

# 作業環境におけるアバタを通じた 他者の存在感提示効果の検証

宮澤 政駿<sup>1</sup> 小川 剛史<sup>2</sup>

**概要：**リモートワークやオンライン授業など自宅において単独作業をする機会が増加している。本研究では、作業と無関係なものが視界に入ることによる集中力低下、及び一人で作業することによる孤独感等が原因となるモチベーションの低下という自宅作業における二つの問題解決のため、VR アバタ自習室というシステムを提案する。提案システムでは HMD を装着した使用者が VR 空間内において、遠隔に存在する他者の動きを反映したアバタと共に作業できる環境を提供する。本稿では、提案システムの作業パフォーマンス等への効果を被験者実験により検証した。実験の結果、一定の孤独感解消効果が得られる可能性は示唆されたが、現実にも他者と作業する場合ほどのモチベーション向上効果は得られなかった。この原因として、HMD 使用時のユーザのタスク実行時の快適性を十分に確保できなかったことが考えられ、快適性を確保するための工夫について検討する必要がある。

**キーワード：**VR、集中力、モチベーション、孤独感、アバタ、VR 自習室

## Effectiveness Verification of Others' Presence by Using Avatars in the Working Space

MIYAZAWA MASATOSHI<sup>1</sup> OGAWA TAKEFUMI<sup>2</sup>

**Abstract:** There is an increase in the opportunity of working alone at home, such as remote work and online classes. In this study, we propose a system called "VR Avatar Study Room" to solve the two problems of working at home: the loss of concentration due to the presence of unrelated objects in the field of vision, and the loss of motivation due to a sense of loneliness caused by working alone. This system allows users wearing HMDs to work in a VR space with avatars that reflect the movements of other people who exist remotely. The results of the experiment suggested that the system may have the potential to relieve a certain degree of loneliness, but it did not have the same motivational effect as when working with others in the real world. One possible reason for this is that we were not able to ensure sufficient comfort for the user when executing tasks when using the HMD, and it is necessary to consider ways to ensure comfort.

**Keywords:** virtual reality, concentration, motivation, loneliness, avatar, vr study room

### 1. はじめに

2019 年新型コロナウイルスによる感染症に対する対策として、外出自粛が一般的となった。影響が収まりつつある現在においても、社会人はリモートワークをする機会が

多く、学生はオンライン授業等で自宅で勉強をする機会が増えている。しかし、自宅作業は一部の人のための仕事の生産性を下げるといった問題がある。本研究では、リモートワーク等の自宅作業における生産性低下の解決を目的としており、この生産性の低下に大きく寄与している集中力の低下を生み出す二つの問題に絞って考える。一つ目は、視覚的ノイズである。Adrian らの研究では、スマートフォンを視界に入れるだけで集中力が下がったという結果が得ら

<sup>1</sup> 東京大学大学院工学系研究科  
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>2</sup> 東京大学情報基盤センター  
Information Technology Center, The University of Tokyo

れている [1]。これと同様に取り組んでいる作業と関係のない娯楽が目に入ると、集中力が低下すると考えられ、作業に関係ないものが多い自室では頻繁に起きる問題だと言える。二つ目は、一人で作業することによる孤独感等が原因となるモチベーションの低下である。オフィス環境における仕事では、共に働くチームメンバーが近くで仕事をしており、互いの存在を認識することができる。また、自習室や図書館などでは互いに知り合いではないが、自分と同じように作業に取り組んでいる人の存在を感じることができる。このように、これらの環境では周囲の人の存在によりモチベーションを保つことができると考えられる。一方で、自室での作業では仕事をしようとしまいと、誰にも見られておらず、少し手を抜いても罪悪感を覚えることはなく、モチベーションを保つことが難しい。

本研究では、自宅学習におけるこれらの問題を解決することを目指して、VR 空間内において遠隔地に存在する他者の動きを反映したアバタと共に作業を行う「VR アバタ自習室」というシステムを提案する。本稿では、被験者実験により単独作業環境、共同作業環境、及び「VR アバタ自習室」を比較し、提案システムの効果を検証する。

## 2. 関連研究

視覚的ノイズ、及び孤独感によるモチベーションの低下という、自宅における仕事や学習の生産性を下げる二つの原因に着目している。以下では、この二つの問題に取り組んだ研究を紹介する。

