

## 論文

# バーチャルリアリティで構築された環境の違いによるタスク処理効率への影響評価

水田将大, 中村一葉, 田村祐一

甲南大学 知能情報学部 知能情報学科  
神戸市東灘区岡本 8 - 9 - 1, 658-8501

(受理日 2024 年 5 月 14 日)

## 概要

近年の VR 技術の進歩に伴い, VR を活用した教育・訓練が広く行われるようになってきた。一方で, 訓練や教育内容は多岐にわたり, 特定の VR 教育・訓練コンテンツの有用性については研究が行われているものの, VR 体験環境が結果に与える影響に関する研究はあまり行われていない。そこで本研究では, タスクを実行する際の VR 環境を変化させ, 環境の違いによる結果への影響評価を行うことを目的としている。具体的には, VR 技術を用いた学習教材を想定した学習タスクと, 身体運動を伴う作業を想定したタスクの 2 つについて, VR 環境の違いによる効果の検証を行った。学習タスクでは, 環境的文脈依存効果の影響を調べたところ, HMD を装着している状況が日常環境と大きく異なるため, 環境間で明確な差は見られなかった。作業タスクについては, 本人が好む作業環境でのタスク実行を行うことで, 作業の正確性が向上することが示唆された。しかし, 作業スピードやストレスについては, 今回は有意な差が認められなかった。

**キーワード:** バーチャルリアリティ, 作業支援, 教育支援, 環境的文脈依存効果, HMD, 心理評価

## 1 はじめに

近年, VR を活用した教育・訓練が一般的に行われるようになってきた。この背景として, 少子高齢化に伴う働き手の不足により, VR 機器等を用いた効率的な学習等によって, 人材の教育・訓練を迅速に行うことが求められていることがあげられる。一方, 訓練や教育内容は多岐にわたる。ある特定の VR 教育・訓練コンテンツにおいて利用者にとっての有用性について述べられている研究は多いが, 訓練コンテンツの効果を高めるための, VR 体験環境の結果への影響に関する研究はあまり行われていない。そこで, 本研究では, 実験参加者がタスクを実行する際の環境を変化させ, 環境の違いによる結果への影響評価を行うことを目的とする。

本研究では大きく二つの作業について効果の検証を行った。一つ目の環境は VR 技術を用いた学習教材を想定した学習タスクに関するもの, 二つ目の環境は身体運動を伴う作業を想定したタスクに関するものである。学習タスクについては, パソコンを用いた学習より, VR を用いた学習のほうがテ

スト結果として10%以上良い成績が得られたという結果が報告されている [1]. また, 物事を覚えるときと思い出すときの環境が一致する方が, 一致していないときよりも物事を思い出しやすいという効果がある. これを環境的文脈依存効果という [2]. 学習タスクでは複数の環境を VR 空間内に構築し, 環境的文脈依存効果が見られるのか, さらには学習効率が高くなるのかを評価する.

次に作業タスクについては, VR 空間内で視覚・聴覚・嗅覚刺激が異なる作業環境を構築し, 作業タスク実行効率を調べる実験を行う. これまでの研究で作業環境が異なることにより, 効率が変わってくるのがわかっている [3]. 同様に VR 環境においても, 作業環境の違いがタスクの結果に与える影響があるのかについて調べた.

## 2 VR 環境による学習タスクへの影響

### 2.1 概要

VR 環境内で大量の単語を覚えてもらい, 思い出す環境を「同じ環境」と「異なる環境」の2種類で比較することで VR 環境内でも環境的文脈依存効果がみられるのかを調べることを目的とする. 特に, 正再認と虚再認に差がないかについても調べる. ここで, 正再認とは学習あるいは経験した事柄後で思い出し, 正しく認識していることであり, 虚再認は学習や経験していない事柄を学習や経験したと誤って認識してしまうことである. これまでの環境的文脈依存効果を調べる研究では, 正再認について調べるものが多く, 虚再認についての実験はあまり多くない. そこで, 本実験では正再認だけでなく虚再認 [4] についても, VR 環境内で環境文脈依存効果がみられるのかを検証した.

