



拡張現実を活用した視覚集中誘導による作業効率への影響

The effect of visual attention guidance using augmented reality on work efficiency

立花太一¹⁾, 嵯峨智¹⁾

Taichi TACHIBANA, Satoshi SAGA

1) 熊本大学 大学院自然科学教育部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2 丁目 3 9 番 1 号, tachibana@saga-lab.org)

2) 熊本大学 大学院先端科学研究部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2 丁目 3 9 番 1 号, saga@saga-lab.org)

概要: 人がタスクを効率よく行う際に集中力は非常に重要な要素である。しかし、外的刺激や集中力を維持する能力などが要因で意図的に集中状態に移行するのは難しい。そこで、Head Mounted Display (HMD) と Augmented Reality (AR) 技術を用いた視線誘導手法を提案する。本研究ではユーザが見ている実世界の映像に対し、AR を用いて視界に周辺視野を遮断するエフェクトを加え、タスクに対し、バーチャルに集中誘導効果を与えることで、集中している状態だと錯覚させるシステムを開発した。本稿ではこのシステムを用いた際のタスクへの集中度を実験を通じて検証した。

キーワード: 視覚遮断, 集中誘導

1. はじめに

人が何かタスクを行う際に、集中力はとても重要な要素である。しかし、外部からの刺激や集中力を維持する能力などの要因から、意図的に集中状態に移行しようとしたとしても、それはとても難しいものである。これまでに、機械的な視覚遮断器具で視線を矯正する視覚的なアプローチを用いて注意の向上を狙う手法が提案されてきた [1]。しかし、このような装置は動的な設定ができないものが多い。また、個人に合わせた視覚デバイスを作成する際は、本来フィッティングや設計変更が必要で、多大なコストと時間がかかってしまう。

そのような中、拡張現実感技術 (Augmented Reality) を用いた学習には大きな期待が寄せられている。そこで私は、拡張現実感技術を用いて集中したような視覚エフェクトを与えることで、自分が集中していると錯覚させ、手軽に集中状態に誘導することができるのではないかと考えた。また、既存研究のように視覚遮断のための機械的なデバイスを利用した場合には、フィッティングに多大なコストと時間を要するが、拡張現実感技術を用いて表現することで容易かつ柔軟に設定変更をできるようにした。本稿では、開発した拡張現実を用いた集中誘導装置の詳細と、視覚による集中誘導が作業効率に与える影響について調査を行ったので、これを報告する。

1.1 集中力の定義

集中力というもの厳密な定義が定まっていないが、しばしば注意力と同一視される。James は集中力とは心がある対象、あるいは頭の中に浮かんでくるいくつかの考えから一つを明確かつ鮮明な形で占有することであり、集中がその本質であると述べている [2]。また、Martin らは「持続

的注意」概念を対象者が長時間にわたり、まれにかつ、予測不可能なタイミングで発生する信号を検出する準備ができている状態とし、これは集中力と密接に関連しているとした [3]。今回、私は注意力を高める、あるいは注意力をタスクに向けやすくするために、集中誘導を行うことで作業への没入感を高めるとともに、装着者の認知能力の向上を目指した。

2. 関連研究

現在、隠消現実感技術 (Diminished Reality) [4] の発達が目覚ましく、Koshi ら [5] は DR 技術を用いることで視覚的ノイズの悪影響を低減すること手法を提案している。しかし、この手法は対象の誤認識・誤消去のリスクや対象を消す処理のためにデバイスに大きな負担がかかってしまう可能性がある。

また、桑原ら [6] は、PC 作業時においてディスプレイ内の作業領域外の周辺視野に複数の視覚刺激を提示し、それが集中や疲労感に与える影響を検証した。これにより、一部の刺激が集中促進効果をもたらす可能性を示している。しかし、このような手法はディスプレイ外の視覚的ノイズには対応していない。