### 2.1 視覚的ノイズの解決に関する研究

視覚的ノイズの削減による生産性の向上を目的とした研究について述べる。

#### 2.1.1 周辺視野の加工による視覚的ノイズ除去

古志らの研究では、ビデオシースルーで提示する映像の加工により視覚的ノイズを取り除き集中力への効果を検証している [2]。この研究では、視覚と集中力の関係に着目しており、集中が必要とされる作業中において、作業と無関係な人や物が作業者の視野に入り、作業者が視線を向けることで作業への集中が阻害され、効率が低下する場面に焦点を当てている。作業と無関係な視覚的ノイズを減衰し、且つ周辺視野の視覚情報がある程度維持したままにする手法を提案している。具体的には、作業者に HMD(Head Mounted Display) を装着させ、視界のぼかしとグレースケール化の処理を施している。これは視覚的顕著性の要素である動きと色情報に注目しており、これらの顕著性を下げることが目的としている。

実験環境としては HMD を装着した被験者の前にモニタを 2 台設置し、計算タスクを行なわせた。仮想空間内に 360° カメラにより撮影した映像をそれぞれ提示している。「無加工の周辺視野映像」と「グレースケール化とぼかし

処理」を加えた 2 手法において 150 問の正誤問題を解かせる実験を行ったところ、被験者の 4 分の 3 において後者の方が前者より解答時間の減少が見られ、全体としても平均 10.0%の解答時間の減少が確認できた。また、エフェクトを施した周辺視野映像は、エフェクトを施さなかった場合に比べ、視覚的ノイズとして提示した周辺視野の映像は気にならなくなったという意見が多く得られている。

これらの結果から、周辺視野を模した視覚的ノイズを含む映像に対して、ぼかしやグレースケール化の処理を行うと、視覚的ノイズが軽減されることで、計算タスクの作業効率を下げないことが示唆されている。

#### 2.1.2 VR ワークスペース

Ruvimova らは、作業そのものを全て VR 空間内で行うことを試みている [3]。この研究では、費用対効果が高く人気のあるオープンオフィスにおいて、気が散る、感覚が過敏になるなど、生産性が低下することが多いという調査結果を踏まえて、VR(Virtual Reality) を用いてオープンオフィス環境における視覚的なノイズを無くし、集中状態を向上させることを目的としている。タスクには、12 分間の論理的思考力を用いる Lightbot という課題を用いている。評価方法には、集中状態を判断するテスト、アンケート、タスクのパフォーマンスを用いており、比較する手法には、従来のクローズドオフィス、オープンオフィス、ビーチを投影した VR 空間 (以下「ビーチ VR」とする)、従来のオフィスを投影した VR(以下「オフィス VR」とする) の 4 手法を用意している。

結果として、「集中できたか」について尋ねた被験者アンケートの結果「クローズドなオフィス」と「ビーチ VR」の間に有意差が無かったのに対し、この 2 つは他の「オープンオフィス」及び「オフィス VR」と比較して有意に高評価が得られている。一方で、他の指標に関しては手法間の有意差は見られていない。この結果は、人々がオープンオフィス環境においても視覚的ノイズに惑わされず集中状態を維持するために VR 環境が役立つ可能性を示している。

ただし、VR を用いた作業に関しては長時間使用についての課題がある。Biener らは被験者 16 名に対して、1 日 8 時間の VR 空間内及び現実空間での作業を 5 日間させて比較するという実験を行っている。その結果、現実空間での作業と比較して、VR 空間での作業のユーザビリティ尺度の評価は著しく悪い結果が得られている [4]。VR 酔いなども原因の一つと考えられる。

### 2.2 モチベーション低下の解決に関する研究

他者に監視されているような感覚や競争心が作業のモチベーションに大きく寄与するという仮説に基づいて、他者の存在感を提示することによる作業効率、集中力向上の効果を検証した研究について述べる。

### 2.2.1 バーチャル自習室

原田らは、e-learningなどの遠隔学習を行う際に、学生間や教師と学生間のコミュニケーションが減ることによる孤独感及びモチベーションの低下が学習への大きな障害となることに着目して、これらの問題を解消し独習を支援するwebアプリケーションを作成している [5]。