### 2.2 実験方法

VR 空間内に仮想スクリーンを設置し, その画面に1単語提示する. 5秒間提示した後, 別の単語に変更し, 順に提示することとした. 実験参加者は20代男性5人と女性1人である. 今回使用した単語セットは DRM パラダイムを用いた単語リスト [5] (図1) とした. 覚えた後すぐに確認するためのテストを行うと, 環境的文脈依存効果より, 個人記憶に関する能力の影響が大きいと見え, 上記記憶フェイズの1時間経過後にテストを行った. また, このテストは実験参加者に2回ずつ受けてもらうこととしたが, 2回目のテストは, 1回目のテスト終了後1週間は期間をあけた. 実験の提示した空間の様子を図2に示す. 提示した環境は山に囲まれている自然と教室の2種類を用意した. 映像の提示には, Meta Quest2 を使用した. 実験時の様子を図3に示す.

### 2.3 結果と考察

実験の結果, 実験参加者6人中4人が記憶フェイズとテストの実施を同じ VR 環境で行った方が正答数が多かった (図4). 同じ環境での正再認の平均個数が8, 異なる環境での正再認の平均個数が9.5であった. 虚再認 (図5) に関しては, 同じ環境が平均3.67異なる環境が平均5.33であった. この結果から, 記憶とテストの環境の差異の記憶への影響は今回の実験ではみられなかった. 理由とし

悪魔*	痛い*	英語	階段	改良	聞く*	汚ない*	希望*
黒	傷	ドイツ語	エスカレーター	機械	話す	便所	将来
サタン	腹	英会話	段々	農業	読む	ごみ	夢
怖い	かゆい	単語	のぼる	よくなる	講義	よごれた	大きい
天使	棘	日本語	梯子	品種	音楽	不潔	未来
魔女	苦痛	外国	長い	発明	耳	どぶ	大志
悪い	つねる	イギリス	石段	改悪	噂	川	望み
お化け	切る	苦手	上がる	品質	講演	下水	明るい
善人	血	発音	しんどい	土地	尋ねる	ぞうきん	光
鬼	手術	外人	すべる	工夫	書く	汚水	ふくらむ
醜い	けが	フランス語	手すり	進歩	言う	泥	素晴らしい
悪人	刺す	辞書	疲れる	改善	見る	くさい	高い
デビル	注射	数学	2階	改正	音	ごみ箱	楽しい
恐ろしい	頭	会話	降りる	必要	レコード	海	失望
妖精	病気	外国語	坂	改革	話	美しい	理想
神	つらい	アメリカ	きつい	発展	ニュース	汚物	人生
災害	自殺	選挙	電波*	走る*	平和*	りんご	礼儀*
火事	他殺	立候補	ラジオ	運動会	鳩	丸い	挨拶
台風	首つり	参議院	波長	歩く	戦争	赤い	おじぎ
火災	死	汚職	テレビ	100 m	広島	青森	エチケット
遭う	失恋	公明	電気	速い	世界	みかん	正しい
事故	睡眠薬	演説	電信	犬	愛	ニュートン	守る
水害	鉄道	投票	無線	ランナー	憲法	果物	大切
保険	卑怯	金	見えない	自動車	緑	ウィリアムテル	道徳
運命	心中	政治	短波	陸上	国連	ジュース	固苦しい
危険	ガス	選ぶ	電子	逃げる	のどか	ほった	茶道
不幸	絶望	違反	放送	自転車	安全	すっぱい	必要
受ける	死ぬ	不正	アンテナ	競走	望む	落ちる	作法
天災	ばか	議員	電報	マラソン	自由	おいしい	躰
困る	殺人	うるさい	通信	電車	日本	食べる	丁寧
災難	未遂	買収	波	リレー	穏か	甘い	先生
青年	当選	当選	流れる	止まる	長崎	梨	正しさ

Note. \* means that the list is proposed.

