

不快感なく集中力を下げることで 作業の終了を促す手法の提案

矢部 圭太¹ 土田 修平¹ 寺田 努¹ 塚本 昌彦¹

概要: 集中して作業を行うことには、作業を効率的に進めることができるといった利点がある。しかし、極度に集中状態が続く、または過度に作業に集中してしまうと、予定していた時刻を過ぎても作業を延長してしまう、疲労が溜まっていることに気が付かない、といった問題が生じる。過度の集中状態を解消する手法として、周囲の人間が声をかけるなど、作業を直接的に妨害する手段が考えられる。しかし、作業を直接妨害してしまうと、作業を行っていた人が不快感を覚え、余計に作業を終了しなくなる可能性があり、有効な解決策とはいえない。そこで、本研究では作業者が不快感を覚えることなく、自らの意思で作業を終了させることを目指し、HMD (Head Mounted Display) を活用した集中力を低下させる手法を提案する。提案手法では、HoloLens 2 を用いて作業者の視界内に作業とは関係のないオブジェクトを配置することで、作業者の注意をそらし集中力を低下させる。評価実験では、オブジェクトの表示パターンを複数個用意し、表示するオブジェクトの種類や動きによって、集中力・不快感が変化するかを調査した。作業者の作業に対する集中力の変化は、pNN50 とアンケート調査による主観評価を指標として評価した。評価実験の結果、オブジェクトが静止している場合よりも移動する場合のほうが集中力の低下につながるということがわかった。また、オブジェクトが静止している場合においては、食べ物の表示が立方体の表示に比べて、集中力を低下させることを確認した。不快感については、表示パターンごとによる違いはみられなかった。

1. はじめに

日常生活を送る中で、書類作成や読書など、集中して作業を行う場面がある。集中して作業に臨むことで、仕事上の失敗やミスを防ぎ、作業を効率的に進められる。そのため、集中力を向上させることは作業を行う上で重要である。集中力を高める方法として、例えば、25 分間のタスクの後に5分程度の休憩をとるサイクルを繰り返すポモドーロテクニックや、タスクと関係のないものをデスク上から片付けることで、視界に無駄な情報が入らないようにする、睡眠を十分にとる、などが知られている。また、集中力の向上の支援を目的とした製品やデバイスも多数存在する。例えば、自身の集中力をまばたきの状態から計測・可視化し、集中することを支援する JINS MEME [1] や、ノイズキャンセリング機能付きのヘッドフォンとパーティションによって集中できる環境を作り出す WEAR SPACE [2] などがある。このように、集中力の向上を目指した手法や製品はこれまで数多く検討されている [3,4]。

しかし、極度に集中状態が続く、または過度に作業に集中することには、デメリットも存在する。例えば、予定し

ていた時刻を過ぎても作業を続けてしまう、疲れが溜まっていることに気が付かずに作業を延長し、身体に負担をかけてしまうなどの問題が生じる。自分の好きなことや関心の強いことに没頭し、過度に集中してしまうと、衣食住といった日常生活にまで支障をきたし、心身ともに悪影響を及ぼす可能性がある。ここで、過度の集中状態を解消するための解決策として、周囲の人間が声をかける、作業中にアラームを鳴らすなど、作業を直接的に妨害する手段が考えられる。しかし、これらの手法によって作業を直接妨害してしまうと、作業を行っていた人が不快感を覚えたり、腹を立て、余計に作業を終了しなくなるといった問題が発生する場合があります。有効な解決策とはいえない。作業者が不快感を覚えずに、極度の集中状態を解消するためには、直接的な妨害ではなく、自らの意思で作業を終了することが重要である。そこで、作業者の集中力を不快感無く低下させることができれば、作業者の意思で作業を終了できると考えた。集中力の低下に関する研究として、鎌田ら [5] は周辺視野領域での視覚妨害刺激が集中力に与える影響についての調査を行い、視覚妨害刺激に集中力を阻害する効果があることを示している。しかし、この研究の目的は視覚妨害刺激による集中力への影響を調査し、集中力を維持できる環境の実現であり、集中力を低下させることを目的

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

としていない。また作業終了の促進を目的とした集中力を低下させる手法は、筆者の知る限り調査されていない。

そこで、本研究では作業者が不快感を覚えずに、自らの意思で作業を終了することを目指し、集中力を不快感無く低下させる手法について調査する。本論文では、現実の風景に情報や映像、物体を重ね合わせて表示できる HMD (Head Mounted Display) を活用し、作業者の視界内にオブジェクトを表示することで不快感を覚えずに、集中力を低下させる手法を提案する。提案手法では、作業者の視界内に、作業目的とは関係ないオブジェクトを作業の妨げとならない位置に配置することで、作業者の注意をそらし、集中力を低下させる。評価実験では、オブジェクトの表示パターンを複数個用意し、表示するオブジェクトの種類や、動きによって集中力、不快感への影響が変化するかを調査した。

2. 関連研究

集中力を向上させる手法についての研究は数多くある。その中から、視覚刺激を利用している研究と音を利用している研究の概要を述べ、集中力に影響を与えている要因が、集中力を低下させる手法に応用できないかを検討する。また、集中を阻害する要因に関する研究についてもその概要を述べ、集中力を低下させる手法として利用できないか検討する。

