

修士論文要旨 (2021 年度)

MR 技術を利用した集中力向上のための自習環境システム A Mixed-Reality System for Self-Study Room Improving Concentration

電気電子情報通信工学専攻 松村 諒太

1. まえがき

一般的に、作業や勉強における生産性を左右する要因の一つとして集中力が挙げられる。集中力は周囲の環境により大きく影響を受けることがわかっている。例えば、阪野 [1] はミントやラベンダーの香りを用いた実験を行い、ミントの香りがする条件では無香の条件よりも集中を要する課題の成績が向上したという結果を示している。

オフィス環境で実験を行った研究では、周囲での会話や電話の着信音などの聴覚的ノイズによって集中力が阻害されることが確認されている [2]。このように嗅覚や聴覚からの情報により集中力が影響されることを視覚に拡張して考えると、作業と無関係な人や物が作業者の視野に入ることで作業効率が低下する可能性が考えられる。本研究ではこの作業と無関係な人や物を視覚的ノイズとみなし、この影響を小さくすることでユーザの集中力を目指す。

以上のことを踏まえ、近年注目されている技術の一つである現実空間と仮想空間を融合させる MR (Mixed Reality) 技術を用い、疑似的に集中力を向上させるための空間を作ることを目的とする。

本研究ではまず、心理学や脳神経科学の知見をもとに、MR 技術を用いてユーザの集中力の向上を目指したシステムを作成する。さらに作成したシステムが作業効率に及ぼす影響を、被験者実験を行い脳波を用いた定量的かつ客観的な評価から検討する。この評価を参考に変更・改善を行い、ユーザの集中力を向上させるためにより有用なシステムを実現することを目指す。

2. 提案手法

視線のぶれを抑制し、ユーザが机上のタスクのみに注意・集中しやすい空間を実現するシステムの作成を目的

とする。タスク領域外に視覚効果を与えた MR 空間を実現することにより集中力を向上させる空間を実現する。この視覚効果には視覚顕著性マップを利用してタスク領域に視線を誘導するようなシステムを作成する。

2.1 デバイスの選定

現在、主要なデバイスとして Magic Leap One, Microsoft HoloLens2 そして NrealLight などが挙げられる。このうち、本研究では、ユーザがタスク領域を指定するためコントローラからの操作が可能で、解像度が高い Magic Leap One を用いる。

2.2 視覚顕著性マップを用いた視線誘導

視線を誘導するための代表的な手法の一つとして視覚顕著性マップがある。これは視線の惹きつけやすさを画像として表現したものであり、この計算モデルを Itti らが提案した [3]。Itti らは画像の輝度、色相の変化、エッジの向きから特徴量を計算したが、文字の形が変わるなどして視界の情報量を損なわないように萩原ら [4] の提案した手法を参考に色相、輝度に加工を加える。この計算の概要を図 1 に示す。

2.3 白色半透明の視覚効果を与えるシステム

タスク領域外に単色半透明の視覚効果を与えることにより色相の変化を抑え視覚顕著性を抑えることを考える。視覚効果に用いる色はタスク環境に左右されずらい白色を用い、透明度は 51% とした。システムが動作している様子を図 2 に示す。

2.4 背景の色相に合わせた視覚効果を与えるシステム

効率的に視覚効果を与えるために背景の色相に合わせることを考える。萩原らの考案した Algorithm1 を用いた。このとき、強度係数 p_{xy} は視覚顕著性マップの値 S 値をもとに決定した。顕著性を挙げる領域画外の座標 $(x, y) \notin D$ であれば負の値にする。また画像ごとの変化