図 1: 使用した DRM パラダイムを用いた単語リスト [5]

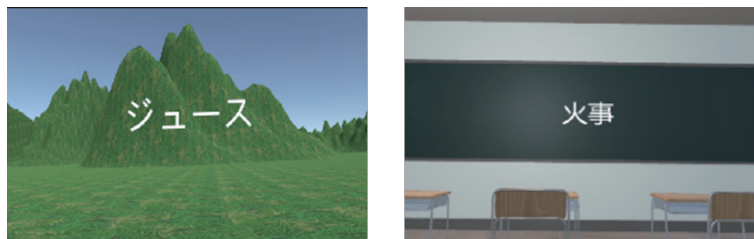


図 2: 実験時に提示した VR 環境および単語提示 左：自然環境 右：教室環境

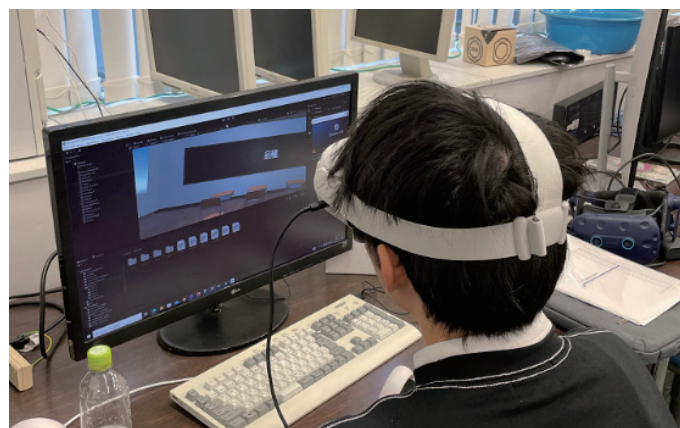


図 3: 実験の様子

て、「HMDを装着している」という状態自体が日常の状態とは大きく異なっており、VR環境を変化させたとしても、HMDを装着しているという意味で同一の環境と認識したのではないか、すなわち環境的文脈依存効果は双方の実験で起こっており、結果として今回は同条件の実験で比較しただけであるため、差が出なかったとも考えられる。

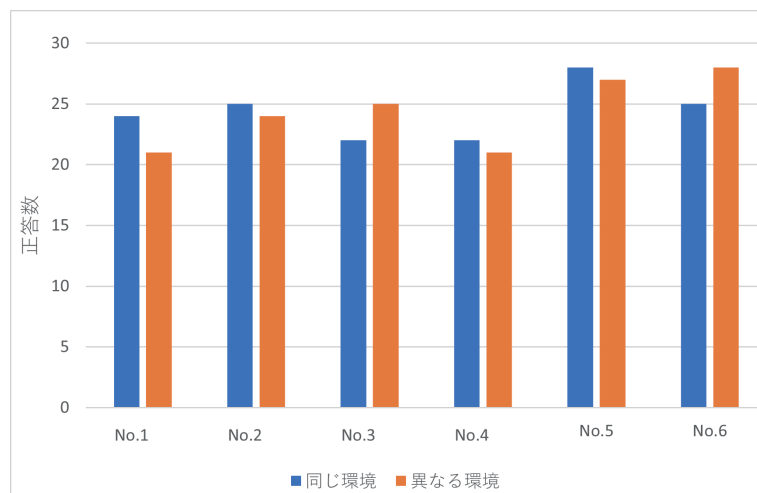


図 4: VR 環境が同一の場合と異なる場合の実験参加者ごとの正答数の比較。(正再認, 虚再認の合計)

