

Title	ADHDの学生への注意喚起を促すMRシステム
Author(s)	埜田, 匡
Citation	
Issue Date	2023-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/18323">http://hdl.handle.net/10119/18323</a>
Rights	
Description	Supervisor: 長谷川 忍, 先端科学技術研究科, 修士(情報科学)

修士論文

ADHD の学生への注意喚起を促す MR システム

埜田 匡

主指導教員 長谷川 忍

北陸先端科学技術大学院大学  
先端科学技術研究科  
情報科学

令和5年3月

## Abstract

Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) is a developmental disorder characterized by inattentive, hyperactive, and impulsive behavior. Children with this problem have difficulties at school and home. However, if the supporters around them do not know the cause is forgetfulness, their mistrust and frustration can quickly arise. Therefore, resolving their forgetfulness problem has a higher priority than other problems.

Because forgetfulness is a problem that can occur even in ordinary people, there are many countermeasures to deal with it. For example, some people write information they need to remember on a sticky note and post it where they can see it. However, people with ADHD often forget where they put the note, making it difficult to take countermeasures. Therefore, they need a system to remind information regardless of time.

The purpose of this study is to propose a new reminder system using mixed reality (MR) that smoothly solves the problem that people with ADHD are more likely to forget things than ordinary people.

We first surveyed previous studies on cognitive psychological models of human memory to achieve this goal. In the significant memory models proposed, information acquired by the five senses is input into sensory memory and retained for a short time. Only selected information from sensory memory is input to short-term memory and retained for approximately 15 seconds. Rehearsal is a repetitive act that prevents the loss of information to maintain the information in short-term or long-term memory. We hypothesized that people with ADHD are more likely to fail in short-term memory rehearsal due to impulsivity and inattention than ordinary people.

According to this hypothesis, there are some ways to counteract forgetfulness, such as increasing short-term memory capacity or aiding in rehearsal. Therefore, this study proposes a system that displays task text and pictures on a wall using HoloLens2, an MR device with a spatial mapping function to recognize walls. MR is one of XR (Extended Reality), such as AR (Augmented Reality) and VR (Virtual Reality). We have developed the system on Windows 11 using Unity and MRTK, which provides a series of components and functions to shorten the development time of MR applications in Unity.

Because the application could not acquire the walls recognized by the spatial mapping function, we implemented a function to acquire the coordinates of the walls by distributing the objects. However, the spatial mapping function recognizes all surfaces in real space, so information other than walls is displayed. Therefore, we developed a WallSonar object with CornerCube objects at the four corners and implemented a function to recognize only flat surfaces with a certain area.

We conducted a comparison experiment on 13 graduate students over two days to show how effective the proposed MR system is in reminding people of their forgetfulness compared to existing systems. Reminekun, a system related to LINE, which can alert the user with LINE-specific notifications even when other applications are used, was used as the control group.

In order to reproduce ADHD forgetfulness, we gave subjects a combination of inhibition and recall tasks in advance. By concentrating on the inhibition task among the multiple tasks, they may fail the rehearsal for recall tasks. By comparing the effects on their recall, we discuss the usefulness of the proposed method. Based on these prerequisites, we decided "watching videos for about 30 minutes and writing a report" as the inhibitory task. The videos titled "Information Security through Video" were provided by the Information-technology Promotion Agency, Japan (IPSA).

Six recall tasks were prepared, three on the first day and three on the second day. Because too many tasks associated with the inhibitory task may trigger recall, it is preferable to use tasks that are as unrelated as possible. Even in the case of unusual tasks, the specificity of the task may trigger recall. For these reasons, the recall tasks were set to be natural ones usually performed daily.

Subjects were given written information about the inhibition task and verbal instructions about the recall tasks. They were then asked to wear the MR device. We explained that this was not an experiment in memory loss, but rather an experiment in concentration using an eye tracker to investigate the relationship between eye movements and reports. Since the MR device may need to be adjusted to the subjects eyes, we investigate whether each subject could be alerted by a simple display. After the setup of the MR device was completed, the subjects were asked to watch the videos. After viewing the videos, we asked the subjects to write a report, tell them that the experiment was over, and collected the MR device. At that time, we observed whether they forgot the recall task or not. This process was repeated twice on two separate days.

A t-test was conducted with the null hypothesis that there was no difference in the mean number of tasks recalled on the first and second days of the experiment, and the t-value was -5.20. The t-value was -5.20, and the p-value was 0.0001. This indicates that the difference between the mother means is significant, and that the MR system is more useful than Confirm it in terms of reminding the user of his/her forgetfulness. Therefore, the proposed MR system could smoothly counteract forgetfulness.

The system proposed in this study displays text on the wall to alert the user. However, when this system is used daily, it displays letters anywhere on a flat surface with an area larger than a certain level. It blocks information on walls

and objects other than walls with information from the beginning. Therefore, a function to recognize plain walls is necessary. Furthermore, experiments have shown that the proposed MR system is more helpful in reminding. However, we still need to evaluate the part of the system that inputs the recall task, and we would like to conduct experiments including the input.

# 目次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
1.3 本論文の構成	2
<b>第2章 関連研究</b>	<b>3</b>
2.1 ADHDとは	3
2.2 ADHDの数	3
2.3 ADHDの課題と対策	4
2.3.1 課題	4
2.3.2 対策	5
2.3.3 従来の物忘れ対策システム	5
<b>第3章 研究手法</b>	<b>7</b>
3.1 ADHDの物忘れのモデル化	7
3.1.1 記憶の過程	7
3.1.2 ワーキングメモリ	8
3.1.3 想起の過程	9
3.1.4 ADHDの物忘れが発生する仮説	10
3.2 提案システムの概要	11
3.2.1 MRとは	12
3.2.2 ARとVRとの違い	13
3.2.3 HoloLens2とは	13
3.2.4 開発環境	14
3.3 壁認識システムの実装	14
3.4 タスク管理システムの実装	18
<b>第4章 実験・評価</b>	<b>21</b>
4.1 実験の概要	21
4.1.1 実験の目的	21
4.1.2 実験対象者	21
4.1.3 比較対象	21
4.1.4 関連実験	22

4.1.5	障害タスク	22
4.1.6	想起タスク	23
4.2	実験方法	24
4.2.1	実験の環境	24
4.2.2	実験の流れ	24
4.2.3	1日目と2日目の違い	25
4.2.4	実験同意書とアンケート	25
4.3	実験用システム	26
4.3.1	実験用システムの概要	26
4.3.2	調整	27
4.3.3	視線表示システム	27
4.3.4	実験用メニューの実装	27
4.3.5	ソルバーの実装	28
4.4	予備実験	29
4.5	実験結果・評価	30
<b>第5章</b>	<b>おわりに</b>	<b>33</b>
5.1	まとめ	33
5.2	今後の展望	34

# 目次

2.1	ADHD の学生数 . . . . .	4
3.1	Atkinson と Shiffrin のモデル [17, 21] . . . . .	8
3.2	二重貯蔵モデル [31] . . . . .	9
3.3	構造的要因と統制経路図 [32, 33] . . . . .	10
3.4	ADHD の物忘れモデル . . . . .	11
3.5	対策できた場合の物忘れモデル . . . . .	11
3.6	HoloLens2 . . . . .	12
3.7	システムのイメージ図 . . . . .	12
3.8	SpatialMesh . . . . .	15
3.9	SpatialMesh name . . . . .	16
3.10	WallSonar オブジェクト . . . . .	17
3.11	WallSonar オブジェクト実機 . . . . .	17
3.12	壁に文字を表示する . . . . .	18
3.13	システムキーボード . . . . .	20
3.14	動的メニュー . . . . .	20
4.1	実験の様子 . . . . .	26
4.2	Directional Indicator ソルバー . . . . .	29
4.3	1 日目の想起タスクを思い出した被験者数 . . . . .	30
4.4	2 日目の想起タスクを思い出した被験者数 . . . . .	31