この研究では、オンライン上で自習室と休憩室を実装したアプリケーションを作成している。自習室は、他の学生が勉強に励んでいる様子、もしくは勉強しているという事実を提示することにより、学習モチベーションの向上を目的としている。4×4の画面を表示し、それぞれの枠内にwebカメラで撮影した各学生の学習の様子、または学生のアイコンを表示している。一方休憩室は、利用者同士の交流による親近感向上を期待し、自習室への利用効果を高めることを目的としている。動画のない音声通話とテキストチャットを利用者間で自由に使うことができる。

実験の結果、孤独感の解消は達成できたが、モチベーションの向上効果は見られなかった。原因としては、多くの被験者はwebカメラを通して顔を表示するに抵抗感があり、顔の表示を行わなかったことが挙げられていた。この結果から、他者の存在感を提示するだけでなく、カメラによる顔の表示をせずに、他者の学習する様子を伝える方法を開発する必要があると考えられる。

### 2.2.2 作業者エージェントの提示

前田らはe-learningを用いて一人で行う学習において、見守る教師及び共に学習する友達の存在がなくユーザの学習意欲、集中力が低下するという問題に取り組んだ。共に学習する相手がいることによる学習意欲の促進効果 [6], [7], [8]、及びエージェントを用いたユーザへの行動促進 [9], [10]という二つのアプローチを組み合わせ、擬人化エージェントを学習者として提示することで、擬似的に他者と切磋琢磨できる環境を作って解決することを試みた。学習者を取り囲むエージェントは「勉強行動」か「休憩行動」どちらか一方を行っており、それぞれの行動の割合を2:8, 5:5, 8:2などと変化させることにより、エージェントの行動割合とユーザの行動の関係を検証した。その結果、ユーザの学習行動を促進する効果が得られた。一方被験者アンケートの結果、孤独感の解消及び競争心による学習モチベーションの向上効果は得られなかった。原因として、エージェントへの親近感が足りなかったことが挙げられており、学習者がより親近感を持ち競争心を持つことができるようなエージェントを提示することによる効果について検証が必要だとされている。

## 3. 提案システム

### 3.1 コンセプト

先行研究においては、作業を阻害する可能性の高いとされている視覚的ノイズを遮断するため、VR空間内で作業

するという方法が提案されており、これにより被験者の主観的な集中度を高められる可能性が示唆されている。一方で、モチベーションの低下に関しては、webカメラで利用者の映像を撮影し互いに見える状態にするバーチャル自習室により孤独感が解消されているが、利用者の顔の表示への抵抗感が見られ、カメラをOFFの状態にする利用者が多かったことから、他の作業者の様子までは伝わらず、タスクへのモチベーション向上効果は得られていない。

本稿では、VR作業空間による視覚的ノイズの遮断効果を活かしつつ、利用者の様子をカメラを用いずに他の利用者に伝えられるようなオンライン自習室を実現することを目指し、VRアバタ自習室というシステムを提案する。本システムでは、遠隔地にいる作業者同士を同じVR空間内で作業させ、あたかも現実と同じ部屋で作業しているように感じさせることを目指している。VR作業スペースにおけるHMDを用いた視覚的ノイズ削減効果に加え、バーチャル自習室における、遠隔地にいる人と共に作業している感覚によるモチベーション維持効果を組み合わせることで、自宅作業における二つの問題を同時に解決することを目指す。

## 3.2 実装

### 3.2.1 システムの構成

以下の機器及び、ソフトウェアを用いて実験を行った。

- デスクトップ PC
  - ハードウェア
    - CPU : Intel(R) Core(TM) i9-10900K CPU 3.7GHz
    - メモリ : 64GB
    - GPU : NVIDIA GeForce RTX 3080
  - ソフトウェア
    - Windows10 Home
  - HTC VIVE Pro Eye
  - HTC VIVE Tracker (2.0)
  - Unity 2020.3.21f1

HTC VIVE Pro Eyeを通して、Unityで作成したVR空間及び現実のディスプレイを投影した仮想ディスプレイを見せることで、VR空間内で作業しているような感覚を生み出すことができる。また、HTC VIVE Tracker (2.0)(以後Trackerと略す)は、VR空間内に設置したアバタを外部の人間の動きに合わせて動かすために用いた。