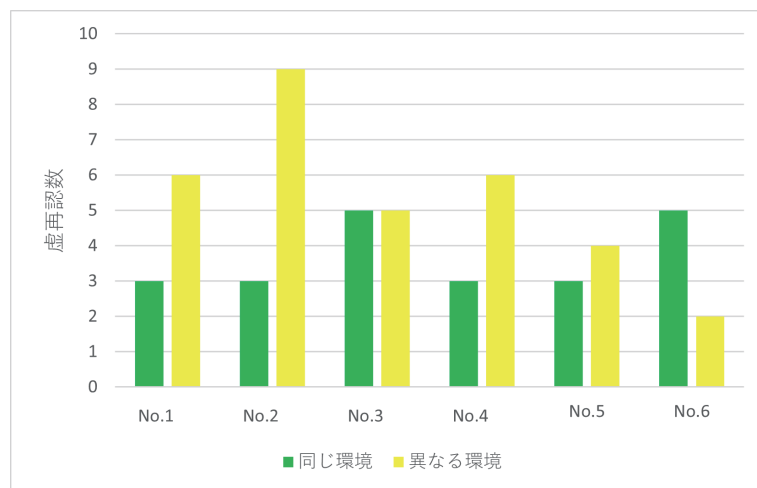


図 5: VR 環境が同一の場合と異なる場合の実験参加者ごとの正答数の比較。(虚再認のみ)

### 3 VR 環境による作業タスクへの影響

次に VR 環境の作業タスク効率への影響について述べる。作業タスクにおいて VR 環境の違いの影響を調べるためのコンテンツとしては、習熟度による影響が小さく、事前に必要な学習が少なく、さ

表 1: それぞれの空間に提示した五感情報

	虚無空間	カフェ空間
視覚	灰色の何もない背景	3D アバタが多数存在するカフェ環境
聴覚	無音	カフェ内で流れていそうな環境音
嗅覚	無臭	コーヒーの香り

らに作業自体が複雑でないものを用意する必要がある。そこで、一般的に「イライラ棒」と呼ばれる装置を VR 作業空間上で再現し、実行してもらうこととした。

### 3.1 評価システム

実験参加者は図 6 へ示すような各種装置を身につけ、視覚、聴覚、嗅覚情報を提示可能な VR 作業空間を構築した。実験参加者は作業棒に見立てたコントローラーを用いて、イライラ棒操作を行う。また、実験参加者の心理状態を計測するため、心拍センサを装着させた。

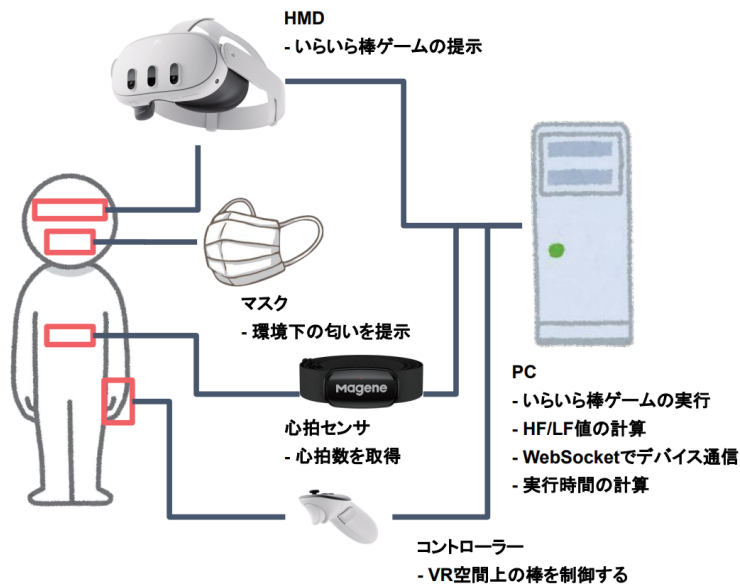


図 6: 評価システム構成

VR 環境としては、カフェ空間と虚無空間 (図 7) の環境を用意した。また、それぞれの環境で提示した視覚、聴覚、嗅覚の情報について表 1 に示す。カフェ空間での作業はより人間の集中力を大きく持続させることが可能 [6] であるとされている。また、嗅覚および聴覚に刺激が存在した場合に集中度が向上したことが確認されている [3] [7]。また、集中度がフィードバックにより変化する研究も行われている [8] [9]。そこで、複数の刺激を与えた環境と刺激が少ない環境で作業タスクを実行させ、作業を行う環境の違いにより効率が変化するのかを確認した。