# 表 目 次

4.1	思い出した想起タスクに関する結果 . . . . .	31
4.2	阻害タスクの集中に関する結果 . . . . .	31
4.3	t 検定 . . . . .	31
4.4	タスクを覚えていた理由 . . . . .	32
4.5	HoloLens2 の使用感に関するアンケート . . . . .	32

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

SDGsとは Sustainable Development Goals の略で日本語では持続可能な開発目標と呼ばれている。これは2001年に制定されたミレニアム開発目標 (MDGs) の後継として、2015年の国連サミットで採り上げられた国際目標で、2030年までに世界中の貧困、健康、教育などの問題を解決し地球上から誰一人取り残さない (leave no one behind) よりよい世界を目指している [1]。SDGsは17のゴールに169のターゲットから成り立っており、例えばあらゆる場所で、あらゆる形態の貧困に終止符を打つという1つのゴールに極度の貧困をあらゆる場所で終わらせる、貧困層および脆弱層に対し十分な保護を達成するといった複数のターゲットで構成されている。SDGsの対象は発展途上国だけではなく先進国も含まれておりどの国でも公平に取り組むべきものであるとされている。日本も積極的に取り組んでおり、多くの企業や団体が様々な活動を行っている [2]。

17のゴールのうちの1つに「質の高い教育をみんなに」というゴールがある。これは貧富の差や環境などによって十分に現代社会において必要な教育に受けることが出来ない人に対して支援を行い、環境をどんな人でも良い教育を受けることができるように整えると共にその環境が長期間維持されることにより学習の機会が広まることを目標としたゴールである。この目標の対象には自閉症スペクトラムや注意欠陥多動性障害といった学習障害によって十分な教育を受けることができない人も含まれている。そのためこういった人たちへ学習支援や発達支援をすることでゴールの目標達成に近づくことができる。しかし学習障害を持つ人は多数の課題を持つため、教育の場面でさまざまな問題が発生する。よって学習障害の知名度を上げるために個人の発達の状態や障害特性といった個性に合わせて現時点での課題を解決する活動や将来の自立と社会参加を目指すために障がい者用の学習プランを立てる [3][4] 支援などが行われている。さらに教育の場面の課題に対して対策を立てる事で問題の発生を防ぎ、十分な教育を受けられるように環境を整える活動も行われている。こういった活動により年々学習障害の認知度が高まってきている。その結果周りの学習障害に対する理解が深まり、サポートが受けやすくなっている [5]。

本研究で対象とする注意欠陥多動性障害とは Attention-Deficit / Hyperactivity Disorder(以下 ADHD) と呼ばれ、不注意、多動性、衝動性の行動を特徴とする発達障害である [6]。ADHDの特徴の1つとして、健常者と比べて物忘れが発生しや

すいという課題が挙げられる [7]. この課題により学校や家庭などにおいて困難を抱えることがある. それに対して周囲から対応する際には理解やサポートが必要となるが, 物忘れが原因であることが分からない場合, 不信感や不満が生じやすい. よって物忘れは他の課題を比べて優先度が高く対策が必要である.

## 1.2 研究目的

本研究の目的は ADHD の障がい者が健常者と比べて物忘れが発生しやすいという課題に着目し, この課題をスムーズに解決する MR(Mixed Reality) システムの提案を行うことである.

この実現のために, (1) 物忘れをモデル化し, なぜ ADHD の障がい者は健常者と比べて物忘れが発生しやすいのか仮説を立て, (2) 作成したモデルに基づいて物忘れ解決支援 MR システムを開発し, (3) 開発した支援システムの有用性を示す実験を行う.

## 1.3 本論文の構成

本論文の構成を以下に示す.

### 第一章 序章

本研究の背景と目的について述べる.

### 第二章 関連研究

本研究の関連研究について示す.

### 第三章 研究手法

本研究で使用した手法について論じる.

### 第四章 比較実験

実験で使用した手法の比較や, 評価実験について説明する.

### 第五章 終章

本研究のまとめと今後の展望について述べる.

## 第2章 関連研究

本章では注意欠陥多動性障害についてまとめ、本研究の重要性と解決すべき課題について述べる。また物忘れに関する関連研究について述べる。

### 2.1 ADHDとは

ADHDとは集中力を維持することが出来ない不注意、考えずに思ったことを行動に移してしまう衝動性、じっとしていることが出来ない多動性といった行動を特徴とする発達障害である。幼児・児童期に発症し成長に従い症状が収まっていく者もいるが、成人期になっても50%~60%の人がADHDの症状を維持するとされる[7, 8]。この障害は両親などの第三者による養育環境やしつけが原因の後天的なものではなく、生まれつき行動の制御になんらかな要因を持つ神経生物学的な先天的障害である。ADHDは自閉スペクトラム症やうつ病や不安症などといった併存もみられることもあり、有病率は3~7%と言われている[6]。不注意や多動といった障害により教育の場面で多くの課題を持つ。

例えば以下のものが挙げられる。

- 長時間集中できない
- 教師の話をじっと聞いていることができない
- 物忘れにより2つ以上のタスクを実行できない
- 順番を待つことができない
- 授業中じっと椅子に座っていることができない
- 教師の質問に対して指名される前に発言してしまう

このような課題が原因で精神に不調をきたし、進路を断念する事象も存在する[6]。

### 2.2 ADHDの数

日本学生支援機構[9]の調査によるとADHDの障害を持つ大学、短期大学及び高等専門学校の数が増加の一途をたどっている。[9]のサイトで公開されているデータより2013年から2021年までのADHDの学生数を示すグラフ図2.1を作成した。