2.1 視覚刺激と集中力の向上に関する研究

視覚刺激を利用した集中力を向上させる手法についての研究は数多く行われている。橘ら [6] は、ディスプレイ上に視線を誘導する視覚刺激を用いることで集中力を向上させる手法を提案している。この研究では、内向きへ縞模様が出ていく視覚刺激をディスプレイの背景に表示し、画面中央の計算問題を被験者に回答させる実験を行った結果、視覚刺激によって、被験者の視線がディスプレイの中央に誘導され、集中力が向上したことが示された。高橋ら [7] は、人間が集中することによって有効視野が狭まるという視野特性に着目した手法を提案している。この手法では、ユーザの周辺視野にノイズとなる妨害刺激を提示し、そのノイズを徐々に減衰させることで、集中状態の人間の視野特性である視覚情報量が減衰する様子を疑似的に再現している。妨害刺激には、画面外側に向かって広がる縞模様を使用し、時間経過とともに徐々に減衰させることで、ユーザの集中力を持続、また深い集中状態になれることを示唆している。山浦ら [8] は、周辺視野部分にぼかしエフェクトを重ね、注視している点から離れた箇所の視覚情報量を減少させることで、疑似的に有効視野が狭まるような感覚をユーザに与え、集中を促進させる手法を提案している。ディスプレイ上での作業を想定したタスクに対して集中力が向上するかを調査し、作業に集中しやすくなる効果

があることを示した。桑原ら [9] は、PC での作業者の周辺視野に単純な視覚刺激を提示し、その刺激が集中に及ぼす影響を調査した。実験結果より、タスク周辺に 0 から 9 までの数字が、固定された位置で無作為に入れ替わる数字刺激や、タスクと周辺視野刺激の境界が膨張する境界膨張刺激が集中力を向上させることを示した。これらの研究から、周辺視野への視覚刺激の提示は人の集中力に影響を与えられらる。

HMD を用いた集中力の低下を防ぐ研究や作業者の集中を促すための研究も行われている。古志ら [10] は、HMD を用い、ユーザにとって作業と無関係な物である視覚的ノイズを軽減し、集中力の低下を防ぐ手法を提案している。提案手法では、ユーザの周辺環境の視覚的ノイズにグレースケールとぼかしの処理を施した映像を HMD 上に映す。提案手法を用いることで、計算タスクの作業効率の上昇が示された。安岡ら [11] は、タスクとは関係のない情報を遮断することで、集中を促す手法を提案している。提案手法では、HMD、イヤホンとイヤーマフを用いて、作業者の周囲の聴覚情報・視覚情報を遮断し、集中を阻害する要因を排除している。これらの研究では、作業と関係のない視覚刺激を軽減することで集中力を向上させている。よって、本研究では作業と関係のない視覚刺激をあえてユーザに提示することで、集中力を意図的に低下させられるのではないかと仮定し、集中力を不快感無く低下させる方法について検討する。

2.2 音と集中力の向上に関する研究

音によって集中力を向上させる手法や集中への影響を調査した研究も数多く存在する。阿部ら [12] は BGM (Back Ground Music) が人の活動に与える影響に着目し、BPM (Beats Per Minute) の高さの違いが作業効率に影響を与えるのかを調査した。認知的負荷の低い作業では、BPM の高い BGM を聴くことによって作業効率は高くなったが、認知的負荷が中程度の作業ではミスが増加しており、作業の種類によって快適な BPM が存在し、BPM によってはミスを誘発する可能性があることを示した。石川ら [13] は人目の存在により集中力が向上する可能性に着目し、足音によって他者の存在感を示すことで、集中力を向上させる手法を提案し、足音による他者の存在感提示が集中力を向上させる可能性を示した。Söderlund ら [14] はホワイトノイズが子供の学習に与える影響を調査し、注意力のない子供は成績が改善されたが、注意力のある子供の成績は悪化したことがわかった。新濱ら [15] は音の種類がプログラミング学習者に与える影響の違いについて調査を行い、静穏環境、リラックス効果がある音環境、言語情報を含む有意義雑音環境の比較を行った。実験の結果、有意義雑音環境では学習者の集中力が低下したが、リラックス効果がある音が集中力に助長作用を及ぼす可能性を示唆した。Cassidy

ら [16] は音楽が認知タスクのパフォーマンスに与える影響を調査し、音楽や雑音が存在する環境下では無音環境下の場合と比較してパフォーマンスが低下することを示している。このように、音によって集中力を向上させる手法は存在するが、作業の種類や複数人でコミュニケーションを取りながら作業を行う場合は、集中を阻害する効果も存在する。そのため、使用方法次第では、音が集中力を低下させる手法として利用できるのではないかと考える。本研究では音は使用せず、視覚刺激を利用して集中力を低下させる手法を検討する。

2.3 集中を阻害する要因に関する研究

Banbury ら [17] は、仕切りや壁が存在しないオープンオフィス環境で働く従業員を対象に、オフィス内の音が従業員の集中に与える影響についてアンケート調査を実施した。その結果、回答者の 99 パーセントが電話の着信音や周囲の人間の会話などのノイズによって集中力が低下したことがわかった。藤井ら [18] は、音楽や会話などの有意義雑音および工場騒音や道路交通騒音などの無意味雑音が、単純な演算作業時にどのような影響を与えるかを調査した。心理的には無意味雑音よりも有意義雑音に対して、よりうるさいと感じ、雑音が存在すると作業量が減少すると述べている。また無意味雑音よりも有意義雑音の方が作業の阻害要因となることを示している。大野ら [19] は、自身に価値のあるものに対して反応してしまう、知覚的鋭敏化という現象に着目している。中心視野に記憶タスクを提示し、周辺視野に実験協力者の名前を提示することで知覚的鋭敏化を起こした際の、中心視野への影響を調査している。実験により、名前を提示したタイミングで集中は阻害され、視線が周辺視野に誘導されることを示している。これらの研究から、音や視覚刺激は集中を阻害する要因にもなることが分かる。これらの要因を活用することで、本研究の目的である不快感を覚えずに集中力を低下させる手法を実現できるのではないかと考える。