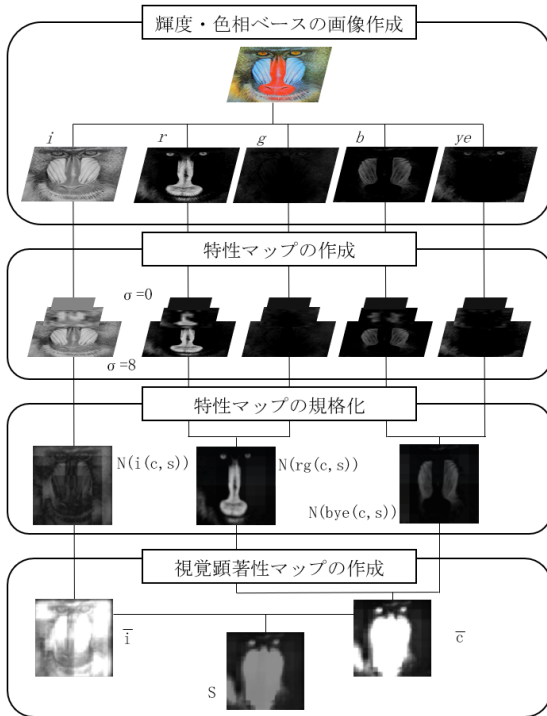


図 1: 視覚的顕著性マップの計算の概要



(a) 実験環境

(b) 完成した MR 空間

図 2: 実験環境でシステムを動作させた様子

量は視覚顕著性マップを求める過程を逆算し、どの特徴量が顕著性に影響を与えるか判定している。このアルゴリズムを用いた画像加工を図 3 に示す。

3. 評価実験

3.1 単色半透明の視覚効果を与えるシステム

実験は研究室(中央大学理工学部キャンパス1号館1638室)で実施した。実験環境を実際に机上タスクを行うような環境に近付けるために日用品や実験とは関係のない書籍を置き、それを視覚刺激とした。被験者には実験の趣旨を1分ほどで説明した後、システムを動作させていない状態でタスクを行ったのち5分間の休憩を挟み、システムを動作させた状態でタスクを行ってもらった。

実験課題としてストループテストを用いた。ストループ

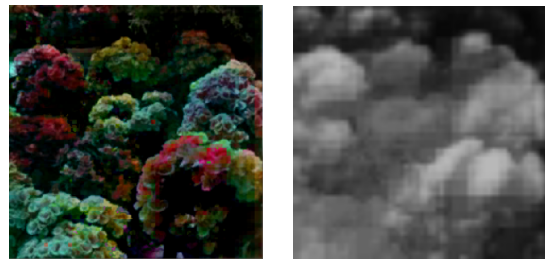
Algorithm 1 画素ごとの変化量と強度係数による更新の手順

- 1: 強度係数 p_{xy} の計算
- 2: 画素ごとの変化量 $Q_{Rxy}, Q_{Gxy}, Q_{Bxy}$ の計算
- 3: 更新 $\alpha'_{xy} = \alpha_{xy} + p_{xy}Q_{\alpha xy} (\alpha = R, G, B)$



(a) 入力画像

(b) 入力画像の顕著性マップ



(c) 出力画像

(d) 出力画像の顕著性マップ

図 3: 画像加工の様子

テストは Stroop が考案した [5] テストで文字色付きの単語群を見て、文字の意味につられずに文字の色を答えるという選択的注意を評価する検査である。PC のディスプレイ上に色付きの漢字を表示し、その文字の色を下の4つのボタンから選択肢マウスで解答を入力してもらう。この課題を全100問行い、正答率とかかった時間を計測した。

実験結果として β 波と α 波の比率とその分布を図 4, 図 5 に示す。水色がシステム非動作時、赤色がシステム動作時を表す。この結果を用いて統計的に有意であるかを検証するために有意水準 5% で t 検定を行ったが $p = 0.192$ であり、システム動作時と非動作時で有意差は見られなかった。

システムを動作させていない時点で $\beta/\alpha = 1.63$ を超えたグループは脳波の比率の上昇がみられない場合が多かった。これはもともと視線のブレが少なく集中状態にある人には視線誘導の必要が無く、システムの効果が薄