図 7: 構築した VR 環境 左: カフェ空間 右: 虚無空間

### 3.2 実験方法

はじめに実験環境に慣れてもらい、順序効果の影響を小さくするため、作業タスクの体験を行う。その後、「静かな環境での待機」「閉眼」「深い呼吸」「水を飲む」ことを実施してもらい一度各感覚をリセットする。次に実験参加者ごとにランダムで各環境での作業タスクを行ってもらった。

また、実験後に以下のアンケートに答えてもらった。

- 実験前と比べて、実験によって集中力は変化しましたか。
- 実験コンテンツによる集中力の変化は感じましたか
- 手の動きに集中することができましたか
- 実験中自分の思い通りに棒を操作できるようになりましたか

### 3.3 実験結果

実験は 20～22 歳の男性 10 名、女性 4 名で行った。順序効果の影響を小さくするため、訓練試行を 3 回行ったあと実験を行う。環境の試行順序はランダムとした。また、試行ごとにアンケートを実施した。評価指標としては、イライラ棒の移動速度、イライラ棒のステージ内の壁面への衝突回数、実験参加者の心拍数を計測することで確認できる心拍変動の 3 つとした。実験の結果を図 8 に示す。

この図は横軸に「普段の生活でのカフェ環境の得意・不得意」、縦軸に該当する VR 環境において、壁面にイライラ棒が衝突した実験参加者の平均回数としている。つまり、カフェの環境を普段から苦手としている、または、そもそもカフェ環境で作業を行わないと答えた実験参加者は、作業環境がカフェ環境から虚無環境に変わると有意に衝突回数が減っている。一方、逆の場合も同じような傾向が出ていることがわかる。この傾向は試行時の順序によらず同じ傾向が見られた。

次にゴールまでの到達時間について図 9 に示す。この結果については、環境の得意・不得意での傾向は見られず、個人のタスクへの得意・不得意に依存しているように見える。

次に実験参加者の心拍を測定し、ストレス変化を確認するため、LF/HF [10] を計測した。図 10 に結果を示す。結果、得意・不得意により上昇と減少の傾向はみられたが、実験参加者ごとの差が大きく、有意な差は得られなかった。

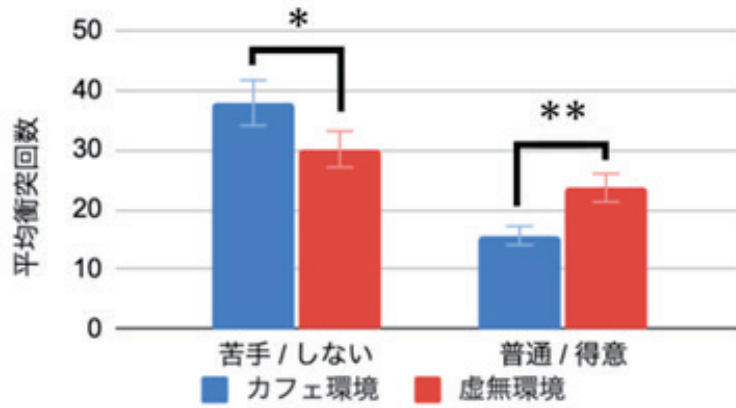


図 8: カフェの環境の得意・不得意の違いによる壁面への衝突回数平均 (\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ )

