行った形に近くなるため、大画面で作業をしたり、映画などを視聴したりする場面においては情報量が削減されすぎてしまう恐れがある。そのため、周辺視野の一部を完全に遮ってしまうのではなく、ある程度の情報は維持することが重要である。例としては、メガネのレンズの周りにぼかしがかかるような加工を施し、装着した際に周辺視野のぼかしが強調されているようなものが適していると考えられる。このようなメガネであるならば実際の生活において装着しても、作業などに支障をきたすことなく、対象に対して集中しやすくなる可能性が高い。作業に支障がないかどうかについては、今後の研究の応用先として十分に調査される必要がある。実世界にも適用できることが明らかになれば、情報量の削減がもつ可能性をさらに広げることができるだろう。

第8章 おわりに

本研究ではPCのようなディスプレイ上における集中の維持・促進を行うため、有効視野が狭窄しているような感覚を演出し、周辺視野の情報量の削減が行えるぼかし強調システムを実装した。実装したぼかし強調システムは人の視野特性を応用しており、視線に追従するという特徴や注視点から離れるほどぼかしの強さが大きくなるという特徴を有している。このシステムの有用性について3種類の実験を行い検証した。実験の結果、本研究で実装したぼかし強調システムを用いることで、ゲームや動画などのコンテンツに対して集中しやすくなること、作業のような課題に対して集中しやすくなること、そして何かに集中している際にその集中を妨害するようなものが表示されても、その集中を維持できることを明らかにした。以上の結果から、周辺視野のぼかし強調を行うことで集中の維持・促進ができることが明らかとなった。

本研究で実装したシステムの仕組みはユーザの視線を検出し、その周辺視野領域にガウシアンフィルタを重畳することでぼかし強調するという単純なものである。そのため、視線さえ検出できれば環境を問わず利用できるため、あらゆるディスプレイ上のコンテンツや作業に対して利用可能である。しかし6章の考察から、一部の集中妨害要因については抑止できることが明らかになっていないことや、各章の考察からシステムを用いた効果は個人差に依存するところが多いことがわかっているため、本研究の課題はまだ多く存在する。このようなリミテーションについても明らかにすることで、より集中の維持・促進の効果が表れる場面の特定につながり、また集中に関する研究分野の貢献にもつながると考えられる。

謝辞

Web 公開版からは謝辞を削除しました.