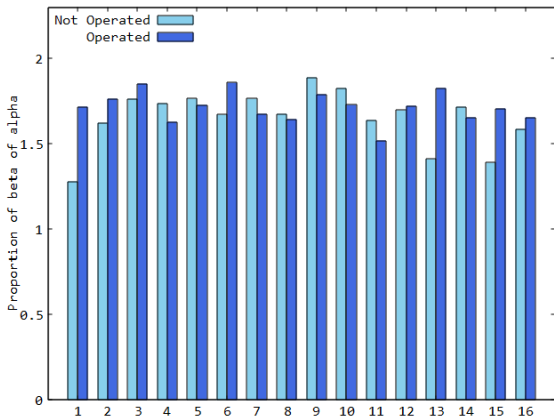


図 4: システム動作時と非動作時の比較

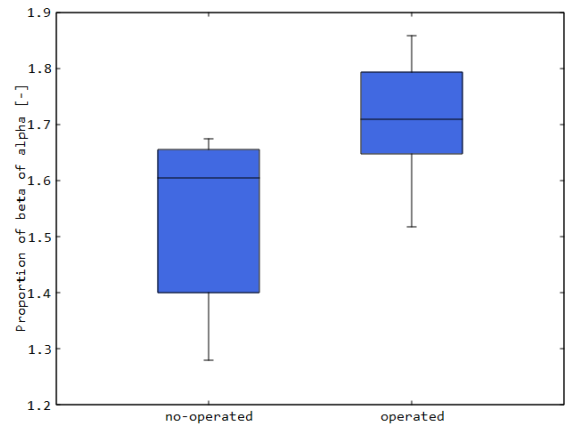


図 6: β/α が 1.64 未満のグループの分布比較

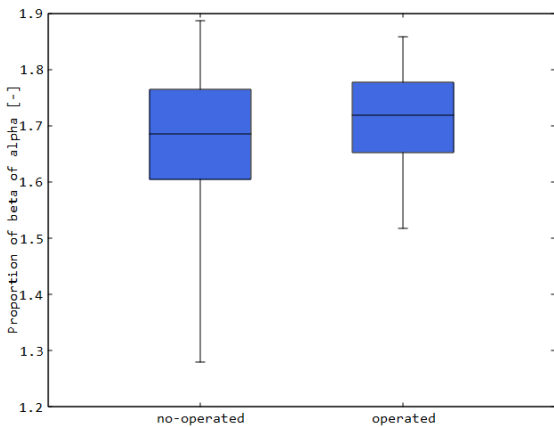


図 5: システム動作時と非動作時の分布比較

かった場合が考えられる。 β/α が 1.64 未満のグループについて分布を比較し、t 検定を行った。その結果を図 6 に示す。t 検定の結果 $p = 0.0442$ となり統計的有意さが見られた。したがってこのシステムはもともと集中力が低い人には有効であると考えられる。

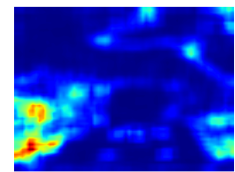
3.2 背景の色相に合わせた視覚効果を与えるシステム

計算量の増加によりこのシステムを実現することはできなかった。したがってシステムが実現したときに得られる効果をユーザの視界を想定した画像の加工を通してシミュレートする。いくつかのタスク環境に対して、タスク環境とそのタスク領域 D、その視覚顕著性マップそしてシステムをシミュレーションした結果とその視覚顕著性マップを図 7、図 8 示す。タスク領域 D はは青色実線で囲んだ領域であり、実際のデスク使用者のタスク領域を参考に設定した。このとき、実際の視線効果を検

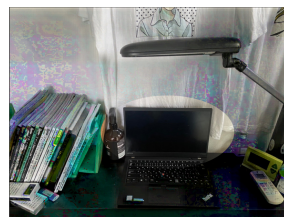
証するために、用いた視覚顕著性マップは色相、輝度から計算したものではなく、全ての要素を用いて計算したものを用いている。このマップでは視覚顕著性が高いほど赤く表示され、低いほど青く表示されるようになっている。



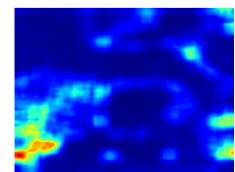
(a) 入力画像



(b) 入力画像の視覚顕著性マップ



(c) シミュレーション画像



(d) シミュレーション画像の視覚顕著性マップ

図 7: タスク画像 image1 でのシミュレーション

タスク環境 image1 を用いたシミュレーションでは、入力画像では画面左側の本棚の領域が顕著性が高いことがわかるが、シミュレーション画像ではその顕著性が下がっていることがわかる。このことから本の背表紙に書かれた文字などエッジの向きによる特徴量が大きいと考えられる領域でもこの手法で顕著性を下げることが可能であると推測することができる。