### 3.2.2 アバタの行動制御

アバタの行動制御には、Tracker及び、RootMotion社のFinalIKを使用した。アバタの頭部、手、足などの数箇所をアンカーとなるUnity内の別のオブジェクトと紐付けると、それら全てのオブジェクトの位置や向きに合わせてアバタを動かすことができる。具体的にはアバタの上半身と下半身それぞれ別種類のオブジェクトに紐付けることで、作業者の動きをアバタに反映させた。下半身に関しては、アバ



図 1 作業アバタの様子

タの腰部及び両足の三点を、それぞれ固定したオブジェクトと紐付けることで、椅子に座っている体勢とした。上半身に関しては、作業者の頭頂部及び両手の甲に Tracker を装着し、アバタの頭部及び両手の三点をこの Tracker に応じて動くオブジェクトに紐付けることで、作業者の上半身の動きを概ね反映させた。これらを組み合わせ、アバタを制御した様子を図 1 に示す。

## 4. 実験

### 4.1 実験目的

本実験の目的は、VR 作業空間内のアバタが、単独作業下における孤独感等による作業モチベーションの低下を防ぐ効果はあるか、また作業者のパフォーマンスに影響を与える指標への提案手法の効果を検証することである。

### 4.2 実験方法

被験者は参加に同意を得た 22 歳から 32 歳の男性 12 名であり、三条件下で 15 分間のタスクを行わせた。全条件下で実験者が被験者と同時に同じタスクを行うと説明し、条件毎に被験者に対する実験者の位置を変更した。各条件における被験者と実験者の位置関係を図 2 に示す。条件 1 は互いの姿が見えないように仕切りを設けた「単独作業条件」で、自宅において一人で作業する状況を想定した条件である。条件 2 は向かい合って互いの姿が見える「共同作業条件」で、オフィスなど他者と空間を共有して作業する環境

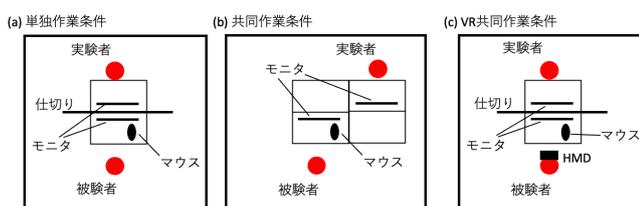


図 2 各条件での実験環境

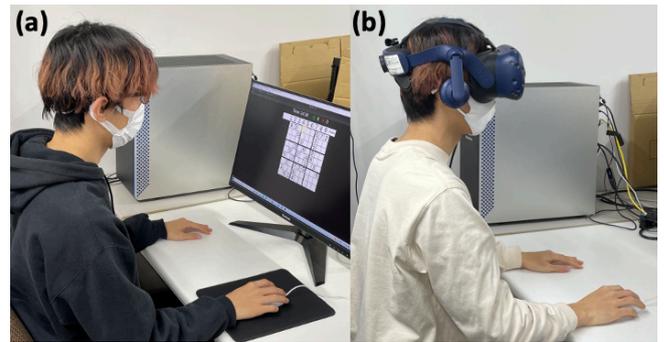


図 3 各条件における被験者の様子

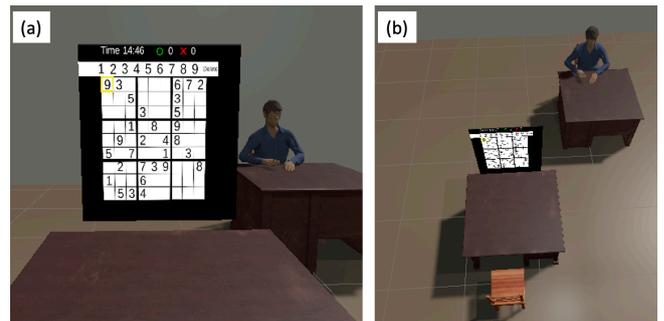


図 4 (a)VR 作業環境における被験者の視界 (b)VR 作業環境の様子

を想定した条件である。単独作業条件及び共同作業条件では、図 3(a) で示した通りマウスを用い、モニタを見てタスクを行わせた。条件 3 は VR 空間内において実験者の動きを反映したアバタと向かい合う「VR 共同作業条件」である。図 3(b) で示した通りマウスを用い、HMD で図 4(a) のように表示したモニタを見てタスクを行わせた。本条件で使用した VR 作業空間の様子を図 4(b) に示す。被験者には、アバタは同時にタスクを行っている実験者の様子であると説明したが、被験者が見るアバタの様子を統一するために、実験者がタスクを実施した様子を事前に記録したものを再生した。また、条件間の順番による影響をなくすため、被験者を 4 名ずつ 3 つのグループに分け、ラテン方格による交差試験法に準じて実施した。グループ 1 は条件 1、条件 2、条件 3、グループ 2 は条件 2、条件 3、条件 1、グループ 3 は条件 3、条件 1、条件 2 の順で行わせた。