畑ら [7] はディスプレイ外の周辺視野の解像度を下げることで注意誘導を行う手法を提案している。これによって、装着者が気付かない自然な注意誘導を行っている。本研究は、HMD に表示される画像に直接エフェクトを表示するため誘導を行う対象を問わない。

3. 予備実験

本研究に先立ち、筆者は AR 技術を用いて視覚的集中誘導が作業効率や集中力に及ぼす影響を検証する予備実験を

行った。この実験では、本研究と同様の試験手順で視覚遮蔽リングをHMD上に提示し、ユーザーの周辺視野からの刺激を遮断した状態で計算課題に取り組ませる設計とした。

実験は、ARによる視覚遮蔽の有無を条件とした2群の比較によって行われ、タスク遂行時の誤答率とNASA-TLXを用いた主観的な作業負荷を評価指標とした。

誤答率の結果にWilcoxon符号順位検定を有意水準5%で行ったところ、試験前半の誤答率には $p = 0.0012$ で有意差が見られた。試験後半の誤答率には $p = 0.7842$ で有意差は見られなかった。また、試験全体の誤答率に着目すると、 $p = 0.0156$ で有意差が見られた。このことから、視覚的集中誘導はタスクへの注意を向上させる効果を持つ可能性が示唆された。

一方で、NASA-TLXによる主観的な作業負荷に関して得られたスコアにWilcoxon符号順位検定を有意水準5%で行ったところ、 $p = 0.6875$ で有意な差は見られなかった。

この結果は、視覚遮蔽が注意の方向づけには有効である一方で、課題遂行に必要な認知的負荷そのものには影響を与えない可能性を示唆している。

本研究ではこの予備実験と同様の視覚遮蔽手法・装置構成を用いつつ、より多面的な評価指標により、視覚的集中誘導の有効性を包括的に検討することを目的としている。

4. 提案手法

本節では本研究の提案手法について述べる。まず提案手法を詳説し、その後、提案手法の評価方法および、評価において使用する指標について説明する。

4.1 拡張現実を用いた視覚遮蔽とその評価手法

本研究では視覚遮蔽リングをゲームエンジンUnityを用いて作成し、Head Mounted Display (HMD)としてOculus Quest 3 (現Meta Quest 3)で動作させた。実験目的に応じてキーボード操作で視覚遮蔽リングのサイズや位置は変更できるようになっている。

使用者にHMDを装着してもらい、十分な時間を取りHMDに慣れてもらった後、内田クレペリン精神検査(4.3)を参考にした計算課題を行う。計算課題は1セットで5分間の休憩を挟んで8分間の課題を2回行う。

その後、SD法(Semantic Differential Method)に基づいたアンケートに答えてもらう。

4.2 SD法

SD法とは、被験者に対して両極に意味の異なる形容詞対(例:集中していた - 集中していなかったなど)を提示し、7段階の尺度上で評価を行わせる手法である。この方法は、主観的な感情や印象を定量的に捉えることが可能であり、特に心理的状態や印象評価を構造的に把握する際に有効である。本実験では、「集中・注意」、「エフェクト」、「自己評価」、「心理的影響」に注目し、9つの質問について7段階で評価してもらった。

- Concentration
集中できなかった [0—7] 集中できた。

- Temporal Flow
時間が長く感じた [0—7] 時間が短く感じた
- Immersion
作業に引き込まれなかった [0—7] 作業に引き込まれた
- Focus Stability
周囲が気になった [0—7] 周囲が気にならなかった
- Effect-Driven Focus
視覚エフェクトによって集中できた [0—7] 視覚エフェクトによって集中できなかった
- Effect Comfort
視覚エフェクトはストレスや不快感を与えた [0—7] 視覚エフェクトはストレスや不快感を与えなかった
- Performance
普段より悪いパフォーマンスだったと思う [0—7] 普段よりいいパフォーマンスだったと思う
- Calmness
作業中不安だった [0—7] 作業中不安を感じなかった
- Low Fatigue
作業中に疲労を感じた [0—7] 作業中疲労を感じなかった