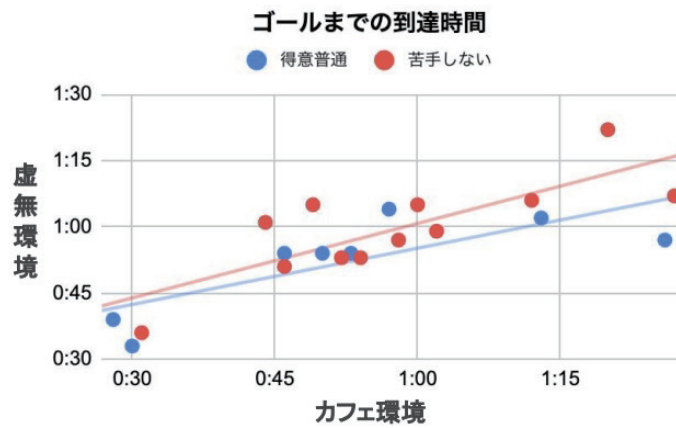


図 9: カフェの環境の得意・不得意の違いによるゴール到達時間

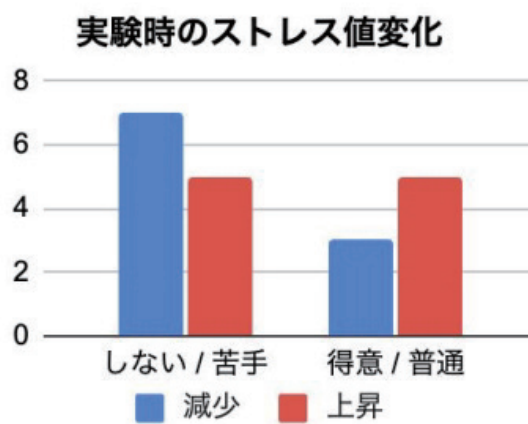


図 10: 実験前後の LF/HF の推移の平均

最後に、アンケート回答結果の、それぞれの環境でのアンケートスコアの増減を図 11 に示す。カフェでの作業を苦手、しないと回答した実験参加者はカフェ空間の実験後スコアが全体的に下がる一方で、得意、普通と回答した実験参加者が、カフェ空間の方が実験後スコアの高いことが分かった。

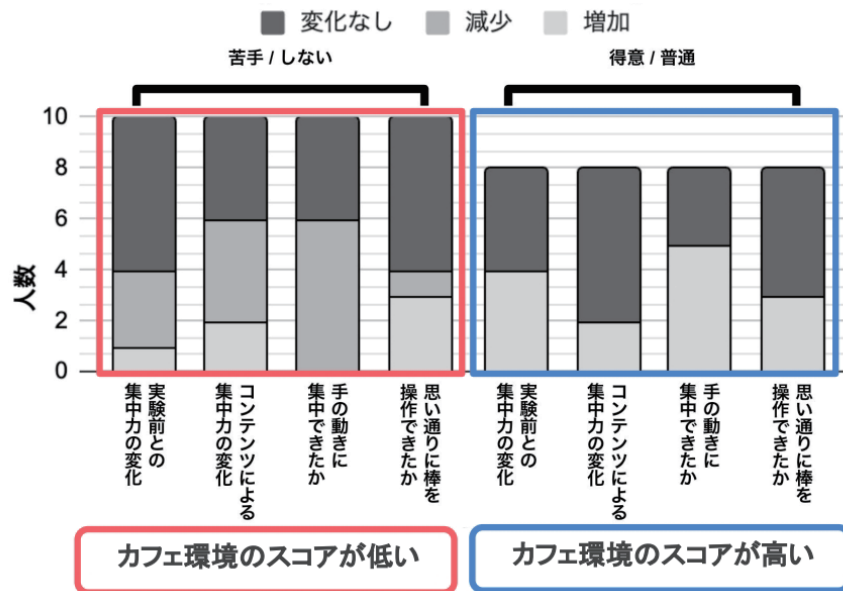


図 11: 環境指向性別のアンケート結果

### 3.4 考察

実験の結果、実行速度やストレス値に VR 環境の違いでの差は認められなかった。一方、イライラ棒の壁面への衝突回数、つまり正確度の指標では有意差が認められた。さらに、アンケート結果でもある程度落ち着いて作業を実施できていることが示唆された。アンケートにおける自由記述感想から、カフェを再現した VR 作業空間で「他者がいることで気が逸れて、集中力が削がれた実験参加者」と「壁面衝突時の警告音がカフェ内の他者へ聞こえないように可能な限り回避した実験参加者」が存在した。つまり、VR 作業空間内の環境がポジティブとネガティブの個人差があるものの、VR 空間での情報がタスク実行に影響を及ぼすことがわかる。