被験者に行わせるタスクは、15 分間の数独タスクとした。Ruimova らの研究では、実際の仕事と同様に論理的思考力が必要な Lightbot を用いている [3]。しかし、このタスクは被験者にとって馴染みがなく、慣れによる影響が大きく出てしまったと述べていた。そこで本実験では同様に論理的思考力が必要なタスクであり、かつ多くの被験者がルールを知る数独を選定した。

タスク中の被験者の集中度を調べるため、瞬き回数、マウス操作時間、及びタスク正解数の記録を行った。瞬き回数は多くの研究に用いられる集中度評価手法であり [11], [12]、認知負荷が高い状態、つまり集中している状態では瞬き回数が減少すると報告されている [13]。タスク実行時の瞬き

回数の測定には、JINS 社の JINS MEME を用いた。JINS MEME は、3 点式眼電位センサにより、人の眼球運動を測定できるアイウェア型ウェアラブル端末である。タスク正解数も多く、研究において用いられている集中度評価手法である [14]。マウス操作時間は、被験者がタスクに集中して取り組んでいる時間が長いほどマウスを操作する時間が長いと考えられることから採用した。また、各条件の 15 分間のタスク終了後、被験者に対して表 1 に示す No.1~No.4 の項目について (VR 共同作業条件のみ No.1~No.7 について)5 段階で回答させ、自由記述アンケートも行った。

表 1 被験者アンケート項目 (1: 全く当てはまらない~5: よく当てはまる)

No.	質問
1	全体的に集中して作業に取り組むことができた
2	作業中に 1 人で作業することによる孤独感を覚えた
3	作業に最後まで頑張って取り組むことができた
4	快適にタスクに取り組むことができた
5	アバタ負けたくないと感じた
6	アバタに親近感を持った
7	アバタの動きは実際の人間の動きに近かった

## 4.3 結果

### 4.3.1 集中力について

被験者のタスク実行中の集中度を測る指標としては、1 分間毎の平均瞬き回数、1 分間毎の平均マウス操作時間、タスク正解数、被験者の主観的集中度 (「全体的に集中して作業に取り組むことができたか」という質問の回答の 4 つを用いた。図 5(a) に 15 分間のタスク中における 1 分間毎の平均瞬き回数を示す。Shapiro-Wilk 検定により正規性が棄却されたため、Friedman 検定を行ったところ条件間に有意差は認められなかった。1 分間毎の平均マウス操作時間、タスク正解数、被験者の主観的集中度に関しても同様の検証を行ったが、有意差は認められなかった。

### 4.3.2 孤独感について

「作業中に一人で作業することによる孤独感を覚えた」という質問の回答結果を図 5(e) に示す。Shapiro-Wilk 検定により正規性が棄却されたため、Friedman 検定を行ったところ条件間に有意差があることが認められた ( $\chi^2 = 7.6, df = 2, p < .05$ )。しかし、Holm 法による事後検定においては、個々の条件間に有意差は認められなかった。一方で、全条件で孤独感評価を 1 もしくは 2 とした孤独感をほとんど感じなかったと考えられる被験者 7 名を除くと、80% (5 名のうち 4 名) の被験者が単独作業条件よりも、共同作業条件及び VR 共同作業条件での孤独感の大きさが共に軽減していた。

### 4.3.3 モチベーションについて

「作業に最後まで頑張って取り組むことができた」とい

う作業モチベーションの高さに関する質問の回答結果を図 5(f) に示す。Shapiro-Wilk 検定により正規性が棄却されたため、Friedman 検定を行ったところ条件間に有意差は認められなかった。一方で、11 名の被験者において共同作業条件に対する評価が、単独作業条件及び VR 共同作業条件以上であった。