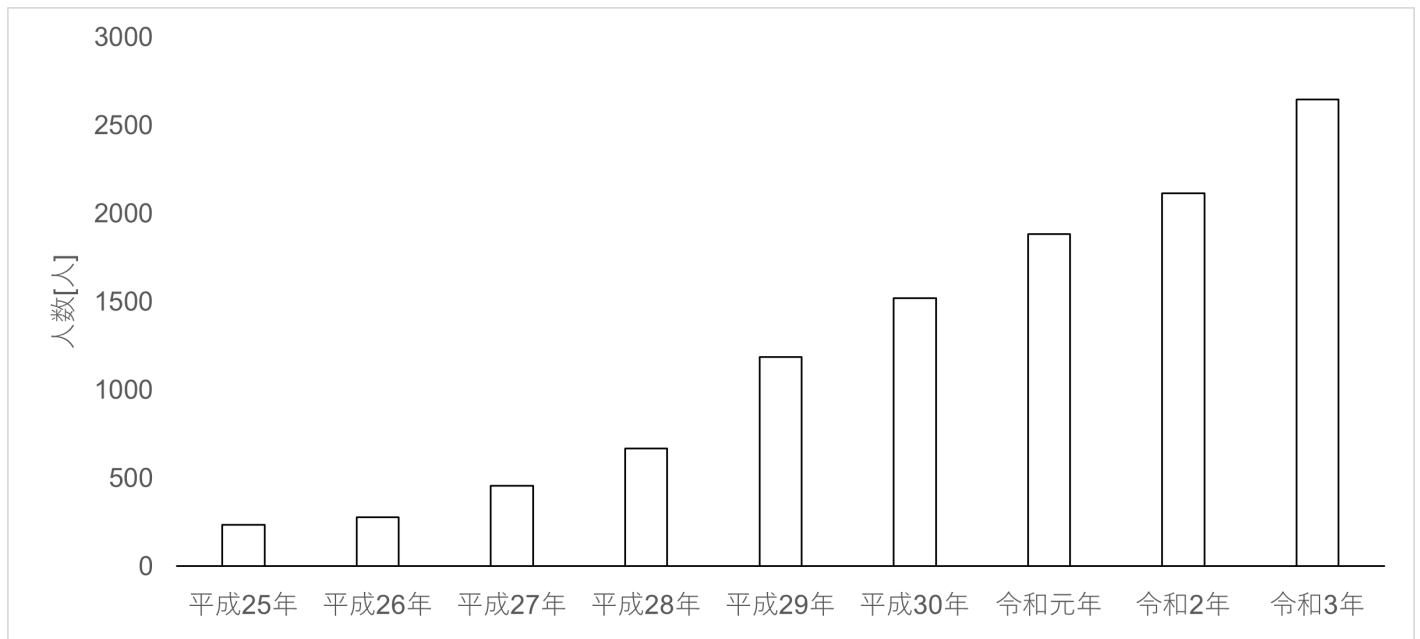


図 2.1: ADHD の学生数

この図より ADHD の学生数は平成 25 年から令和 3 年までに約 10 倍認知されていることがわかる。また、米国では 1997～1999 年と 2006～2008 年の間に 33 % 増加しているとも報告がある [10]。これらのことから ADHD の障がい者の問題の解決は現代社会における重要な課題であるといえる。

## 2.3 ADHD の課題と対策

### 2.3.1 課題

ADHD の課題は複数存在するが、本研究では特に物忘れによって 2 つ以上のタスクを適切に実行できないという課題に着目した [7]。人間の忘却にも種類があるが本実験の対象は「今日体育の授業があるのに体操着忘れた」のような特定の習慣のために必要な物を所持するのを忘れるといった忘れ物ではなく、「布団を干してくれと頼まれてたことを忘れてた」のような第三者から予期せず普段行わないような指令を受けるも指令の内容を忘れてしまい行動を起こすことが出来なくなるといった物忘れを対象とする。「2 つ以上のタスクを適切に実行できない」がどのような症状かという、例えば掃除を終わらせた後布団を干すというタスクを与えられたとき、ADHD の障がい者は掃除に集中しすぎてしまい、布団を干すというタスクを高確率で忘れてしまう。このように ADHD の障がい者は頼まれた事を「物忘れ」により 1 つしかこなせないという課題を持つ。なぜこの課題に着目

したかという点、他の課題と比べて優先度が高いからである。ADHDの障がい者の課題に対する対策は数多く存在するが、物忘れによって1つずつしか対策することが出来ない。よって長い時間をかけて対策を行う必要がある。そのため物忘れの対策をすることができれば他の課題の解決に繋げることが期待できる。

### 2.3.2 対策

筆者の経験としてADHDの物忘れの対策に注意喚起を促すための『肩たたき』が有効であると専門医より指導を受けた。この場合の肩たたきは、凝りなどをほぐすために肩をたたくことではなく相手の肩を軽くたたいて物事を頼んだり勧めたりするなどの注意喚起を行うことをさす。例えば掃除をしている最中に肩をたたき、「なにか忘れてないか？」といった声かけを行うことで注意喚起を促し、リハーサルの手助けもしくは情報の再入力が行われ、もう1つのタスクを思い出すことが出来る。これは肩たたきをすることが目的ではなく、忘れるであろうタスクに関係する声かけをすることで「気づき」へ誘導する注意喚起を行うことが重要である。こうした気づきへ誘導する取り組みは人間の忘却に対して有効とされており、気づきの発生を支援することで忘れ物を防止する先行研究[11]も存在する。しかしこの対策には必ず肩をたたく第三者が必要となることに加えて、第三者に忘れたくない情報を伝える必要がある。ADHDの障がい者は多動性と衝動性の症状により、日常の会話の場面などにおいて、相手が言い終わるのを待たずに話始めてしまうなど応答を遅らせることが難しい傾向にあることからコミュニケーションを苦手とする特性を持つ[12, 13]。この特性から第三者に覚えておきたいタスクについての情報をうまく伝えることができない場合もあるため、1人で利用することが可能な物忘れの対策であることが望ましい。

### 2.3.3 従来の物忘れ対策システム

肩をたたく以外にも物忘れを1人で対策する方法は多数存在する。例えば覚えておくべき情報をメモ用紙や付箋に書き、見えるところに貼っておくという方法がある。しかしADHDの障がい者はメモを張った場所を忘れてしまうケースがある。よって覚えておくべき情報をメモ用紙や付箋に書き見えるところに貼っておくという方法では対策が難しい。

それならば普段から携帯し生活上で使用頻度の高いスマートフォンを使用して物忘れ対策をすれば、対策自体を忘れる課題を解決できるように思える。実際物忘れは健常者でも起こりうる事象であることから物忘れ対策を目的とするスマートフォンアプリケーションは数多く存在する。例えばビジュアルイメージを用いた記憶トリガ管理システム[14]が提案されている。このシステムではスマートフォンで覚えていたいタスクの写真を撮影し表示することで行動へと繋げることが出来る。しかし今日スマートフォンは数多くの事柄に使用されているため、端末に

は多くのアプリケーションがインストールされる傾向にある。そのためメモを活用するときと同様に物忘れ対策アプリケーションが他のアプリケーションに埋もれてしまい、忘れられる危険性がある。さらにこのシステムは常時画面を開いていないと使用できない。よって1つのアプリを常時稼働することから他の活動の妨げとなってしまう。

別のアプローチとして普段から使うアプリケーションと連携し、特定の画面を開いていなくてもバックグラウンドで作動し、画面上部にバナー形式で数秒表示され、通知が消える前にタップするとアプリが開いて情報の確認などが行えるポップアップ通知を活用するシステムが考えられる。リマイン君 [15] は LINE のトークと同じように予定と時間を伝えるだけで指定した時間に予定をリマインドする LINE Bot である。LINE は 2022 年時点でスマートフォン・ケータイ所有者のうち 81.6 % が使用しており、10 代から 70 代まですべての年代で幅広く利用されている [16]。このことから LINE に関連付けされているリマイン君は存在が忘れにくいことに加え、入力が「エントリーシートを送る」、「28 日の 15 時」、「朝ごみすて」、「明日の朝 9 時」と非常に簡単な文章で使用できるため、誰でも使うことが出来る。さらに LINE による発話であることから他の画面を開きながらもポップアップ通知でリマインドすることができ、LINE は通知が独特であるため他のアプリケーションの通知よりも注目度が高いことから注意喚起が起こりやすい。よってリマイン君は ADHD の障がい者の物忘れ対策システムとして高い有用性が期待できる。

しかし多くのプッシュ通知によってリマイン君の通知が埋もれてしまったり、1 度ポップアップ通知を見てタスクの思い出しができたとしても時間経過によって再度物忘れが発生する場合がある。よって時間にとらわれずに注意喚起を行うことでリマインドを見やすくするシステムが必要である。