3. 提案システム

3.1 システム設計

本研究では、作業者の集中力を不快感無く低下させることで、作業の終了を促す手法を調査する。そのため、作業者が不快感を覚える直接的な妨害によって作業を終了させる方法は好ましくない。直接的な妨害をせずに、作業者の集中力を低下させる手法として、本研究では、HMD による周辺視野への情報提示に着目した。ここで周辺視野への情報提示に着目した理由として、一般的に集中できない原因の一つに、作業中に関係ない物が周囲にあるとそれらに注意が向き集中できない、というものが挙げられるためである [20]。そこで、周辺視野に作業と関係ないものを配置することで、作業者の集中力を意図的に下げることができる

表 1: HoloLens 2 の仕様

OS	Windows Holographic Operating System
ストレージ	64 [GB]
メモリ	4 [GB]
重量	566 [g]
アスペクト比	3:2
解像度	1920 × 1280 [dot]
視野角	52 [度]

と考えた。提案システムでは、現実空間に物体を配置でき、どのような作業にも対応可能で、空間的制約を受けずに使用できる HMD を活用する。HMD を用いることで、作業者の周辺視野に物体を表示し、直接的に妨害せず、作業者の集中力を不快感無く低下させることができると考える。

3.2 情報提示デバイスの選定

本研究では、情報提示用デバイスに光学式シースルー型の HMD を用いる。HTC 社の VIVE Pro [21] など、AR 提示可能なビデオシースルー型の HMD も存在するが、これは外の情報をカメラによって得ているため、映像に遅延が生じる問題がある。それゆえ、オブジェクトを提示した際に、ユーザが不快感を覚える可能性があり、本研究には適さない。AR 表示が可能なシースルー型の HMD として EPSON 社の MOVERIO [22], Sony 社の SmartEyeglass [23], Vuzix 社の Vuzix Blade [24] などが挙げられる。しかし、これらのデバイスはユーザの周囲の空間を立体的に認識することができず、特定の場所にバーチャルの視覚効果を付与することは困難である。そこで、本研究では Microsoft 社の HoloLens 2 を使用する。HoloLens 2 の仕様を表 1 に示し、外観を図 1 に示す。HoloLens 2 は、Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) 技術により、自己位置推定と周囲の環境の地図作成を行うことができる。それを基に、バーチャルオブジェクトを実世界の特定の場所に配置し、ユーザに提示できる。また、初代 HoloLens は頭全体で支える構造となっているため、装着時の圧迫感が強いなど、ユーザが不快感を覚える可能性がある。しかし、HoloLens 2 では頭部の前後 2 箇所を支え、後頭部にパットを備えることで装着時の安定性を確保しており、ユーザが不快感を覚えずに物体を実空間に提示し、作業終了を促せると考える。

システム構成を図 2 に示す。バーチャルオブジェクトを表示するアプリケーションの作成には Unity Technologies 社の開発したゲームエンジンである Unity [25] を用いる。Unity によって提示するオブジェクトを作成し、それを HoloLens 2 で実行することで、ユーザに提示する。



図 1: HoloLens 2 の外観

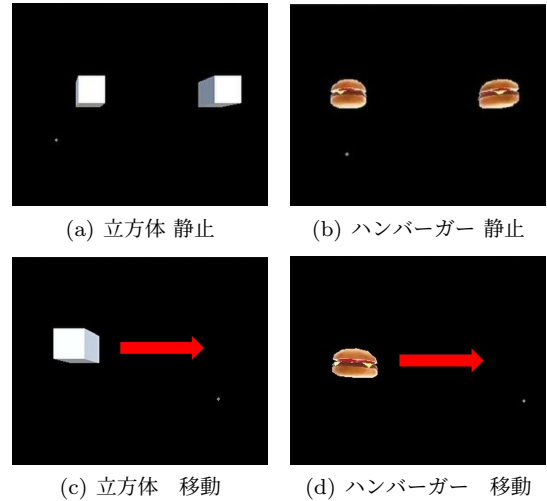


図 3: 提示パターン

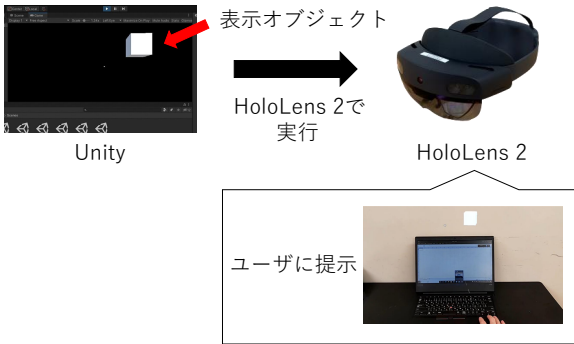


図 2: システム構成

4. 評価実験

人が作業を行っている場面を想定し、HoloLens 2 による周辺視野への様々なオブジェクトの提示が、作業者の集中力を不快感無く低下させ、作業の終了を促すことができるか調査するため、評価実験を行った。なお本実験は、神戸大学大学院工学研究科人を直接の対象とする研究倫理審査委員会の承認を受けて行ったものである。

