

修士論文要旨 (2019 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 Development of A Mixed-Reality System for Self-Study Spaces Improving Concentration

電気電子情報通信工学専攻 道岡 幹太

1. まえがき

近年、日本では少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少によって、様々な業種において労働力不足が深刻となっている。そのため、企業にとっては知的作業の効率化が重要な課題になっている。また、学生や資格取得を目指す人々にとって、自習室等の集中力向上を目的としたスペースの需要が高まっている現状がある。しかし、スペースの多くは移動や空間・金銭的成本などの問題を抱えている。こういった現状を踏まえ、今まで集中力の向上を目指した研究が行われてきた。従来の研究としては、阪野 [1] の香りを用いた実験や、注意領域外の視覚刺激を用いた研究 [2] などが行われている。しかしいずれも利用者の限定が難しい等の問題点があった。そこで以上の問題点を踏まえ、現実世界と仮想世界の座標空間を精緻に重ね合わせる事で、現実世界と仮想世界を同時に体験可能にした技術である複合現実 (Mixed Reality, MR) 技術を用いて集中力向上のための空間を作成する着想を得た。本研究ではまず、心理学や脳神経科学の知見を基に、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の効率に及ぼす影響を、被験者実験を行い検討する。これらの評価を参考に改善を行い、ユーザの集中力を向上させるために有用なシステムを実現することを最終的な目的とする。

2. 提案手法

本研究では、周辺視野の視覚的刺激を抑え、ユーザが机上のタスクのみに注意・集中しやすい空間を作成するシステムの設計を目的とし研究を行う。

表 1: 主要な MR デバイスの性能比較

| 特徴 | Magic Leap One | Microsoft HoloLens2 |
|--------|----------------|-------------------------|
| 価格 | \$2,295 | \$3,500 |
| 集積回路 | NVIDIA Parker | Qualcomm Snapdragon 850 |
| メモリ | 8GB RAM | 4GB LPDDR4x system DRAM |
| 容量 | 128GB | 64GB |
| バッテリー | 最大 3 時間の連続使用 | 2-3 時間の使用 |
| 視野角 | 40° × 30° | 43° × 29° |
| コントローラ | あり | なし |
| ジェスチャー | 8 種類 | 2-5 種類 |

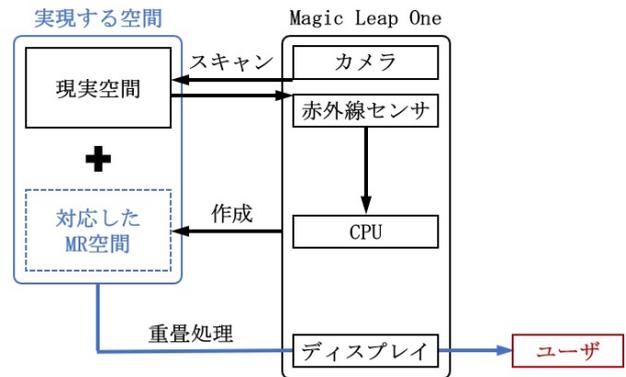


図 1: デバイスの構成図

2.1 デバイスの選定

現在、代表的な MR 用ヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display, HMD) として、Magic Leap One と Microsoft HoloLens 2 の 2 つがある。表 1 に Magic Leap One と Microsoft HoloLens 2 の性能比較を示す。本研究は、ユーザが任意の位置に作業空間を指定できるシステムの作成を目指している。そのため、コントローラを用いて任意の空間を指定できる MR 用 HMD である Magic Leap One を用いてシステムを作成する。

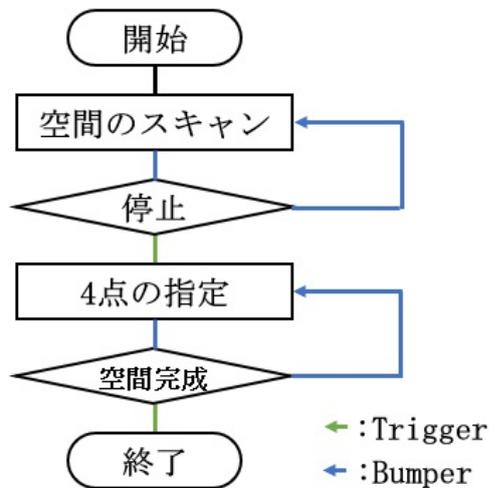


図 2: システムの遷移図

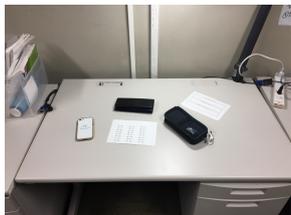


図 3: 元々の環境



図 4: メッシュ掛け空間



図 5: 3点を指定した状態



図 6: 完成した MR 空間

2.2 システムの構成

デバイスの構成図を図 1 に示す。また、システムの遷移図を図 2 に示す。システムを動作させたときの HMD 上の映像を図 3-図 6 に示す。システムのフローの項目の詳細を以下で説明する。