### 4.3.4 タスクの快適性について

「快適にタスクに取り組むことができた」という質問の回答結果を図 5(g) に示す。Shapiro-Wilk 検定により正規性が棄却されたため、Friedman 検定を行ったところ条件間に有意差があることが認められた ( $\chi^2 = 9.2, df = 2, p < .05$ )。しかし、Holm 法による事後検定においては、個々の条件間に有意差は認められなかった。一方で、全ての被験者において共同作業条件に対する評価が、単独作業条件及び VR 共同作業条件以上であった。VR 共同作業条件の快適性については、被験者の自由記述アンケートにおいて、「HMD 装着の疲労感が強かった」「HMD が重くて作業がやりづらかった」など HMD 装着による快適性の低下について述べたものがあった。

### 4.3.5 アバタについて

アバタに関する被験者アンケートの結果を図 6 に示す。「アバタの動きは実際の人間の動きに近かった」という質問に対しては、平均的に高評価の被験者が多かったのに対して、「アバタに親近感を持った」、「アバタに負けたくないと感じた」という質問に対しては、共に低評価の被験者が多く、実際の人間の動きに近いと感じさせるアバタを用いたとしても、親近感や競争心は生み出せないという結果となった。被験者の自由記述アンケートにおいても、「アバタ自身との相互作用がなく、あくまで NPC のように感じてしまう」とありアバタとの相互作用の必要性を示唆する意見が得られた。

## 4.4 考察

被験者の集中度については、すべての指標において条件間の集中度の違いに関する有意差は得られておらず、単独作業条件に対して共同作業条件及び VR 共同作業条件という他者の存在感を提示した条件におけるタスクパフォーマンスや集中力への影響が本実験では見受けられなかった。この原因としては、実験設定によるものが挙げられる。通常、仕事や学習は数時間継続して行うことも多く、作業の途中で集中力が途切れてしまう。しかし、本実験では HMD 装着による被験者への負担を可能な限り小さくするため 15 分の作業時間を設定した結果、多くの被験者は集中力が低下する前に作業を終了していた可能性がある。

被験者の作業モチベーションについては有意差は認められなかったものの、共同作業条件は他の 2 条件よりも評価の平均は高かった。また、作業モチベーションを低下させると考えられる孤独感については、全条件で孤独感をほと