## 第3章 研究手法

本章では、ADHD の障がい者がなぜ物忘れを発生しやすいのかの仮説に加えて、本研究で提案するシステムとその関連する技術について述べる。

### 3.1 ADHD の物忘れのモデル化

人間が情報を取得した際に脳内でどのような処理がされ、情報を記憶したという状態になるのかについて、認知心理学的モデルについての先行研究の調査を行った。さらになぜ ADHD の障がい者は健常者と比べて物忘れが発生しやすいのか仮説を立てるために物忘れのモデル化を行った。

#### 3.1.1 記憶の過程

Atkinson と Shiffrin(1968) が提唱した記憶多重貯蔵モデル [図 3.1] の構造によれば記憶は感覚記憶、短期記憶、長期記憶の 3 つに情報を保存してられる時間の長さによって分けられる [17, 18]。人間の五感によって取得された情報はまず感覚記憶に入力し保存される。入力が聴覚に由来する場合はエコイックメモリ (echoic memory)、視覚に由来する場合はアイコニックメモリ (iconic memory) と呼ばれる。感覚記憶に保存された情報は極短時間で消滅するが、その前に覚えるべきだと選り出された情報は短期記憶に入力され保存される。短期記憶に保存された情報は約 15 秒から 30 秒で消失するが、リハーサルを行い再度入力することで情報を保持をすることができる。リハーサルとは保存された情報を頭の中で思い直したり口に出すことで再度入力し、時間による短期記憶の情報の消失を防ぐために行う反復行為である。リハーサルには短期記憶に情報を維持する維持リハーサルと情報を長期記憶に転送する転送リハーサルの 2 種類が存在する。長期記憶には理論上無限に情報を入力することができるため、短期記憶で転送リハーサルが行われ長期記憶に入力され保存した情報は記憶したとみなせる [17, 18, 19, 20]。



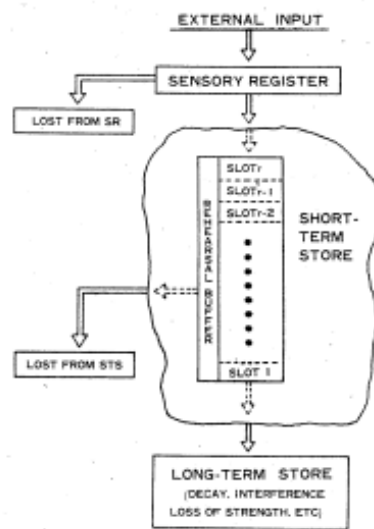


図 3.1: Atkinson と Shiffrin のモデル [17, 21]

### 3.1.2 ワーキングメモリ

ワーキングメモリ (working memory) とは短期記憶の要素の1つとされ、思考と行動などの複雑な課題を制御する実行系機能である。心に関連する認知活動を行うにあたり必要となる情報を短時間の間処理したり保持するといった「心の作業場」の役割を持つ能力である [22]。またワーキングメモリは音韻ループ、視空間スケッチパッド、エピソードバッファの3つのシステムとこれらを束ねる中央実行系から構成されている [23, 24]。音韻ループとは言語化可能な会話や文章などの情報の処理を行い、頭や口などの内的な言語の反復により情報を処理するメカニズムとされる。視空間スケッチパッドは言語化することができない大きさや空間といった視覚イメージなどの情報を処理する際に係るメカニズムとされている。エピソードバッファは音韻ループと視空間スケッチパッドの2つのメカニズム調整し、エピソードや知識に代わる長期記憶を音韻ループや視空間スケッチパッドにインターフェースする働きを担うとされている [25]。中央実行系はこれらのメカニズムの作業や活動がスムーズに完了できるようにワーキングメモリ全体を通してタスクを適切に分けたり、それらの活動に必要な記憶の容量を用意するワーキングメモリの中心をなす制御機構である [25, 26]。ADHD などの発達障がい者は健常者と比べワーキングメモリの能力が低いとされるため [27]、ワーキングメモリの能力が関係する国語、数学、理科などの学習成績が低い傾向にある [28]。

### 3.1.3 想起の過程

長期記憶に保存された情報は地名や単語の意味といった言語化可能な宣言的記憶と自転車の乗り方といった言語化することができない非宣言的記憶に分けられる。さらに宣言的記憶はエピソード記憶と意味記憶の2つに分けられる。エピソード記憶とは自伝的 (autobiographical) 記憶ともいわれ、その時間に意味を成す時間的もしくは場所に関係する空間的に定められた事象 (event)、すなわち個々の体験などの思い出に関する情報を取り込み、貯蔵する仕組みのことである。意味記憶とは、単語の意味など一般的な知識を使用するにあたって必要な記憶であり、時間や場所といった情報はなく語や他のシンボルに関する知識を貯えて編集された仕組みを指す [29, 30]。

長期記憶に保存した情報を想起する場合は検索という処理を行う。検索により長期記憶の膨大な情報の中から必要な情報を抜き出すことが出来る。AtkinsonとShiffrin(1971)の二重貯蔵モデル [図 3.2] によると長期記憶から抜き出された情報は、短期記憶に入力される。その後短期記憶に入力された情報は人間の感覚器官で出力され、想起が完了する。

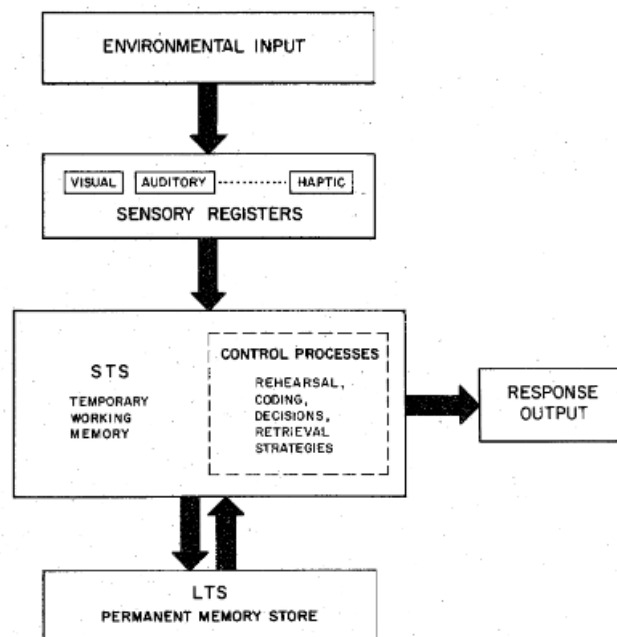


図 3.2: 二重貯蔵モデル [31]

### 3.1.4 ADHD の物忘れが発生する仮説

Hilgard と Browe(1975) の構造的要因と統制過程図 [図 3.2] によると短期記憶の容量を超えて情報を保存しようとしたり維持リハーサルが失敗することによって、長期記憶と短期記憶から物忘れが発生すると想定されている [32].