## 4 まとめ

今回、記憶と作業に関して VR 環境の違いによる影響を調べる実験を行った。単語記憶のタスクに関して、環境的文脈依存効果がみられるのかを正再認、虚再認の両方の点から検証した。結果、HMD で提示された VR 環境を変化させ単語を提示する今回の方法では、違いが確認されなかった。一つの原因としては、HMD を装着している状況は普段生活している環境とは大きく異なっており、「HMD を装着している」という点で同じ環境だと認識し、結果として異なった VR 環境を用意していても、



実験参加者は同一の環境と認識した可能性がある。今回は作業タスクでの実験のように、視覚以外の環境を変えることをしなかったため、他の感覚も利用することで、別環境と認識させることができれば、環境的文脈依存効果の影響を確認できる可能性がある。

作業タスクについては体験環境を明確に違うものとしたため、「作業の正確性」という点では本人が好む作業環境でのタスク実行を行うことで、壁面への衝突回数の減少が認められた。一方、作業スピードやストレスについては、イライラ棒のような作業が得意か得意でないかの要素の影響が強く、有意な差が認められなかったという結果となった。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP23K03362, JP22K04020, JP23K11190 および 2023 年度私立大学等経常費補助金特別補助「大学間連携等による共同研究」によるものである。

## 参考文献

- [1] E. Krokos, C. Plaisant, and A. Varshney, “Virtual memory palaces: immersion aids recall,” *Virtual reality*, vol. 23, no. 1, pp. 1–15, 2019.
- [2] D. Godden and A. Baddeley, “When does context influence recognition memory?” *British journal of Psychology*, vol. 71, no. 1, pp. 99–104, 1980.
- [3] T. Chamorro-Premuzic, V. Swami, A. Terrado, and A. Furnham, “The effects of background auditory interference and extraversion on creative and cognitive task performance,” *International Journal of Psychological Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 18–24, 2009.
- [4] 山田恭子, 鍋田智広, 岡かおり, 中條和光, “虚再認の生起に及ぼす環境的文脈の効果,” *心理学研究*, vol. 80, no. 2, pp. 90–97, 2009.
- [5] 宮地弥生, 山祐嗣, “高い確率で虚記憶を生成する drm パラダイムのための日本語リストの作成,” *基礎心理学研究*, vol. 21, no. 1, pp. 21–26, 2002.
- [6] 松本真生子, “サードプレイスの概念からみたカフェの心地よさに関する研究,” *奈良県立大学研究報告*, no. 8, pp. 111–145, 2016.
- [7] 北見由奈, 奈良英侃, “コーヒーの香りが集中度としての情報処理能力に与える効果 ハワイ・コナコーヒーと 100 マス計算による検討,” *日本健康心理学会大会発表論文集*, p. 24, 2020.
- [8] 渡部真, 宍戸道明, “視覚と聴覚のバイオフィードバックにおける集中力向上効果の比較検討,” *科学・技術研究*, vol. 5, no. 1, pp. 41–46, 2016.
- [9] 藤木大介, 堀井順平, 二宮由樹, 外尾恵美子, “持続的注意への自覚が読解成績に及ぼす影響,” *日本教育工学会論文誌*, vol. 41, pp. 117–120, 2018.

- [10] 大須賀美恵子, “生理実験入門 (第 4 回) 自律神経系指標の計測,” ヒューマンインタフェース学会誌, vol. 7, no. 4, pp. 285–290, 2005.