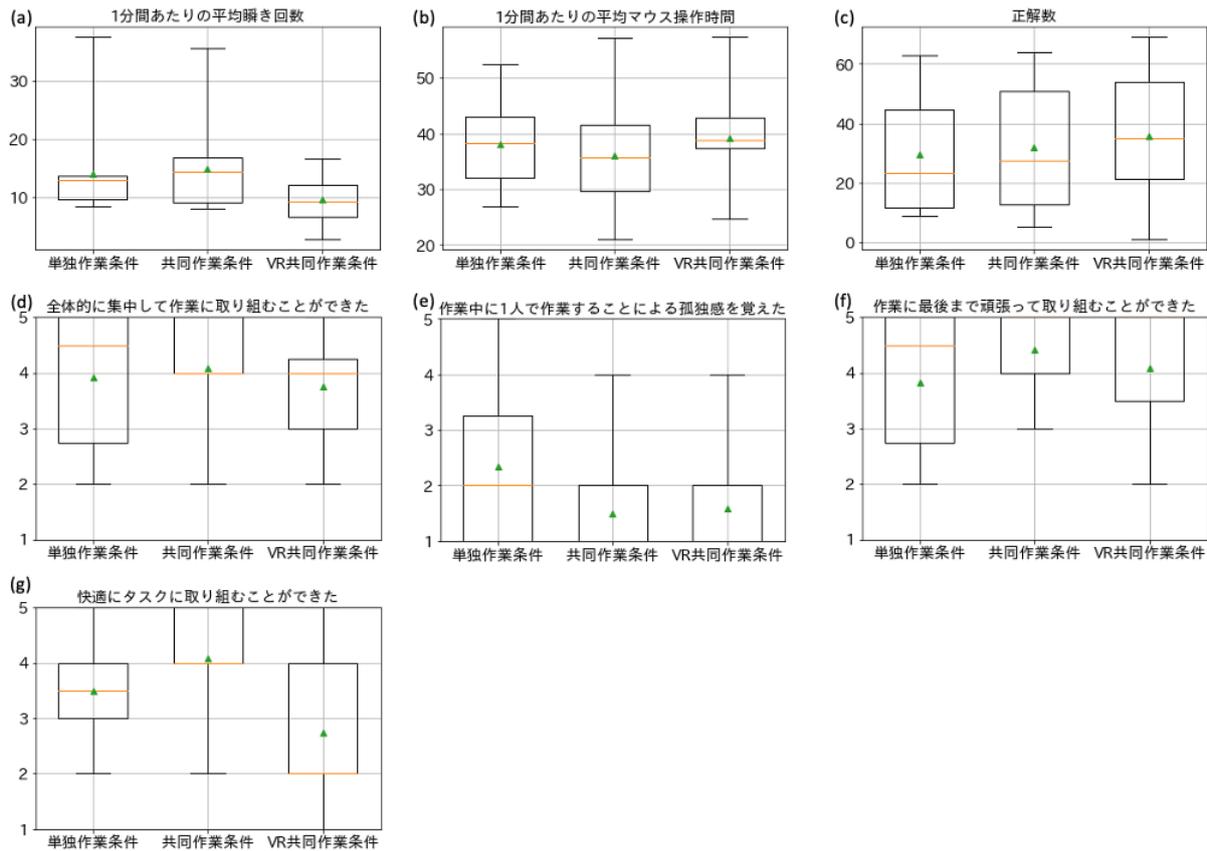


図 5 被験者の平均瞬き回数、平均マウス操作時間、タスク正解数、及び被験者アンケート回答結果の条件間における比較 (1: 全く当てはまらない~5: よく当てはまる)

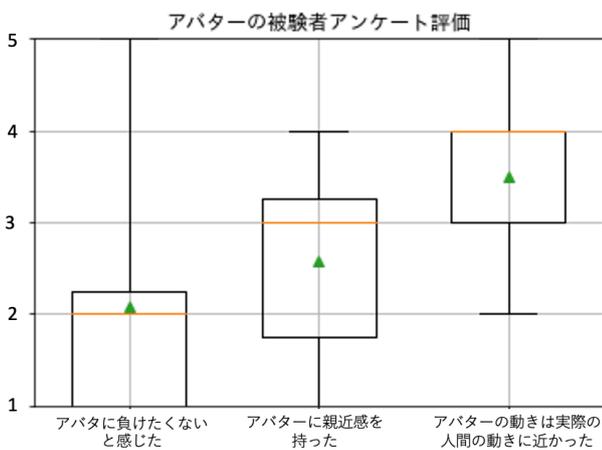


図 6 被験者のアバタへの評価 (1: 全く当てはまらない~5: よく当てはまる)

んど感じなかった被験者を除くと、単独作業条件よりも、共同作業条件及び VR 共同作業条件において孤独感が軽減されていた。したがって、本研究の提案手法である VR 共同作業条件は単独作業条件と比較して孤独感を解消する効果が示唆されているにも関わらず、モチベーションの向上に繋がらなかった可能性がある。この原因としては、タスクの快適性が考えられる。使用者の HMD 慣れの向上、または HMD の軽量化や圧迫感の解消等のハードウェアの改

善により、装着時の不快感が軽減された場合、タスク実行の快適性が上がり、提案手法のモチベーション向上効果が得られる可能性がある。また、もう一つの原因として、被験者のアバタへの親近感及び競争心を促せなかったことが挙げられる。作業エージェントの提示を行った前田らによると、作業モチベーションの向上には被験者がより親近感を感じ、競争心を持つことができるエージェントを提示する必要があると述べている。本実験においても、被験者のアバタへの親近感及び競争心を促すことができなかったことがモチベーションの向上ができない結果に繋がった可能性がある。アバタとの相互作用の欠如が原因の一つとも考えられることから、VR 空間内でアバタと会話や互いの作業進捗などを共有できる機能を実装し、アバタとの関係性を意識させることで、より親近感や競争心を生み出すこと必要であると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、自宅作業における作業パフォーマンスの向上を目指して、VR アバタ自習室を提案した。本システムでは、HMD により作業と無関係な視覚的ノイズを遮断しつつ、遠隔地の他者を作業者アバタとして提示している。現実では自宅での単独作業と同じでありつつ、使用者が従