4.1 実験で使用する提示オブジェクト

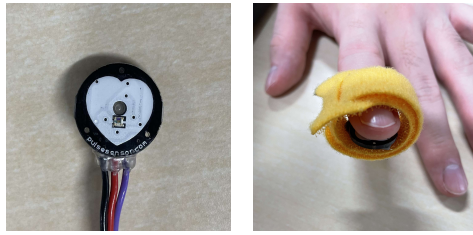
本研究では、4つのオブジェクトの提示パターンを作成した。提示パターンを図3に示す。提示するオブジェクトの種類は、立方体とハンバーガーの2種類を用意した。この2種類のオブジェクトを用いた理由は、白色の無機質な立方体の提示と、一般に認知されている食べ物の一つであるハンバーガーの提示で作業者の集中力に違いが生じると考えられるからである。例えば、無機質な立方体に比べ、食べ物であるハンバーガーの方が、作業者の注意をより引き、集中力の低下につながると予想される。オブジェクトの提示方法は、オブジェクトが出現した位置で静止するものと、視界を横切るように移動するものの2種類を用意し

た。2種類のオブジェクトの提示方法を用いた理由は、オブジェクトの動作によって作業者の集中力に違いが生じると予想したためである。例えば、静止しているパターンに比べ、動きのあるパターンでは作業者の注意をより引き付け、集中力を下げることにつながり、作業終了を促せる可能性があると考えられる。オブジェクトが静止するパターンでは、オブジェクトは10秒ごとにあらかじめ決められた位置に生成され、その位置にて静止し、生成から20秒経過したもから削除されていく。オブジェクトが移動するパターンでは、オブジェクトは10秒ごとに視界の外側の左右どちらかに生成され、約5秒かけて視界を横切ったのち削除される。左右のどちらに生成されるかは実験者があらかじめ指定している。

4.2 集中力の評価指標

評価実験では、作業者の作業に対する集中力が不快感を覚えることなく低下したかを、pNN50 [26] とアンケート調査による主観評価を指標として評価する。集中力の指標に用いた pNN50 は、副交感神経の代表的な神経である迷走神経の緊張強度の指標の一つであり、心拍のピークである R 波とそのひとつ前の R 波の間隔を RR 間隔としたとき、隣接する RR 間隔の差が 50 ms を超える心拍の割合を表す。人は、集中または緊張している状態が続くと心拍が安定し、RR 間隔が一定の値をとるため、pNN50 は小さくなる。一方、集中しておらず、リラックスしている状態では心拍は不規則になり、RR 間隔も不規則な値をとるため、pNN50 は大きくなる。この pNN50 を用いることで、作業者の集中力の変化の測定ができると考える。システムの利用者には心拍センサを図4のように装着してもらい、得られた RR 間隔の値から pNN50 を計算する。

集中力を評価するにあたって、pNN50 による客観的な指標だけでなく、作業者本人が感じる主観的な集中力の低下を考べきと考える。HoloLens 2 によるオブジェクトの提



(a) 心拍センサ (b) 指に装着した状態

図 4: 心拍センサを装着している様子

表 2: アンケート項目

	質問内容
Q1	それぞれの表示パターンについて、不快感を覚えた
Q2	集中して作業を行えた
Q3	表示パターンによって作業を終了したいと思った
Q4	作業自体に飽きてしまった
Q5	感想 (自由記述)

示によって、客観的な集中力の評価に差が無い場合でも、作業者の集中力が主観的に下がり、作業を終了したいと感じている場合、提示するオブジェクトとして適切な可能性があるためである。また、不快感は客観的に評価できる指標が無く、作業者の主観的评价から判断すべきであると考えられる。よって、被験者に提示するオブジェクトに対する不快感やそれによる集中力の低下の主観的评价等について、リッカート尺度を用いて5段階(1: まったくそうは思わない, 2: あまりそうは思わない, 3: どちらともいえない, 4: まあそう思う, 5: 非常にそう思う)で評価するアンケート調査を行った。アンケートは紙媒体であり、集中力・不快感評価の後、感想や意見等の自由記述を行い、HoloLens 2を装着して作業を行うことに対して、不快感を覚えたかを問う欄を設けた。アンケート項目を表2に示す。

4.3 実験方法

実験の様子を図5に示す。評価実験は人の出入りのない静かな場所で行った。被験者数は20代の男性3名である。被験者に行ってもらった作業として、操作が簡単なフリーゲームである恐竜ゲーム [27] を用いた。また、被験者ごとに座高が異なり、提示するオブジェクトの見え方に差が出てしまうため、台を用いてPCの位置を高くすることで調整した。

まず、被験者に心拍センサと HoloLens 2 を装着してもらい、ゲームの操作に慣れてもらうための時間を1分程度とった。その後、HoloLens 2を起動し、オブジェクト提示のアプリを起動した。オブジェクトの提示パターンは、用意した4種類のパターンに加え、何もオブジェクトを提示しない、表示なしのパターンをあわせた5種類のパターン



図 5: 実験の様子

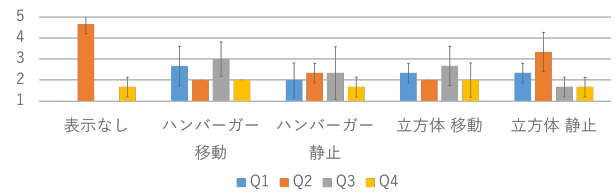


図 6: 被験者全体のアンケート結果

で実験を行った。一つのパターンに対し作業時間を5分、休憩時間とアンケート記入時間を1分とし、提示パターンを変え、この試行を5回行った。提示するパターンの順番は、被験者ごとに順番が重ならないよう配慮して決定した。作業開始時はオブジェクトは提示されず、開始から2分経過した時点でオブジェクトの提示が始まり、開始から4分経過後、オブジェクトの提示が終了する。