(1) 空間のスキャン

空間を本体付属のカメラと赤外線センサによってスキャンし、得た特徴点で生成された 3D 空間の面全てにプログラムで白くメッシュを掛ける。これにより、視覚的刺激物を排除した空間を実現する。元々の環境を図 3 に、メッシュ掛けされた空間を図 4 に示す。

(2) 4点の指定



図 7: 実験の流れ

表 2: 加算課題の結果

| システム | 回答数 [問] | 正答数 [問] | 正答率 [%] |
|------|---------|---------|---------|
| 非動作時 | 529 | 518 | 97.92 |
| 動作時 | 377 | 369 | 97.88 |

コントローラのボタンが押された時点で、コントローラの向きとメッシュの衝突点上に点を設置する。この点を四角形領域の頂点に 4 つ設置することで作業空間の指定を行う。3 点を指定した状態の空間を図 5 に示す。全体に白色のメッシュが掛けられた空間に、この 4 点から作られた四角形の領域に透明なオブジェクトを上書きすることで、作業空間のみ透明オブジェクトでくり抜かれた MR 空間を実現する。完成した空間を図 6 に示す。

3. 評価実験

システムの有用性を評価する実験として、20 代の男女計 10 人に対して 5 つの実験を行った。各被験者はそれぞれ図 7 の流れで実験を行う。各実験の前に休憩を兼ね、リラックスの時間を 3 分間設けた。デバイスの動作・非動作は 1 人につき全 4 実験中 2 回ずつ行うようにランダムに設定し、各実験で動作時 5 人、非動作時 5 人のグループができるよう実験を行った。

3.1 加算課題

まず、ランダムな 2 桁の整数を加算する課題を 5 分間行い、その回答数と正答率を算出した。実験結果を表 2 に示す。

この実験では、非動作時の回答数が動作時の回答数を大幅に上回る結果となり、システムの有用性は確認できなかった。また、t 検定を行ったが、 $t(4)=2.02$, $p=0.113$

表 3: 実験後質問紙調査の平均

| システム | 非動作時 | 動作時 |
|------|------|-----|
| 集中 | 4.8 | 5.4 |
| 快適 | 4.0 | 3.4 |
| 途切れ | 5.4 | 4.2 |
| 疲れ | 5.0 | 3.6 |
| はかどり | 3.0 | 3.8 |
| 気になり | 4.2 | 3.2 |

であり、本実験で動作時と非動作時で有意差は見られなかった。正答率はシステム動作時と非動作時を比較しても差は見られなかった。この実験では被験者数が少ないため、被験者ごとの計算能力の差が大きく反映された可能性も考えられる。

3.2 質問紙調査

システム動作時のユーザの心理的な評価を行うために、質問紙調査を行った。加算課題を行った後に、「集中して取り組めたか」「快適に取り組めたか」「集中力が途切れることがあったか」「疲れを感じたか」「普段と比べて作業がはかどったか」「机周りの環境が気になったか」の6項目を7段階で評価させた。結果を表3に示す。

表3の中でも平均で1ポイント以上差のあった項目を図8に示す。システム動作時の被験者は、システム非動作時と比較して「集中力が途切れることがあったか」「疲れを感じたか」「机周りの環境が気になったか」の3項目において良い評価をしたという結果が得られた。机周りの環境が気にならなかったという結果から、本研究で視覚刺激を排除するという狙い通りの結果が得られたと考察できる。また、それによって集中力が途切れにくいという評価につながったと考えられる。

3.3 ストループ検査

次にストループ検査による実験を行った。ストループ検査の問題例を図9に示す。これは、Stroop[3]によって考案された、文字色付きの色名の単語群を見て、その色の単語の意味につられずに文字色を答えるという選択的注意を評価する実験である。全50問を行い、その正答率とかかった時間を計測した。

ストループ検査の結果として、システム非動作時と動作時それぞれの時間・正答率の平均を表4に示す。表4

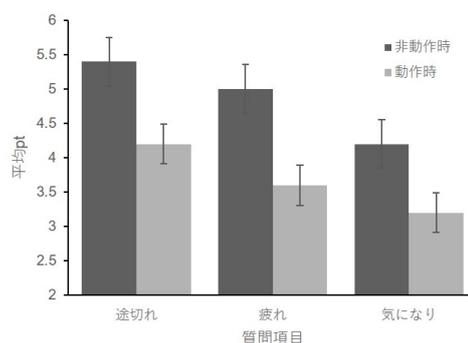


図 8: 実験後質問紙調査の3項目

- ① 赤 → 青 → 緑 → 黄 → 青
- ② 青 → 緑 → 黄 → 青 → 赤
- ③ 黄 → 青 → 赤 → 緑 → 緑
- ④ 緑 → 赤 → 青 → 赤 → 黄
- ⑤ 黄 → 黄 → 緑 → 赤 → 青