4.3 内田クレペリン精神検査

内田クレペリン精神検査とは隣接する2つの一桁の数字を加算し、一の位を回答することを繰り返す検査方法である。この検査方法では、数字の識別と記憶から短期記憶を評価し、加算と回答から長期記憶を評価することができる。また、能力面の特徴と性格・行動面の特徴の二つを評価が可能とされており、能力面では作業の処理速度や複雑な作業の処理から評価でき、性格・行動面からは性格やパーソナリティの評価が可能となっている。

5. 実験

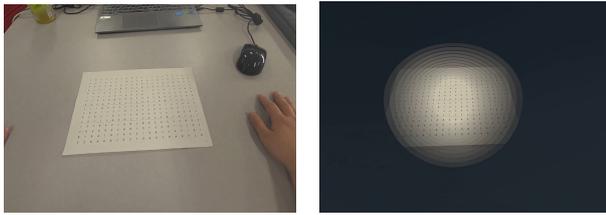
本節では提案する拡張現実を用いた集中誘導によって作業効率にどのような影響を及ぼすかについて調査した実験について述べる。

5.1 実験内容

実験協力者は21歳から25歳までの男性8名、女性1名とした。また、実験協力者には視覚が正常か事前にアンケートを取り、そうでない場合は実験を行っていない。実験協力者には椅子に座った状態でHMDを装着してもらい、姿勢をできるだけ動かさずに以下の2つのパターンで計算課題を実施してもらう。

- パターン1
HMDのディスプレイ上にリング状の視覚遮蔽を提示して計算課題を行う。
- パターン2
HMDのディスプレイに何も表示しない状態で計算課題を行う。

視覚遮蔽を行ったときの様子と視覚遮蔽を行わなかったときの様子を図 1 に示す。



視覚遮蔽有り

視覚遮蔽無し

図 1: 各実験条件の視覚遮蔽の様子

実験順序については、順序効果をなくすため、上記 2 つの実験条件順は被験者ごとにランダムで決定した。本実験に用いたクレペリン精神検査の計算用紙は両面 320 字の 1 桁の数字がランダムに書いてある A4 用紙で行う。計算用紙は 4 パターン準備し、実験の際は重なりが無いようにランダムに選ぶ。実際に用いた計算用紙サンプルを図 2 に示す。

5	6	1	0	9	7	2	6	4	7	3	3	0	3	3	6	3	5	2	1	9
8	1	3	6	3	8	5	6	1	1	0	1	1	8	7	6	9	5	6	6	0
9	0	1	1	0	6	6	4	8	1	3	5	2	1	9	3	4	7	3		
7	9	2	0	0	4	9	1	4	7	1										
6	0	4	9	5	6	1	1	0	9	9	8	9	2	3	8	5	9	4	8	4
2	1	9	1	2	1	9	7	8	7	9	9	0	5	5	8	3	9	6	5	9
2	4	2	7	5	0	5	5	0	8	8	0	4	7	2	1					
4	3	8	7	9	0	7	0	0	8	5										

図 2: 実験で用いたクレペリン検査の問題用紙

また、数列には 2 行ごとに点線が引いてあり、実験協力者は 1 分ごとに 2 行分の計算課題を行う。このとき、各セクションで 1 分経過前にすべての問題を解き終わっても、先には解き進まないように指示している。また、各セクション内の訂正は可能だが、次セクションへ移った場合、今までのセクションの内容の訂正はできない。また、実験協力者はノイズキャンセリング機能付きイヤホンをつけ、1 分経過時には、このイヤホンからアラーム音を鳴動させて次セクションへの移動や終了の合図を伝えている。

5.2 実験手順

実験は以下に示す手順で行った。

1. 実験協力者に実験機の前に置いた椅子に座ってもらい、無理なく実験に取り組める姿勢をとってもらおう。
2. 実験内容と手順について伝える。
3. クレペリン精神検査の説明を行い、例題を出す。このときに出題した問題はすべて解く必要はない。
4. HMD を装着してもらおう。このとき、条件がパターン 1 の場合は、遮蔽が計算用紙周辺以外を隠すように設