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 2019-06-25).
- [2] 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.
- [3] 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, p. 13-17.
- [4] Gianna, C. and Raymond, A. R. M.. The Effect of Background Music and Background Noise on the Task Performance of Introverts and Extraverts. *Psychology of Music*. 2007. vol. 35, no. 3, pp. 517-537.
- [5] 柏田陽子, 村井均, 鈴木隆, 桑原宏, 川西義浩. 放射線カウンセリング・ステップ ONE. 日本放射線カウンセリング学会, 2005.
- [6] Postman, L., Bruner, J. S. and McGinnies, E., Personal Values as Selective Factors in Perception. *Journal of Abnormal and Social Psychology*. 1948. vol. 43, pp. 142-154.
- [7] 渡辺功. 選択的注意と記憶. *心理学評論*. 1980. vol. 23, no. 4, p. 335-354.
- [8] “WEAR SPACE | FUTURE LIFE FACTORY – Panasonic”
<https://panasonic.co.jp/design/flf/works/wear-space/>, (参照 2019-12-18).
- [9] 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*. 1998. vol. 82, no. 3, p. 180-184.
- [10] Hillaire, S., Lécuyer, A., Cozot, R. and Casiez, G.. Using an Eye-Tracking System to Improve Camera Motions and Depth-of-Field Blur Effects in Virtual Environments. *IEEE Virtual Reality Conference*. 2008. pp. 47-50.
- [11] 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. 第 175 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2017. p. 1-8.
- [12] 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*. 1978. vol. 32, no. 6, p. 492-498.
- [13] Strasburger, H., Rentschler, I. and Jüttner, M.. Peripheral Vision and Pattern Recognition: A Review. *Journal of Vision*. 2011. vol. 11, no. 5, pp. 1-13.
- [14] 松田滉平, 中村聡史. 動画に対する音響的装飾の分析と視覚的装飾を可能とする手法の提案. *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集*. 2015. vol. 2015, p. 458-464.
- [15] 松井啓司, 中村聡史, 大島遼. 周辺視へのエフェクト提示による動画の視聴体験拡張. *エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集*. 2015. vol. 2015, p. 543-550.
- [16] 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.
- [17] Morishima, S.. Dive into the Movie -Audience-driven Immersive Experience in the Story-. Journal on Virtual and Mixed Reality - The IEICE transactions on information and systems (Japanese edition) - Special Section on Human Communication III. 2008. vol. 91, no. 6, pp. 1594-1603.
 - [18] Hirai, T., Nakamura, S., Yumura, T. and Morishima, S.. VRMixer Mixing Video and Real World with Video Segmentation. In: 11th Advances in Computer Entertainment Technology Conference. 2014. pp. 1-7.
 - [19] Jones, B. R., Benko, H., Ofek, E. and Wilson, A. D.. Illumiroom: Peripheral Projected Illusions for Interactive Experiences. Proceedings of the 2013 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2013. pp. 869-878.
 - [20] Kimura, N. and Rekimoto, J.. ExtVision: Augmentation of Visual Experiences with Generation of Context Images for a Peripheral Vision Using Deep Neural Network. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. 2018. pp. 1-10.
 - [21] 福地翼, 又吉康綱, 松井啓司, 中村聡史. IllumiFrame: 錯視図形を用いた額縁型音楽動画体験拡張システム. 第 24 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2016) 予稿集. 2016. p. 1-2.
 - [22] 岩瀬弘和, 村田厚生. 長時間の HMD 装着作業が平衡機能に及ぼす影響. 電子情報通信学会論文誌 A 基礎・境界. 2002. vol. 85, no. 9, p. 1005-1013.
 - [23] Tamura, M. and Nakamura, S.. A Method for Enriching Video-watching Experience with Applied Effects Based on Eye Movements. 25th International Conference on MultiMedia Modeling (MMM2019). 2019. vol.11296, pp. 547-553.
 - [24] Okatani, T., Ishizawa, T. and Deguchi, K.. Gaze-reactive Image Display for Enhancing Depth Perception by Depth-of Field Blur. The IEICE transactions on information and systems. 2009. vol. 92, pp. 1298-1307.
 - [25] 石黒祥生, 暦本純一. Peripheral Vision Annotation : 拡張現実感環境のための視線計測による周辺視野領域情報提示手法. 情報処理学会論文誌. 2012. vol. 53, no. 4, p. 1328-1337.
 - [26] Mantiuk, R., Bazyluk, B. and Tomaszewska, A.. Gaze-Dependent Depth-of-Field Effect Rendering in Virtual Environments. In: Proceedings of the Second international conference on Serious Games Development and Applications. 2011. pp. 1-12.
 - [27] Katharina, E. and Maic, M.. Watch Me Play: Does Social Facilitation Apply to Digital Games?. Conference on Human Factors In Computing Systems 2018 (CHI2018). 2018. pp. 1-12.
 - [28] 瀬谷安弘, 森美津樹. First Person Shooter ゲームプレイ中の知覚運動協応特性の検討. 日本感性工学会論文誌. 2018. vol. 17, no. 4, p. 507-513.
 - [29] 築瀬洋平, 鳴海拓志. 誰でも神プレイできるジャンプアクションゲーム. 日本バーチャルリ

- アリティ学会論文誌. 2016. vol. 21, no. 3. p. 415-422.
- [30] 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, p. 843-849.
- [31] 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. 第 180 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2018. p. 1-7.
- [32] 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. 日本認知科学大会. 2010.
- [33] 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. 2010. vol. 6, no. 1, pp. 1-10.
- [34] Attarha, M., Bigelow, J. and Merzenich, M. M.. Unintended Consequences of White Noise Therapy for Tinnitus-Otolaryngology's Cobra Effect: A Review. JAMA Otolaryngology-Head & Neck Surgery. 2018. vol. 144, no. 10, pp. 938-943.
- [35] Cherry, E. C. Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. Journal of the Acoustical Society of America. 1953. vol. 25, pp. 975-979.
- [36] Hershler, O. and Hochstein, S.. At First Sight: A High-level Pop out Effect for Faces. Vision Research. 2005. vol. 45, pp. 1707-1724.
- [37] Itti, L. and Koch, C.. Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1998. pp. 1254-1259.
- [38] 木村昭悟, 米谷竜, 平山高嗣. 人間の視覚的注意の計算モデル. 電子情報通信学会技術研究報告. 2012. vol. 111, no. 499. p. 89-100.
- [39] 横澤一彦, 熊田孝恒. 視覚探索—現象とプロセス. 1996.
- [40] Hosoya, M., Yamaura, H., Nakamura, S., Nakamura, M., Takamatsu, E. and Kitaide, Y.. Does the Pop-out Make an Effect in the Product Selection of Signage Vending Machine?. 17th IFIP TC.13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2019). 2019. vol. 11747, pp. 24-32.
- [41] 大野直紀, 中村聡史. 周辺視野における知覚的鋭敏化による中心視野への影響の調査. ヒューマンコミュニケーション基礎研究会. 2018. vol. 118, no. 49, p. 17-21.
- [42] “JINS MEME | TURN IT ON – 見るから、知るへ。”
<https://jins-meme.com/ja/>, (参照 2019-12-19).
- [43] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S. and Lilienthal M. G.. Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) : An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. Journal of The International Journal of Aviation Psychology. 1993. vol. 3, no. 3, pp. 203-220.
- [44] Hata, H., Koike, H. and Sato, Y.. Visual Guidance with Unnoticed Blur Effect. In: Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces. 2016, pp. 28-35.