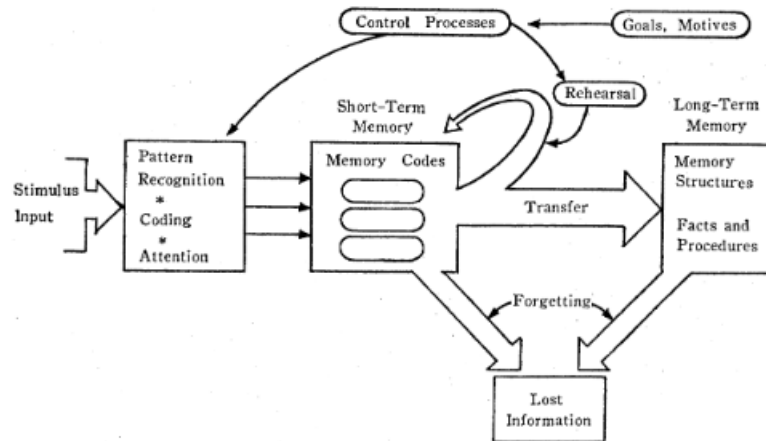


図 3.3: 構造的要因と統制経路図 [32, 33]

ADHD の障がい者が物忘れの発生をしやすい原因の 1 つとしてワーキングメモリの能力が健常者と比べて低いことで短期記憶からの物忘れが発生しやすいことが考えられる。例えば掃除をした後に布団を干して欲しいというタスクを与えたとき、健常者は掃除をしている最中でも布団を干すというタスクを頭の中でリハーサルすることで忘れずにタスクを遂行することができる。しかし ADHD の障がい者はリハーサルが何らかの要因で失敗することから物忘れが発生し、タスクの遂行ができなくなる。[図 3.1] によると短期記憶はバッファ構造となっており、覚えておける数に限りがあるとされる。ADHD の障がい者は短期記憶の容量が健常者と比べて少ないことに加えて、多動性と不注意の症状によってタスクを遂行している際に人よりも多くの注意移動が行われることから感覚記憶から短期記憶に多くの情報が入力される。さらに入力された情報などに対して長期記憶の検索が発生し、長期記憶から短期記憶へ多くの情報の入力される。よって覚えておくべきタスクの記憶を保存しているバッファに他の記憶に上書きされリハーサルが失敗することにより、物忘れが発生すると仮説を立てた。この仮説に従いモデル [図 3.4] を作成した。

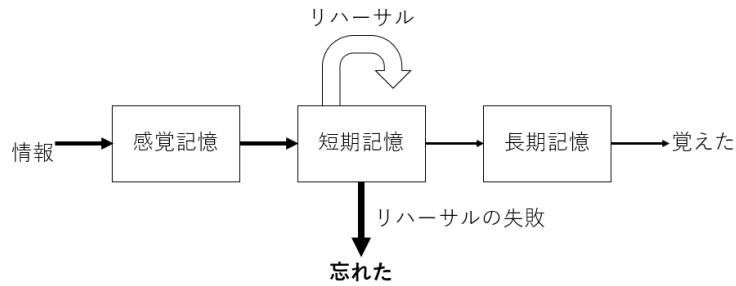


図 3.4: ADHD の物忘れモデル

### 3.2 提案システムの概要

物忘れが発生しやすい原因の1つは短期記憶の能力が低いことや衝動性などの症状からリハーサルの失敗が起きやすいからだと言われている。この仮説に従えば、短期記憶の容量を増やすもしくはリハーサルの手助けを行うことで [図 3.5] のように物忘れの対策をすることが出来る。本研究ではMR デバイスである HoloLens2 [図 3.6] を用いて [図 3.7] のように壁にタスクの文字や写真を表示するシステムを提案する。壁にタスクに関する事柄を表示することで、広告のように注意喚起を促しリハーサルの手助けを行うことに加えて時間にとらわれず物忘れの対策を行うことを目指す。さらに壁を新たなメモリとみなすことで短期記憶の容量を増やすことにより、物忘れの対策を行うものであるといえる。

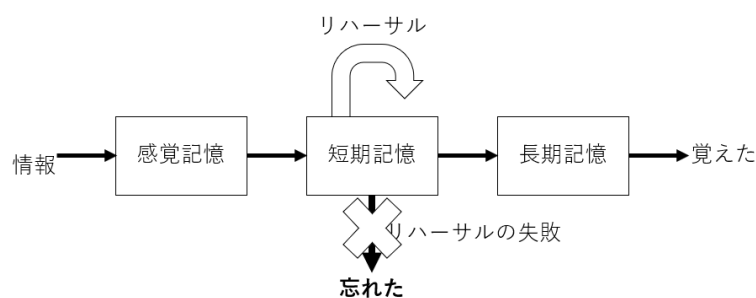


図 3.5: 対策できた場合の物忘れモデル



図 3.6: HoloLens2

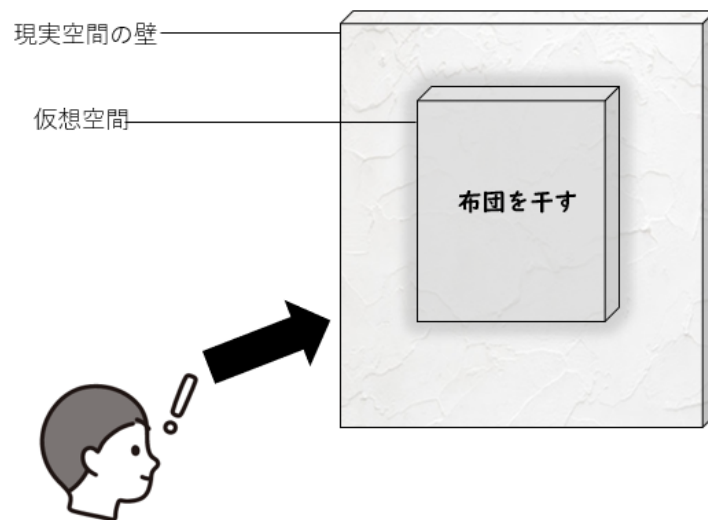


図 3.7: システムのイメージ図

### 3.2.1 MRとは

MRとはMixed Realityの略で日本語では複合現実と呼ばれる技術である。AR(AugmentedReality)やVR(VirtualReality)といったXR(ExtendedReality)の1つ

で、メガネ型ウェアブルデバイスである本体が現実空間を認識し、現実空間と仮想空間を融合することで3Dモデルなどの仮想物体をまるでその場にあるような表示することが出来る。MR デバイスはPC、スマートフォンに続くコンピューティングの波とされている。現実空間でデータを視線やジェスチャーなどで直感的に操作できるため、効率的な情報の共有や画面に縛られない体験を得ることが出来る [34].