定する。

5. 1 度目の 8 分間の計算課題を行う。
6. 5 分間休憩をとる。
7. 2 度目の 8 分間の計算課題を行う。
8. アンケートを実施し、全体を通した感想をもらう。
9. これらの手順を遮蔽ありと遮蔽なしの 2 条件で行う。

また、実験協力者の周囲の環境の変化がどのような影響を与えるかを明らかにするため、8 分間の計算課題中の 3 分経過、6 分経過時に実験協力者の前方を実験者が 1 分間かけて通過する。

6. 結果

ここではまず計算課題を行った後の SD 法によるアンケートの結果について説明する。遮蔽ありと遮蔽なしの各条件については Wilcoxon 符号順位検定を有意水準 5%, 1%, 0.1% で実施している。

SD 法を用いたアンケートにおいて、結果を図 3 に結果を示す。図中のアスタリスクは有意差が確認された項目について示している。

検定の結果、集中・注意に関する質問では、Q3 作業に引き込まれた - 引き込まれなかった ($p = 0.031$) において有意差が確認された。また、エフェクト・自己評価に関する質問では、Q6 視覚エフェクトによって不快感を感じた - 感じなかった ($p = 0.03$), Q7 普段より悪いパフォーマンスだったと思う - 良いパフォーマンスだったと思う ($p = 0.031$) において有意差が確認された。

7. 考察

本節では 6 節で行った実験によって得られた結果について考察を行う。実験の図 3 より、SD 法に基づいたアンケートの一部項目において有意な差が見られ、視覚遮蔽による影響が一部において認められた。

まず、集中・注意に関する項目のうち「作業に引き込まれたか否か」について有意差が見られた点から、視覚遮蔽リングが作業への没入感を高める効果を有している可能性が示唆された。これは、視界周辺の不要な視覚情報を遮断することで注意資源が作業対象に向けられたことによる効果と考えられる。一方で、「集中できた」「時間の感じ方」「周囲の気になり方」といった他の集中指標には有意差が認められなかった。これらの結果は、視覚遮蔽によって一時的な没入感は促進されたものの、集中の持続や主観的な深さには影響が及ばなかった可能性を示している。また、HMD の装着感や視覚遮蔽の新奇性が、集中度の変化を妨げた要因として考えられる。

エフェクトに関する項目では、「視覚エフェクトがストレスや不快感を与えたか否か」において有意差が確認されたことから、一部の被験者に対して視覚遮蔽が心理的な負担を与える可能性があると考えられる。HMD 特有の圧迫感や視界の制限による閉塞感などが影響した可能性がある。一