来のオフィスでの共同作業と同等の作業パフォーマンスを発揮できるという仮説を立てた。提案システムの検証を行うため、VR アバタ自習室を作成し、被験者 12 名に対して単独作業条件、共同作業条件、提案システムを用いた VR 共同作業条件の 3 条件の比較実験を行ったところ、提案手法による集中力の向上は見られなかった。一方、単独作業条件において孤独感を生じた一部の被験者に対して孤独感解消効果がある可能性は示唆されたが、現実には他者と作業する場合ほどのモチベーション維持効果は見られなかった。一方、アバタに対する親近感や競争心を生み出す必要があるものと考えられる。

今後の展望としては、今回の実験時間が 15 分と通常の作業時間より比較的短いものであったため、より長い時間で作業を行う際に本システムを利用した場合の検証が必要である。また、HMD の重量や圧迫感により使用者のタスク実行時の快適性を十分に確保できなかったことによる影響が明らかになったため、快適性を確保するための工夫について検討する必要がある。さらに、親近感や競争心を生み出すため、アバタとの相互作用を実現するシステムについても検討を進める予定である。

**謝辞** 本研究の一部は JSPS 科研費 19H04150 の助成によるものである。

## 参考文献

- [1] Adrian F Ward, Kristen Duke, Ayelet Gneezy, and Maarten W Bos. Brain drain: The mere presence of one's own smartphone reduces available cognitive capacity. *Journal of the Association for Consumer Research*, Vol. 2, No. 2, pp. 140–154, 2017.
- [2] 古志正, 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力向上. *IPSSJ SIG Technical Report*, 2019.
- [3] Anastasia Ruvimova, Junhyeok Kim, Thomas Fritz, Mark Hancock, and David C. Shepherd. “Transport Me Away”: Fostering Flow in Open Offices through Virtual Reality. In *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 2020.
- [4] Verena Biener, Snehanjali Kalamkar, Negar Nouri, Eyal Ofek, Michel Pahud, John J. Dudley, Jinghui Hu, Per Ola Kristensson, Maheshya Weerasinghe, Klen Čopić Pucihar, Matjaž Kljun, Stephan Streuber, and Jens Grubert. Quantifying the effects of working in vr for one week. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 28, No. 11, pp. 3810–3820, 2022.
- [5] 原田織子, 加藤浩. 遠隔教育における独習を支援するバーチャル自習室の開発と評価. *日本教育工学会論文誌*, 2019.
- [6] 澤山郁夫. 一問一答式 e-ラーニングにおける学習者同士のつながる仕組みが学習者の学習量推移に与える効果. *日本教育工学会論文誌*, 2014.
- [7] 吉原さく, 塚田浩二, 安村通見ほか. Enlight-pen: 自律学習継続支援システムの提案. *情報処理学会 (編), 『インタラクティブ』*, 2003.
- [8] 鶴岡秀樹, 小山健太, 白樺陽太郎, 矢入郁子. クッション型デバイスを用いた自律学習支援システムの提案. *電子情報通信学会論文誌 D*, Vol. 100, No. 1, pp. 36–46, 2017.
- [9] 山本倫也, 渡辺富夫. 音声駆動型体引き込みキャラクターを映像に重畳合成した教育支援システム. *情報処理学会論文誌*, No. Vol47, No7, 2006.
- [10] 長尾圭一郎. 生活に寄り添う先行行動を示す親近型エージェントエージェントによる自発行動促進効果. *情報処理学会関西支部支部大会講演論文集*, 2015.
- [11] 徳田博行, 高橋雄太, 音田恭宏, 金谷勇輝, 荒川豊, 安本慶一ほか. アイウェアによる集中力センシングに基づいた行動変容システムの設計. 2017 年度 情報処理学会関西支部支部大会 講演論文集, Vol. 2017, , 2017.
- [12] 小川剛史, 高橋信, 上間裕二, 川島隆太. メガネ型デバイス jins meme を用いたワークロード推定の基礎的検討. *ヒューマンインタフェースシンポジウム*, Vol. 2015, pp. 825–828, 2015.
- [13] Hayley Ledger. The effect cognitive load has on eye blinking. 2013.
- [14] 高橋拓, 福地翼, 山浦祐明, 松井啓司, 中村聡史ほか. 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. *研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)*, Vol. 2017, No. 7, pp. 1–8, 2017.