4.4 実験結果と考察

4.4.1 被験者全体のアンケート調査の結果

全被験者のアンケート結果の平均を図6に示す。まず、表示無しのパターンに着目する。表示無しの場合、被験者は表示ありのパターンよりも集中して作業を行えたと感じていた。よって、HoloLens 2へオブジェクトの提示が無い場合、集中力は主観的には下がらないと考えられる。

ハンバーガーが移動する表示パターンに着目する。この場合は、作業に集中できたと感じた被験者の割合が少なく、また表示によって作業を終了したいと感じた被験者が多いことがわかる。これは食べ物作業者の目の前を移動したことによって、作業への注意が散漫となり、集中が削がれたためだと考えられる。アンケートの自由記述から「ハンバーガーが出ている時間はミスが増えた」、「自分の好きな食べ物が出てきたら、作業を中断して食べたいと思った」という意見があった。そのため、作業者の視界内を食べ物オブジェクトが移動することで、作業者の集中力の低下が期待できる。しかし、図6より、表示パターンについて不快感を覚えた被験者の割合は、他の表示パターンと比べて高いことがわかる。したがって、この表示パターンでは、作業者に不快感を与えてしまう可能性もあるため、別のオ

プロジェクトの表示を検討する必要がある。

ハンバーガーが静止する表示パターンに着目する。この場合も、ハンバーガーが移動する表示パターンと同様に、作業に集中できたと感じた被験者の割合が少ないことがわかる。アンケートの自由記述から「食べ物が提示されると、たとえ動いていなくても、気になって集中力が下がる気がする」という意見があったため、作業者に食べ物を提示した場合は、食べ物の動作に関係なく、作業者の集中力が主観的に下がると考えられる。ハンバーガーが移動するパターンと比べ、表示パターンに不快感を覚えた被験者と作業を終了したいと感じた被験者の割合がともに減少したことが挙げられる。よって、食べ物を移動させずに静止させることで、不快感を減少させることができると考えられるが、作業自体を終了できなければ、本研究の目的である作業の終了を促す手法として適切とはいえないため、被験者を増やして再度実験をすることが必要である。

立方体が移動している表示パターンに着目する。この場合は、ハンバーガーが移動する表示パターンと類似した傾向がみられ、表示パターンに対する被験者の不快感と表示パターンによって作業を終了したいと感じた被験者の割合が僅かに減少したことが確認できた。アンケートの自由記述から「物体が動いているとそれに気を取られるため、集中力が下がると感じた」という意見があった。よって、食べ物や立方体といったオブジェクトの種類によらず、オブジェクトが動作していると、集中力に影響を与えられられる。

立方体が静止している表示パターンに着目する。この場合は、立方体が移動している表示パターンと異なり、多くの被験者が集中して作業を行えたと感じており、また作業を終了したいと感じた被験者の割合が減少したことがわかる。アンケートの自由記述から「物体が動いていないため、物体があることに慣れて不快に感じなかった。個人的に物体が動いている方が、集中力が下がると思う」「単純な白色のブロックは無機質であり気にならない」という意見があった。よって、オブジェクトを提示する際に、静止したものを提示してしまうと、作業者が目の前のオブジェクトに慣れ、注意をそらすことができないため、集中力にあまり影響しないと考えられる。また、オブジェクトを単純な設計、配色にしてしまうと、作業者の集中力に影響しない可能性があるため、提示するオブジェクトのデザインを考慮する必要があることがわかった。

以上のことから、主観評価において静止するオブジェクトより移動しているオブジェクトのほうが集中力への影響が大きいことがわかった。オブジェクトの種類は、オブジェクトが静止している場合では立方体を与える影響が小さかったが、移動している場合ではオブジェクトの種類で差はみられなかった。作業を終了したいと思ったかという質問では、終了したいと思ったものは同時に不快だとも感