### 3.2.2 AR と VR との違い

MRと同じXRであるARやVRとの違いについて説明すると、ARはスマートフォンなどを使用してMRと同じように現実には仮想物体を表示することが出来るが、環境を認識する機能はほとんどないため現実空間と仮想空間を融合し、仮想物体を直感的に操作することはできないといった違いがある。またVRは視界を遮るヘッドマウントディスプレイ (HMD) を使用して仮想空間に仮想物体を表示する。そのため現実空間の要素を基本必要としないといった違いがある [34]。しかし現実空間に仮想物体を表示するARグラスのNreal Air[35]やカメラを内蔵し周囲の情報を取得することが出来るVRゴーグルのMeta Quest 2[36]などが存在するため将来的にはMRの定義は変わっていく可能性がある。

### 3.2.3 HoloLens2とは

HoloLens2とはMicrosoft社が開発した人間工学に基づいたスタンドアローンのメガネ型ウェアブルMRデバイスで、ハンズフリーでアプリケーションの操作をすることによりユーザーの成果を向上させることが出来る [38]。さらに非接続 (コードレス) のMRヘッドセット単体で壁を認識することが出来る空間マッピング機能を持つ。空間マッピングは、HoloLensの周囲の現実世界の表面を詳細に表現する機能である。この機能で現実世界を仮想環境と融合させ、ホログラムなどの仮想物質をリアルに見せることができる。またアプリケーションに現実世界の物理現象を取り入れることができるため、ユーザーが予期しやすい自然な体験や仮想物質に環境に合わせた自然な動きを提供することができる [37]。本研究ではこの空間マッピング機能を利用することで無地の壁を認識し、その壁に忘れてたくないタスクに関する単語や写真を張り付けることで注意喚起を促す。これにより、リハーサルの支援を行うことを通じた物忘れ対策となることが期待される。無地の壁は室内や建物の壁など周りを見渡すと多数存在する。そのため場所が不足するといった問題がないことに加え、無地の壁には元から情報がほとんど存在しない。よって壁に長時間単語や写真を表示しても生活の邪魔することなく注意喚起が可能となるため、時間にとらわれず注意喚起を行うことが出来る。

HoloLens2には4GBのDRAMにHPUと呼ばれる専用のCPUが備わっている [38] ことに加えてOSとしてWindowsがプリインストールされていることからPC

と変わらない動作が可能である。重さは約 550g と現時点では長時間装着するのはやや困難だが、今後の技術革新で軽量化が期待されるため、将来的にはスマートフォンのように 1 人 1 台持ち、MR ゴーグルをかけながら生活することが当たり前になるようになるのではないかと予測している。

### 3.2.4 開発環境

Hololens2 の物忘れ対策システムは下記の環境で開発を行った。

ソフト

- OS: Windows 11
- ソフトウェア: Unity (ver2020.3.30f1)
- SDK: MRTK (ver2.8.2)

ハード

- RAM: 16GB
- プロセッサ: 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H
- GPU: GeForce RTX 3050

Hololens2 のアプリケーションの開発には Unity と MRTK を使用することが推奨されている。MRTK とは Microsoft 主導のプロジェクトで、Unity を使用して MR アプリの開発を行う際に時間を短縮することができるコンポーネントと機能を提供しているオープンソースのクロスプラットフォーム開発キットである [39]。MRTK には開発を支援するパッケージがいくつも存在するが、その中の MixedReality Toolkit Foundation, MixedReality Standard Asset, MixedReality toolkit Tools, MixedReality OpenXR Plugin, MixedReality toolkit Example の導入を行った。また MRTK.HoloLens2.Unity.Tutorials.Assets.GettingStarted.2.5.0.1[40] の導入も行った。

## 3.3 壁認識システムの実装

HoloLens2 の空間マッピング機能を利用して壁認識システムの実装を行った。空間マッピングシステムはカメラで取得した視空間に [図 3.8] のように多数のメッシュを張り付けることで実空間のオブジェクトに当たり判定を持たせている。またこれらのメッシュがシステムにどのような名前で管理されているか確認するために、Cube に当たったオブジェクトの情報を表示するプロジェクトを開発し実行したところ、メッシュには SpatialMesh という名前が付けられており、[図 3.9] のように

数字とアルファベットでそれぞれ名前が付けられていることが判明した。このメッシュが生成された位置座標を取得することで壁の位置を知ることが出来るがアプリケーションで取得することはできなかったことに加えて、生成されたのが壁のためのメッシュなのか判別することはできない。よって前方にオブジェクトを飛ばしてぶつかった相手の情報を調査することで壁の座標を取得する機能を実装した。



図 3.8: SpatialMesh





図 3.9: SpatialMesh name

Cube オブジェクトを飛ばしぶつかったオブジェクトが SpatialMesh を持っているかどうか判断するだけでは壁の発見をすることはできない。なぜなら実空間に置かれている壁以外の物体にも SpatialMesh が貼られるからである。よってぶつかったオブジェクトが文字や画像を張り付けるに十分な広さを持つ壁であるか判断する WallSonar オブジェクト [図 3.10] を開発した。WallSonar オブジェクトは本体であり長方形の Cube オブジェクトと 4 つの子オブジェクトの CornerCube オブジェクトによって構成されており、CornerCube オブジェクトは [図 3.11] のように本体の 4 隅に配置され通常は当たり判定を持たない Istrigeeer 状態となっている。また本体の大きさに合わせて自動で隅に配置される仕様とした。本体が SpatialMesh に触れたとき CornerCube の Istriger を外し、CornerCube オブジェクトも 4 つ同時に SpatialMesh に触れているか判断する。これにより文字や写真を表示できるほど広くない壁や円柱のオブジェクトに WallSonar オブジェクトが触れた場合は CornerCube オブジェクトが全て同時に触れることがないため壁ではないと認識することが出来る。よってすべての CornerCube オブジェクトが SpatialMesh に触れているならば文字や写真を表示するのに十分な壁を発見したと分かる。壁を発見したしたらその場で静止し、他のオブジェクトを阻害しないためにすべてのオブジェクトを Istrigeeer にすることで当たり判定をなくす仕様とした。[図 3.10][図 3.11] では色がついているが実機で実行する際は透明にする。

Unity でオブジェクトを動かす方法はおもに座標を使用する transform とベクトルを使用する MoveTowards, Addforce が存在する。transform.position を変化さ

せて WallSonar オブジェクトを動かした場合、壁の中に埋まってしまう可能性がある。その時表示する文字や画像も壁の中に埋まってしまうことから使用者に見えない可能性があるためベクトルを使用して WallSonar オブジェクトを動かした。MoveTowards は目標座標が必要となるため、オブジェクトが向いている向きに動かすことが出来る Addforce を使用した。

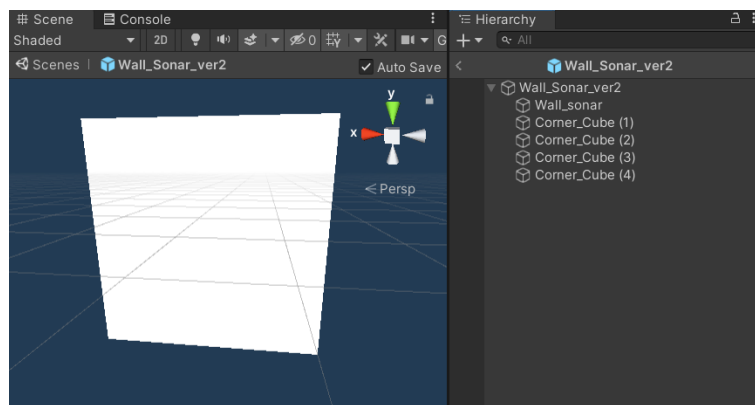


図 3.10: WallSonar オブジェクト

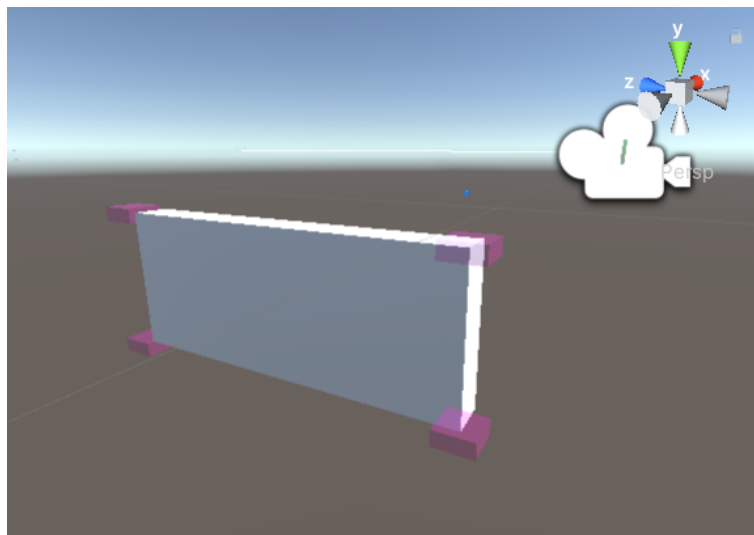


図 3.11: WallSonar オブジェクト実機

WallSonar オブジェクトを一定時間ごとに前方に複数飛ばすことで壁の搜索の効率を上げる仕様とした。しかし WallSonar オブジェクトは SpatialMesh と触れているか毎フレーム探索を行い壁を探すことからシステムに負荷がかかる。さらに長時