- [45] “【Easy タイピング (WebGL 版)】”
<http://typingx0.net/easy/>, (参照 2019-06-02).
- [46] “青空文庫 Aozora Bunko”
<https://www.aozora.gr.jp/>, (参照 2019-06-02).
- [47] “インターネットでタイピング練習 イータイピング | e-typing ローマ字タイピング”
<https://www.e-typing.ne.jp/>, (参照 2019-06-14).
- [48] Gomez, A. R. and Gellersen, H.. SuperVision: Playing with Gaze Aversion and Peripheral Vision. Conference on Human Factors In Computing Systems 2019 (CHI2019). 2019. pp. 1-12.
- [49] “覚醒や注意が感覚を鋭くする脳回路を解明 | 理化学研究所”
https://www.riken.jp/press/2014/20140723_1/ (参照 2019-11-18).
- [50] “「世界で拡大 e スポーツ市場！日本は？」(くらし☆解説) | くらし☆解説 | 解説アーカイブス | NHK 解説委員室”
<http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/700/265333.html>, (参照 2019-12-19).
- [51] “'Virtual nose' may reduce simulator sickness in video games ”
<https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2015/Q1/virtual-nose-may-reduce-simulator-sickness-in-video-games.html>, (参照 2020-01-15).
- [52] “Zoff + 集中 | メガネの Zoff オンラインストア”
<https://www.zoff.co.jp/shop/contents/shuchu.aspx>, (参照 2020-01-17).

研究業績

- [1] 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. ヒューマンコミュニケーション基礎研究会. 2018. vol. 118, no. 49, p. 1-6.
- [2] Yamaura, H., Tamura, M. and Nakamura, S.. Image Blurring Method for Enhancing Digital Content Viewing Experience. Human Computer Interaction International, 2018. pp. 1-16.
- [3] 細谷美月, 山浦祐明, 阿部和樹, 中村聡史. ポップアウトによるユーザの選択行動変容に関する分析. 第 179 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2018.
- [4] Hosoya, M., Yamaura, H., Nakamura, S., Nakamura, M., Takamatsu, E. and Kitaide, Y.. Does the pop-out make an effect in the product selection of signage vending machine?, 17th IFIP TC.13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2019), vol. 11747, pp. 24-32. 2019.
- [5] 細谷美月, 山浦祐明, 中村聡史, 中村誠, 高松英治. サイネージ型自動販売機の商品選択におけるポップアウトの有用性に関する検証. 第 181 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2019.
- [6] 山浦祐明, 中村聡史. 視線に追従するぼかしエフェクトがビデオゲームの体験に及ぼす影響の調査. 第 182 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2019.
- [7] 川島拓也, 築館多藍, 細谷美月, 山浦祐明, 中村聡史. 商品選択においてフォントがユーザの選択行動に及ぼす影響の調査. ヒューマンコミュニケーション基礎研究会. 2019. vol. 119, no. 38, p. 113-118.
- [8] 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. 第 184 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2019.
- [9] 濱野花莉, 細谷美月, 佐々木美香子, 山浦祐明, 中村聡史. フォントと味の印象が商品選択行動に及ぼす影響. ヒューマンインタフェースシンポジウム 2019. 2019.
- [10] 藤原優花, 南里英幸, 山浦祐明, 中村聡史. 眼鏡型計測端末を用いたゲームプレイにおける重要なシーン抽出手法の検討. エンタテインメントコンピューティング 2019. 2019.
- [11] 山浦祐明, 中村聡史. 周辺視野へのぼかしエフェクトによるディスプレイ上の集中妨害効果の抑止. 第 185 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会. 2019.