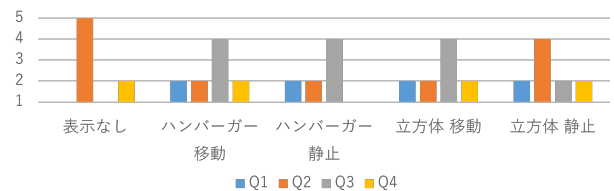


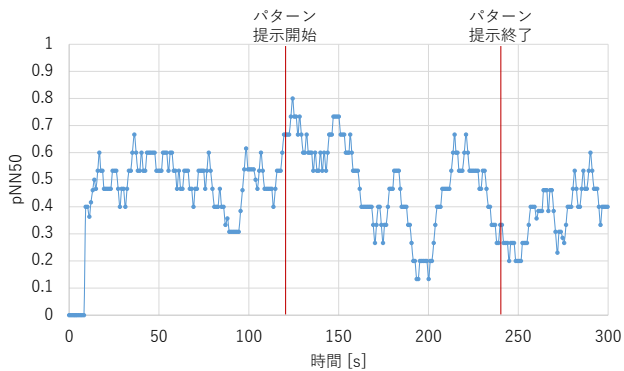
図 7: 被験者 P1 のアンケート結果

じたという結果になり、今回の実験では不快感無く作業を終了させるという目的に適したパターンは見つけられなかった。作業自体に飽きたかという質問では、飽きたと答えた被験者はいなかったため、今回の結果に作業への飽きは影響しなかったと考えられる。不快感については、オブジェクトが表示された場合には少なからず不快に感じるという結果になったが、オブジェクトの種類や動きの違いによって差はあまり見られなかった。また、HoloLens 2 を装着して作業を行うこと自体に不快感を感じたと答えた被験者はおらず、HoloLens 2 の装着が不快感へ与える影響は少ないと考えられる。pNN50 については、主観評価と一致する場合も、一致しない場合もあった。ただし、今回の実験では被験者が 3 名と少ないため、今後は被験者を増やし、今回の得られた結果が正しいものなのか、検証する必要がある。また、オブジェクトの種類や動きについても他のパターンを検討し、被験者の好みや実験時に空腹であるかなど、より詳細な条件を考える必要がある。

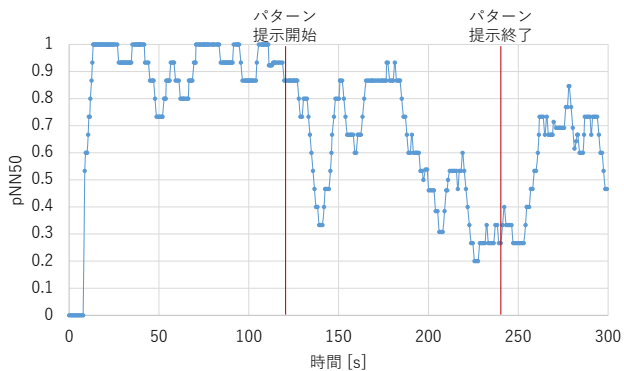
4.4.2 各被験者ごとのアンケート調査と pNN50 の結果

各被験者ごとのアンケート結果と pNN50 の結果について考察する。まず被験者 P1 に着目する。被験者 P1 のアンケート結果を図 7 に示す。

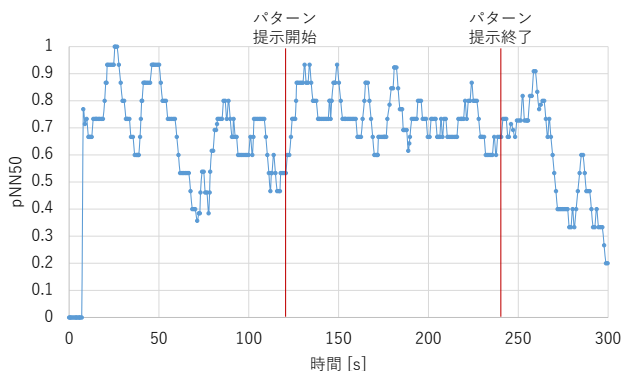
表示無しのパターンにおいて、被験者 P1 は、集中して作業を行えたと感じており、作業自体への飽きもなかった。ハンバーガーが移動する表示パターン、ハンバーガーが静止している表示パターン、立方体が移動する表示パターンにおいては、どのパターンにおいても同様に表示パターンによって作業を終了したいと感じており、集中力が主観的に低下している。ここで、これらの表示パターンでの pNN50 を図 8 に示す。ハンバーガーが移動する表示パターン、立方体が移動する表示パターンでは、パターンが提示され始めるタイミングで pNN50 の値が高くなっていることがわかる。また、ハンバーガーが静止する表示パターンでも、提示から少し遅れているものの pNN50 の値が高くなっていることがわかる。これは、集中して作業を行えなかったという主観評価と一致する。しかし、その後オブジェクトの提示が続いているにもかかわらず、pNN50 の値が低くなっている表示パターンがある。これは、提示がしばらく続くことでオブジェクトが提示されることに慣れたためだと考えられる。また、ハンバーガーが静止する表示パターンでは、オブジェクトが提示されていない最初の 2 分間で、pNN50 の値が高くなっているが、これは被験



(a) ハンバーガー 移動



(b) ハンバーガー 静止



(c) 立方体 移動

図 8: 被験者 P1 の各表示パターンでの pNN50

者 P1 がこの提示パターンで作業を行ったのが 5 回目の時であり、疲労により集中できていなかった可能性がある。提示するパターンの順番による影響については、被験者数を増やし調査する必要がある。また被験者 P1 は、これら 3 つの表示パターンに対して、不快感を覚えておらず、不快感無く集中力を下げることができていると考えられる。立方体が静止しているパターンにおいて、被験者 P1 は作業を集中して行えたと感じており、このパターンは被験者 P1 に対して、集中力を下げるには適していないと考えられる。

次に被験者 P2 に着目する。被験者 P2 のアンケート結果を図 9 に示す。表示無しのパターンにおいて、被験者 P2 も被験者 P1 と同様に、集中して作業を行えたと感じており、作業自体への飽きもなかった。ここで、このパターンでの pNN50 を図 10 に示す。全体を通して pNN50 の値に