間使用すると大量にオブジェクトが生成され、それぞれ毎フレーム壁を探すことから多大な負荷がかかる。よって WallSonar オブジェクトを管理する SonarManeger オブジェクトを開発した。SonarManeger は一定時間ごとに WallSonar オブジェクトを生成し、生成されたオブジェクトをリストで管理する。リストはフレームごとに精査を行い、オブジェクトの位置と生成されてからの時間を調査する。オブジェクトとシステムの使用者の位置が離れすぎた場合もしくは生成されてから長時間経過した場合、壁の探索をあきらめて削除を行うことでシステムの負荷を軽減する。さらに発見した壁の位置はリストで管理を行い、壁の位置同士が近すぎた場合、後から入った情報を削除する機能を実装した。また SonarManeger オブジェクトは MainCamera にアタッチすることで容易に使用者の位置を取得することが出来る。これらの機能から [図 3.12] のように壁を認識して文字を表示することが出来る。Unity には Canvas コンポーネントに表示することが出来る Text の UI が元から備わっているが、今回提案するシステムでは現実空間に合わせた文字表示を行いたいことから三次元的な制御が可能な TextMesh Pro を使用して文字表示を行った。

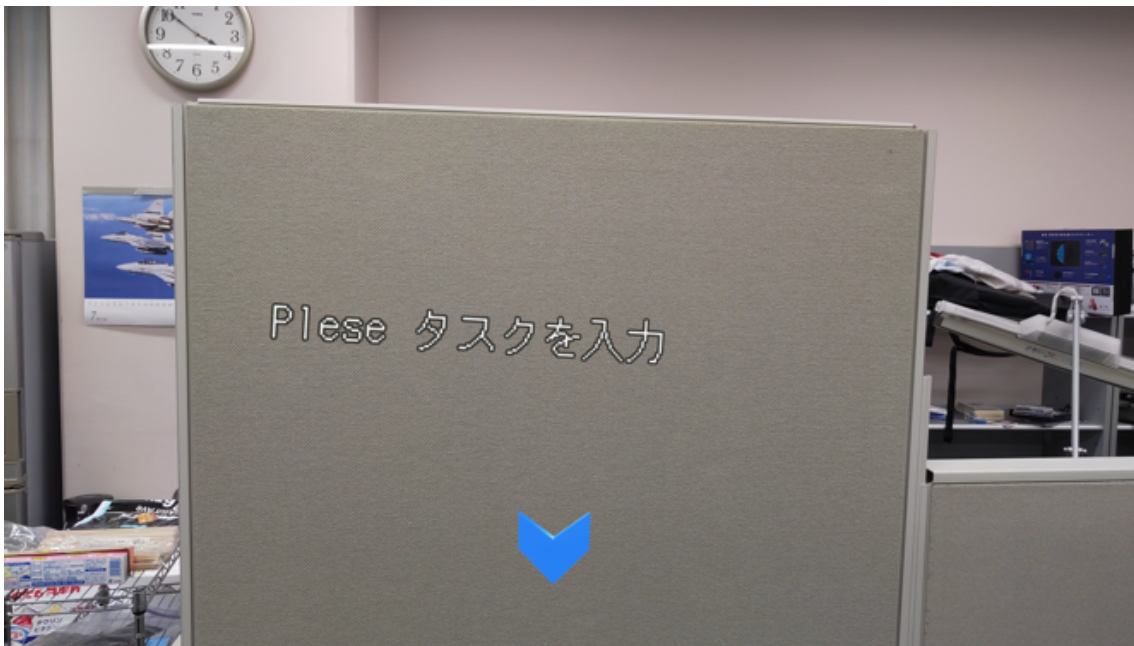


図 3.12: 壁に文字を表示する

### 3.4 タスク管理システムの実装

壁に表示したいタスクを入力する図のような入力フォームの実装を行った。入力には動的メニューとキーボードを使用した。Hololens にはキーボード機器は付属し

てないため [図 3.13] のようなシステムキーボードを使用する。 [41] と MixedReality toolkit Example の HandInteractionExample シーンを参考に文字を入力するための UI の実装を行った。 UI には MRTK に付属されている [図 3.14] のような動的メニューを使用した。 このメニューには使用者を自動で使用者を追尾する機能があるため、特定の動作がしやすく操作ミスが減らすことが出来る。 メニューには以下の項目を設定した。

- キーボードを呼び出す
- 入力したタスクを UI 上に表示する
- 入力したタスクを削除する
- 最寄りの壁にタスクを表示する

システムキーボードに閉じるボタンがついていたため、メニューにキーボードを閉じる項目は設定しなかった。 最寄りの壁にタスクを表示する項目により使用者がどこにタスクが表示されるか知ることが出来る仕様とした。

UI で入力されたタスクはリストで管理され WallSonar で見つけた壁の座標に TextMesh Pro で表示が行われる。 また発見した壁にタスクを張り付ける状態を維持する仕様とした場合、使用者が長距離を移動するとそのタスクの注意喚起ができなくなるといった問題が発生する。 よって一定時間ごとに壁に表示するタスクを変更する機能と一定の距離離れた壁にはタスクを表示しない機能を実装した。 これらの機能により同じ場所にいるかつ周りに文字を表示する壁の数が少なくとも多数のタスクを表示できることに加えて、壁の文字が変化することにより注意喚起が促されることを期待できる。 またタスクが何も入力されていない初期状態では [図 3.12] のようにタスクを入力してほしい旨を文字で表示することにより物忘れ対策システム自体の注意喚起を行うことが出来る。 さらに「タスクを入力してください」という文章を [図 3.12] のように部分の文字を変えた文章を複数用意したことによって同じ壁でも一定時間ごとに表示が変化し注意喚起が促されることを期待できる。