図 9: ストループ検査の問題例

に示す通り、非動作時の平均時間は34.38秒、動作時の平均は28.78秒となり、大幅な時間の短縮が見られた。この結果を用いてt検定を行うと、動作時は有意に短時間で問題を解けるといった結果となった。また、正答率は動作時・非動作時においてほとんど変わらない結果が得られた。このことから、本システムは選択的注意を評価する実験であるストループ検査において有効な結果を示すことができたと言える。

3.4 選択課題

続いて、タスク実行中の集中時間割合 (Concentration Time Ratio, CTR) を計測するために言語及び数学的な選択課題を行った。選択課題の問題例を図10に示す。この課題は簡単な不等式の正誤を判定する「数字比較問題」と、表示された2単語が指定の4つの意味カテゴリ(動物、植物、人工物、地名)に分類した際に同じ意味カテゴリか異なる意味カテゴリかを判定する「単語比較問題」から成る。集中指標の算出には、難易度が一定の問題を複数問続けて解答した際の解答時間データが必要である。そのため、比較問題において、数字比較問題では

表 4: ストループ検査の結果の平均

| システム | 平均時間 [s] | 正答率 [%] |
|------|----------|---------|
| 非動作時 | 34.38 | 100 |
| 動作時 | 28.78 | 99.6 |

表 5: 選択課題の CTR の平均

| システム | CTR[%] |
|------|--------|
| 非動作時 | 67.35 |
| 動作時 | 70.90 |



図 10: 選択課題の問題例

比較すべき数字が表示される桁を整える，単語比較問題では表示される単語のカテゴリーの順序によるプライミング効果の発生を防止するなど，各問の難易度が等しくなるように工夫が施されている．解答方法としては，図 10 の場合東京（地名）とアメリカ（地名）で意味カテゴリーが「同じ」， $3203 < 3425$ で不等式は「正しい」と回答する．この選択課題を 10 分間行い，集中時間割合 CTR を算出した．

選択課題の結果として，システム非動作時と動作時それぞれの CTR の平均を表 5 に示す．表 5 に示したように，非動作時に比べ動作時では CTR の 3.55% の向上が見られた．しかし，t 検定を行ったところ本実験で動作時と非動作時で有意差は見られなかった．

3.5 記憶課題

最後に記憶課題を行った．この実験では端末上に表示された 8 桁の数字を 6 秒間で記憶し，1.5 秒間の間を取り，5 秒以内に解答用紙へ記入することを課題とした．これを 10 問 1 セットとし，1 セット終了するごとに 10 秒の休憩を取り 3 セット行った．

記憶課題の結果として，システム非動作時と動作時それぞれの正答率の平均を表 6 に示す．表 6 より平均正答率は同じとなり有意差は見られなかった．このことから，本システムが記憶課題に与える影響は少ないと考察できる．

表 6: 記憶課題の正答率の平均

| システム | 平均正答率 [%] |
|------|-----------|
| 非動作時 | 79.33 |
| 動作時 | 79.33 |

4. おわりに

今回の研究では，集中力を向上させる MR システムを実現するために，視覚的刺激を排除した空間の有用性について検証した．結果として，ストループ検査のような集中力が必要な課題でも，より短い時間で回答できるという傾向を示すことができた．しかし，良い結果が得られた実験がある一方で，加算課題や記憶課題に関しては良い結果が得られなかった．このように，タスクによってシステムが有用であるものとそうでないものがあるということがわかった．今後は，被験者を増やして実験を行いさらに有用性を確かめるほか，ユーザの好みに合わせた環境作りを可能にしたシステムの導入や聴覚のアプローチを用いたシステムなど様々な可能性を検討し，より良いシステムの実現を目指したい．

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，”愛知教育大学保健体育講座研究紀要，No.33，pp.95-99，2009．
- [2] 橘卓見，岡部浩之，佐藤未知，福嶋政期，梶本裕之，“注意領域への集中力向上を目的とした領域外における視覚刺激，”日本バーチャルリアリティ学会大会論文集，16，2011．
- [3] Stroop J.R. “Studies of Interference in Serial Verbal Reactions.”，the Journal of Experimental Psychology，18，pp.643-662，1935．