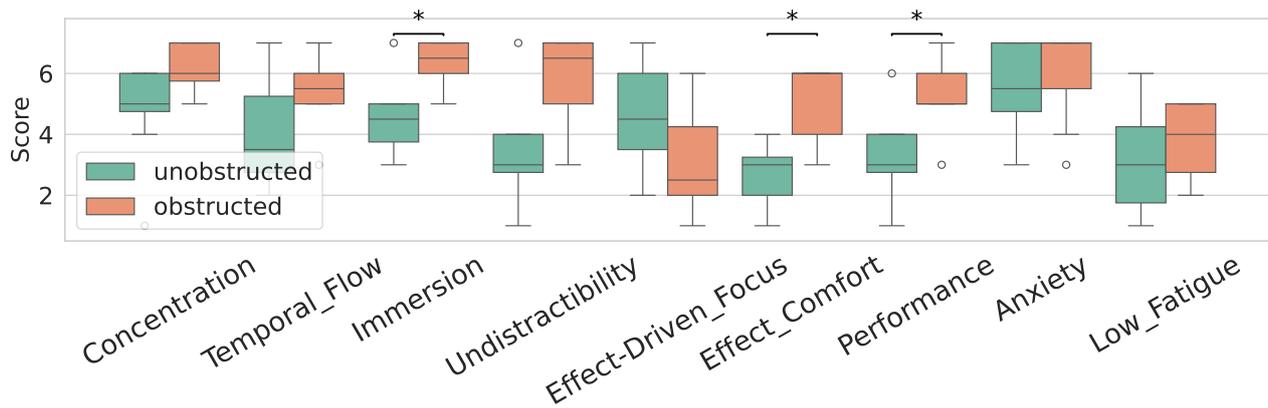


図 3: SD 法によるアンケートの結果

方で、「視覚エフェクトによって集中できたか」という項目には有意差が見られなかったことから、エフェクトそのものが集中力の向上に直接的な効果を及ぼしたとは言い難い。集中に関わる主観的体験は、視界の制限といった単一の操作以上に、快適性や動機づけなど複数の要因に依存していることが示唆される。自己評価の項目では、「普段より良いパフォーマンスだったと感じたか」に有意差が見られた。これは、視覚遮蔽下における自己効力感や達成感が高まったことを示していると考えられる。ただし、実際の成績との整合性を検討する必要があり、今後は客観的指標との比較を通じた効果の検証が求められる。

心理的影響に関する項目では、「不安」や「疲労感」に関する有意差は見られなかった。この結果は、視覚遮蔽リングが被験者に対して過度な心理的負担を与えなかったことを示しており、短時間の使用においては心理的な安全性がある程度確保されていると評価できる。

以上の結果を総合すると、視覚遮蔽が作業への没入感や主観的なパフォーマンス評価といった「認知能力の質」の向上には寄与する可能性がある一方で、集中力そのものや心理的快適さといった「認知能力の量」への効果には限界があることが明らかとなった。

8. まとめ

本研究では拡張現実感技術を用いて、視界に集中誘導を加えることで、よりタスクへの没入感を高め、より高いパフォーマンスを発揮できるのではないかと考え、実験を行った。「作業への没入感」や「主観的なパフォーマンス評価」において有意な変化が見られ、一定の効果が確認された。一方で、「集中のしやすさ」や「心理的負荷」に関する項目では有意差が見られず、視覚遮蔽の効果は限定的な側面も含んでいた。この結果より、視覚遮蔽は認知能力の量には大きな影響を与えないが、没入感や自己評価といった認知能力の質には影響を与えることが分かった。今後は視点の動かない狭い紙面上の計算課題だけでなく、視線を大きく動かす広い紙面上の課題を対象とした視線データを用いた動的な集中誘導も取り組んでいく予定である。

参考文献

- [1] Francesca D'Elia, Tiziana D'Isanto, Gaetano Altavilla, Giovanni Esposito, and Gaetano Raiola. Does training with visual occlusion improve technical skills in under-14 football players? *Acta Gymnica*, Vol. 53, pp. 1-5, 2023.
- [2] William James. *The principles of psychology*. Henry Holt, 1890.
- [3] Martin Sarter, Ben Givens, and John P Bruno. The cognitive neuroscience of sustained attention: where top-down meets bottom-up. *Brain research reviews*, Vol. 35, No. 2, pp. 146-160, 2001.
- [4] Shohei Mori, Sei Ikeda, and Hideo Saito. A survey of diminished reality: Techniques for visually concealing, eliminating, and seeing through real objects. *IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications*, Vol. 9, pp. 1-14, 2017.
- [5] Masaki Koshi, Nobuchika Sakata, and Kiyoshi Kiyokawa. Augmented Concentration: Concentration Improvement by Visual Noise Reduction with a Video See-Through HMD. In *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, pp. 1030-1031, March 2019.
- [6] 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. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2018-UBI-60, No. 13, pp. 1-7, November 2018.
- [7] 畑元, 小池英樹, 佐藤洋一. 解像度制御を用いた視線誘導. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 4, pp. 1152-1161, April 2015.