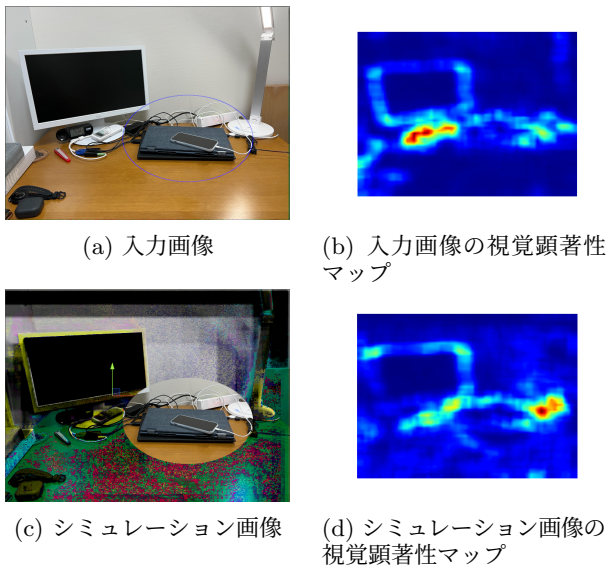


図 8: タスク画像 image2 でのシミュレーション

タスク環境 image2 でのシミュレーションではもともと赤色や黄色など顕著性が高かった領域では顕著性が下がっていることがわかる。しかし、デスクが見えている領域ではわずかながら顕著性が上がっている部分が見られる。この領域にはもやのように周辺領域とは違う色の視覚効果が与えられてしまっている。これは光の加減や、画像にした時点でのノイズなどにより計算過程で生じたノイズが原因であると考えられる。

タスク環境 image1 から物が多く視覚顕著性を上げる要因となりやすい環境ではシステムが狙い通り働くことがわかった。しかし、実験環境やタスク環境 image2 のような単調なデスク環境では視覚効果による色相の変化が大きく影響し顕著性が上がってしまう場合があった。この問題を解決するために Algorithm1 画素値の更新式強度係数 p_{xy} を小さくするとともに複数回更新処理を施すことで特徴量の判定の誤作動などによる顕著性の増加を抑えることができると考えられる。

4. おわりに

今回の研究では、集中力を向上のための自習環境システムを実現するために、タスクへ視線誘導をするための視覚効果の有用性について 2 つの手法を提案し、検証した。

結果として、2.3 節で示したシステムは全ての被験者

に対して集中力を向上させる効果は見られなかった。しかし、システム非動作時に高く集中していないと考えられる被験者には集中力を向上させる効果が確認された。このことからもともと集中状態が低い人は視線の移動が多かったがシステムにより視線のブレを抑制できたと考えられる。反対に、もともと集中力が高い人は視線のブレが少ないためシステムの効果が期待できず、むしろ視覚効果が集中を阻害する可能性がある。

また、2.4 節で示したシステムは、計算量の増大によりデバイスでの実現をすることはできなかった。このため 6 種類のタスク環境に対して期待される視界のシミュレーションを作成し、考察した。この結果、物体が多く置かれているなど顕著性を上昇させる特徴量が多いタスク環境では狙い通りにシステムが働くことがわかった。これに対し、物が置かれていないデスクなど単調な特徴をもつタスク環境では視覚効果が顕著性を上げてしまう場合があることがわかり、視覚効果を作る方法に改善の余地がみられた。

以上の結果から視線のブレの抑制は集中力を向上させる効果があるが視覚効果によっては集中を阻害する可能性があることがわかった。今後は視線のブレを抑制しながらも集中を阻害しない視覚効果を検討したい。

参考文献

- [1] 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. PhD thesis, 愛知教育大学, banno2008, 2008.
- [2] S. P. Banbury and D. C. Berry. Office noise and employee concentration: Identifying causes of disruption and potential improvements. *Ergonomics*, Vol. 48, No. 1, pp. 25–37, 2005.
- [3] Laurent Itti, Christof Koch, and Ernst Niebur. A Model of Saliency-Based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. *IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE*, Vol. 20, No. 1, p. 30, 1998.
- [4] 萩原愛子, 杉本晃宏, 川本一彦. 注視誘導のための視覚的顕著性に基づく画像加工. 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), Vol. 2011-CVIM-, pp. 1–8, 2011.
- [5] J. R. Stroop. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 18, pp. 643–662, 1935.