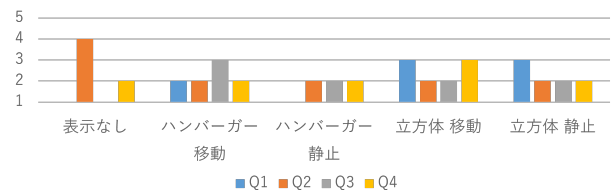


図 9: 被験者 P2 のアンケート結果

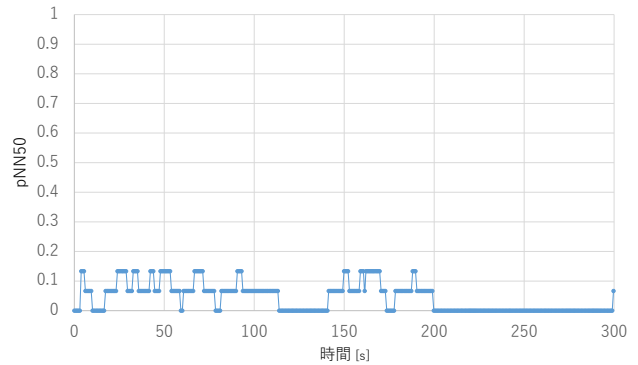


図 10: 被験者 P2 の表示なしパターンでの pNN50

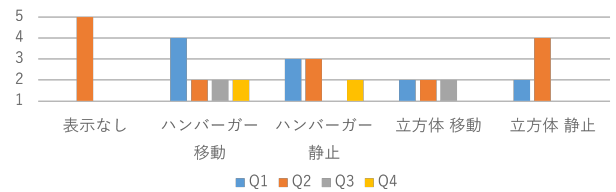


図 11: 被験者 P3 のアンケート結果

大きな変化はなく、集中して作業を行えたという主観評価と一致する。被験者 P2 は、立方体が静止している表示パターンと立方体が移動している表示パターンで各アンケートの質問に対し、差はみられなかった。立方体の静止や移動に関わらず、集中力が低下したことがわかる。しかし、被験者 P2 はどちらのパターンにおいても、作業を終了したいとは感じていないため、適切な表示とはいえない。また、被験者 P2 はハンバーガーが移動している表示パターンにおいて、他の表示パターンに比べ、作業を終了したいと感じていた。表示パターンに対する不快感も小さく、集中力も低下したことから、被験者 P2 においては、ハンバーガーが移動する表示パターンが、集中力を不快感無く低下させ、作業終了を促すのに適切であると考えられる。

最後に被験者 P3 に着目する。被験者 P3 のアンケート結果を図 11 に示す。表示無しのパターンにおいて、被験者 P3 も他の被験者と同様に、集中して作業を行えたと感じており、作業自体への飽きもなかった。被験者 P3 はどの表示パターンにおいても、表示パターンによって作業を終了したいとは感じておらず、オブジェクトの提示が作業終了につながる可能性がある。また被験者 P3 は、ハンバーガーを提示するオブジェクトにおいて、動作に関わらず、立方体の提示よりも不快感を覚えている。よって、

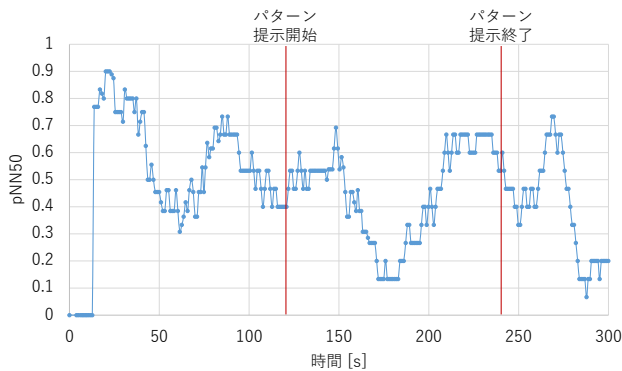


図 12: 被験者 P3 の立方体が静止するパターンでの pNN50

被験者 P3 については、食べ物提示すると不快感を感じる可能性があるため、表示するオブジェクトの種類を考える必要がある。立方体が静止している表示パターンにおいて、被験者 P3 は集中して作業を行えたと感じており、この表示パターンも集中力の低下にはつながらないと考えられる。この表示パターンでの pNN50 を図 12 に示す。オブジェクトが提示されてから pNN50 の値が高くなったとはいえ、被験者がある程度集中できていることがわかる。このことは、主観評価とも一致している。

5. まとめ

本論文では、作業者が不快感を感じることなく、自らの意思で作業を終了することで、過度の集中状態を解消することを目指し、現実空間に物体を重ね合わせて表示できる HMD を活用した集中力を低下させる手法を提案した。評価実験ではオブジェクトの表示パターンを 4 種類用意し、表示するオブジェクトの種類や動きによって、集中力・不快感への影響があるかを調査した。実験結果から、集中力については、オブジェクトが静止している表示パターンよりも、オブジェクトが移動している表示パターンのほうが集中力を低下させることがわかった。また、オブジェクトが静止している場合では、食べ物であるハンバーガーを表示するパターンのほうが立方体を表示するパターンよりも集中力を低下させることを確認した。しかし、オブジェクトが移動している場合では、ハンバーガーと立方体の表示パターン間で集中力に差はなく、影響しないことがわかった。不快感については、オブジェクトの種類や動きによる違いはみられず、どの表示パターンにおいても不快感は小さいことを確認した。また、HoloLens 2 を装着して作業を行うことに対して、不快感を覚えたと言った被験者はおらず、HoloLens 2 の装着が不快感に与える影響は少ないと考えられる。表示パターンによって作業の終了を促せるかについては、集中力を低下させた表示パターンに作業の終了を促す効果があると考えられる。しかし、集中力の低下につながった表示パターンに対しては、被験者が同時に不快感を覚えていることから、本研究の目的である作業

者が不快感を感じることなく、集中力を低下させる手法として、適切とはいえ、新しい表示パターンの検討などが必要だと考える。

今後の課題として、実験の被験者数を増やすことが挙げられる。今回の実験では被験者は 3 名であり、被験者ごとの個人差による影響があると考えられる。特に、オブジェクトの種類については被験者の好みや実験時に空腹であったかどうかなど、個人による影響の差が大きいと考えられるため、より詳細に条件を定め実験を行う必要がある。オブジェクトの提示パターンについても、今回は動きのあるパターンとして視界を横切るように移動するものを用意したが、横ではなく縦に移動する場合や視界の奥の方から徐々に近づいてくる、など今後は提示パターンの種類を増やし、それぞれの提示パターンの集中力や不快感への影響を引き続き調査する。

謝辞

本研究の一部は、JSTCREST(JPMJCR18A3) の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] JINS MEME, <https://jinsmeme.com/> (Accessed 2022-5-23).
- [2] WEAR SPACE, <https://ja.wearspace.info/> (Accessed 2022-5-23).
- [3] 阪野貴弘: 香りが運動パフォーマンスと精神集中に及ぼす影響, 愛知教育大学保健体育講座研究起要, No. 33, pp. 95-99 (Mar. 2009).
- [4] 大林史明, 石井裕剛, 下田 宏: 知的作業における集中度評価指標と集中度向上照明, *Panasonic Technical Journal* Vol. 62, No. 1, pp. 50-55 (May 2016).
- [5] 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, 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. 192, No. 19, pp. 1-8 (Mar. 2021).
- [6] 橋 卓見, 岡部浩之, 佐藤未知, 福嶋政期, 梶本裕之: PC 作業時の集中度向上のための作業用壁紙, 情報処理学会インタラクション, pp. 843-848 (Mar. 2012).
- [7] 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, Vol. 2017-HCI-175, No. 7, pp. 1-8 (Nov. 2017).
- [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度に及ぼす影響の調査, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-HCI-184, No. 10, pp. 1-8 (July 2019).
- [9] 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, Vol. 2018-HCI-180, No. 13, pp. 1-7 (Dec. 2018).
- [10] 古志将樹, 酒田信親, 清川 清: ビデオシースルー HMD を用いた視覚的ノイズの減衰による集中度向上, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-CVIM-215, No. 16, pp. 1-4 (Jan. 2019).
- [11] 安岡裕助, 田野俊一, 橋山智訓: 複合現実感を用いた集中を促す視聴覚制御システムの提案, 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 第 36 回ファジィシステムシンポジウム, pp. 117-122 (Sep. 2020).

- [12] 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発表論文集 (27), pp. 853–859 (Sep. 2010).
- [13] 石川 諒, 井村誠孝: 作業効率向上のための他者の存在感提示システム, 第 79 回全国大会講演論文集, pp. 183–184 (Mar. 2017).
- [14] G. B. W. Söderlund, S. Sikström, J. M. Loftesnes, and E. J. Sonuga-Barke: The Effects of Background White Noise on Memory Performance in Inattentive School Children, *Journal of Behavioral and Brain Functions*, Vol. 6, No. 1, pp. 1–10 (Sep. 2010).
- [15] 新濱遼大, 須川 光, 榎原絵里奈, 小野景子, 幾島直哉: 音の種類がプログラミング学習時における学習者に及ぼす影響の検証, 同志社大学ハリス理化学研究報告, Vol. 62, No. 3, pp. 175–180 (Oct. 2021).
- [16] G. Cassidy and R. A. R. MacDonald: The Effect of Background Music and Background Noise on the Task Performance of Introverts and Extraverts, *Journal of Psychology of Music*, Vol. 35, No. 3, pp. 517–537 (July 2007).
- [17] S. P. Banbury and D. C. Berry: Office Noise and Employee Concentration: Identifying Causes of Disruption and Potential Improvements, *Journal of Ergonomics*, Vol. 48, No. 1, pp. 25–37 (Jan. 2005).
- [18] 藤井健生, 山口静馬, 佐伯徹郎: 有意味・無意味外来雑音が単純精神作業者に及ぼす影響, 人間工学, Vol. 38, No. 1, pp. 63–68 (Feb. 2002).
- [19] 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, 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, Vol. 118, No. 49, pp. 17–21 (May 2018).
- [20] S. McMains and S. Kastner: Interactions of Top-Down and Bottom-Up Mechanisms in Human Visual Cortex, *Journal of Neuroscience*, Vol. 31, No. 2, pp. 587–597 (Jan. 2011).
- [21] VIVE PRO, <https://www.vive.com/jp/product/> (Accessed 2022-5-23).
- [22] MOVERIO, <http://www.epson.jp/products/moverio/bt300special/> (Accessed 2022-5-23).
- [23] SmartEyeglass, <https://developer.sony.com/develop/smarteyeglass-sed-e1/> (Accessed 2022-5-23).
- [24] Vuzix Blade, <https://www.vuzix.com/> (Accessed 2022-5-23).
- [25] Unity, <https://unity.com/ja> (Accessed 2022-5-23).
- [26] D. J. Ewing, J. M. Neilson, P. Travis: New Method for Assessing Cardiac Parasympathetic Activity Using 24 Hour Electrocardiograms, *Journal of Heart*, Vol. 52, No. 4, pp. 396–402 (Oct. 1984).
- [27] 恐竜ゲーム, <chrome://dino/> (Accessed 2022-5-23).