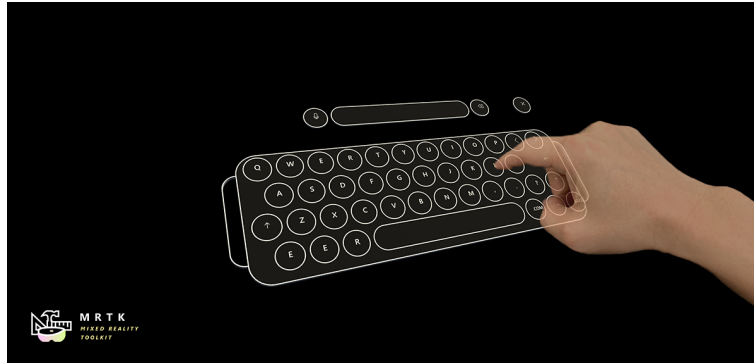


図 3.13: システムキーボード



図 3.14: 動的メニュー

## 第4章 実験・評価

本章では開発した物忘れ対策 MR システムが、既存の物忘れ対策システムと比べてどの程度効果があるかを示すために行った評価実験とその結果を述べる。

### 4.1 実験の概要

#### 4.1.1 実験の目的

実験では被験者にあらかじめ阻害タスクと想起タスクを組み合わせた複数のタスクを与える。複数のタスクのうち阻害タスクに集中させ、従来の物忘れ対策か物忘れ対策 MR システムによる注意喚起を行う。実験は2種類の方法を比較するために2日間行う。これにより想起タスクにどのような影響があるかを比較することで、提案手法の有用性を示す。

#### 4.1.2 実験対象者

ADHD の障がい者は短期記憶のリハーサルが多動性と不注意の症状によって失敗してしまうことにより物忘れが発生するということが本研究の仮説である。しかしながら ADHD の特徴を持つ被験者を一定数集めることは容易ではない。そこで本研究では、被験者に特定のタスクに集中させることでリハーサルの失敗を引き起こし、物忘れしやすい状況を再現することを試みた。これにより、ADHD の症状を持たない被験者が対象であっても、ADHD の物忘れに近い状況を再現することができると考えられる。このことから、今回の実験では13名の ADHD の症状を持たない大学院生を対象に実験を行った。

#### 4.1.3 比較対象

比較対象としてリマイン君 [15] を使用した。従来の物忘れ対策システムは、対策システムそのものを忘れてしまったり常時そのシステムを稼働させておかなければならないことからシステムが使われなくなり対策ができないという課題を持つ。リマイン君は多くの人が使っている LINE に関連したシステムであるため存在を忘れにくく、他のアプリを使用しても LINE 特有の通知により注意喚起が行える。しか

し多くのリマインドを行うと古いリマインドが他のリマインドに埋もれて見逃すことがあったり、1度ポップアップ通知を見てタスクの思い出しができたとしても時間経過によって再度物忘れが発生する場合がある。それに対しMRシステムならばリマイン君同様に壁にタスクを入力してほしい旨を使用者に伝えることでシステムそのものを忘れることを防げるのに加え、PCのように同時に複数のアプリケーションを同じ画面上で実行できることから稼働時はいつでもリマインドが可能である。それに加え複数の壁を認識できれば多数のタスクの注意喚起を同時にできるため時間にとらわれずに使用することが出来る。そのため想起タスクを思い出すためのリマインドという点で従来のシステムよりも注意喚起が期待できる。

#### 4.1.4 関連実験

従来の短期記憶の容量に関する実験としては、百科事典の一節を読ませ計算問題を解かせる。その後読んだ百科事典の一節に関する問題を出すもの [42] や、車や船といったアイコン群を表示し、その中に特定のアイコンが存在するか選ぶもの [43] が存在した。これらの実験は対象者に計算問題や関係のないアイコン群などの障害タスクにより被験者の短期記憶の容量を消費させることで、記憶容量を評価しようとする実験であり、今回の実験のタスクの1つとして適しているように思われる。しかしこれらの実験は早ければ数分で終わる実験である。開発したシステムで対策したい物忘れは「掃除をすることに集中した結果布団を干すというタスクを忘れる」といった日常生活のタスクをサポートするシステムである。そのため従来の実験は物忘れ対策MRシステムの有用性を示すためのタスクとしてはそのままでは適さない。また計算問題を増やすといった方法の場合、被験者によって問題を解く時間が大きく変わると条件を統一することが難しいことが予想される。

#### 4.1.5 障害タスク

関連研究の手法と課題に基づき、被験者に集中を促す障害タスクは「約30分のビデオを見て約30分でレポートを書く」とした。ビデオならば時間が固定されるため統制しやすいことに加えて、レポートを書くというタスクによりビデオに集中させることが期待できる。さらにレポートを書く際に含めなくてはならないキーワードをあらかじめ指定することによって、よりビデオに集中させるデザインとした。ビデオは情報処理推進機構の「映像で知る情報セキュリティ」というHP[44]で公開されている提供映像とした。ADHDの物忘れを再現するためには、ビデオにより多くの情報が含まれていることが重要であり、アニメのようなエンタメ系の動画よりも適しているためである。映像で知る情報セキュリティの動画は複数存在するが、どれも約10分の動画なため3本の動画を組み合わせて実験で使用した。

ビデオはA,Bの2種類を用意し、「1日目にA, 2日目にB」,「1日目にB, 2日目にA」の2パターンでカウンターバランスを取って実験を行った。同じビデオを2度見せる場合、阻害タスクが課題として機能せず2回目の方がタスクを思い出しやすくなる可能性がある。さらに条件によってビデオが固定されている場合、条件の効果を適切に評価することが難しい。そのためビデオを2つ用意し見せる順番を2パターン用意することで条件を均等にした。

これらをふまえた上で動画は以下の6つを使用した。

#### ビデオ A

- デモで知る！スマートフォン乗っ取りの脅威と対策
- その警告メッセージ、信じて大丈夫？ ブラウザの“偽警告”にご用心！
- そのメール本当に信用してもいいんですか？～標的型サイバー攻撃メールの手口と対策～

#### ビデオ B

- 情報を漏らしたのは誰だ？ ～内部不正と情報漏えい対策～
- 妻からのメッセージ ～テレワークのセキュリティ～
- What's BEC? ～ビジネスメール詐欺 手口と対策～【日本語字幕版】

複数存在する動画の中で上記の動画を選んだ理由は、労働者目線であるということと動画の公開日が新しいという点である。大学院生を被験者とすることから将来必要となるであろう情報を含む動画とした。さらに集中力を切らさぬように違った内容となる動画を選択した。レポートを書く際に含めなければならないキーワードはビデオ Aには「標的型サイバー攻撃」,「組織」,「個人」, ビデオ Bには「テレワーク」,「ビジネス」,「プライベート」とした。動画の主軸となるものや動画が伝えたいものに関係するキーワードにすることによって、被験者がレポートの組み立てやすくなり集中しやすくなることが期待される。

レポートはレポート用紙に筆記用具を使用して書いてもらう。レポートの形式は自由にするが短すぎると阻害タスクとならないため、あらかじめ渡したキーワード含めて400文字以上と指示を行った。

### 4.1.6 想起タスク

被験者には覚えておいてもらいたいが、実験の都合上阻害タスクによって忘れることを期待する想起タスクを与えた。1日目と2日目で同じ想起タスクを与える



と1日目にタスクを覚えていた場合、2日目もタスクを覚えている可能性が高くなる。この時、元から覚えていたのかMRシステムによって思い出せたのか判断がつかないため、想起タスクを6つ用意し1日目と2日目で3つずつ与えた。想起タスクは阻害タスクと関連付けしすぎると思い出すきっかけとなる可能性があるため、できるだけ関連のないタスクが望ましい。また普段行わないような特異なタスクの場合でも、その特異性によって思い出す可能性がある。これらのことから想起タスクは普段日常で行うことがあるような自然なタスクを設定する必要がある。よって想起タスクとして以下のタスクを採用した。

#### 想起タスク

- PCを閉じる
- 道具をアルコールで消毒する
- レポートをファイルに入れる
- ペンを筆箱に入れる
- ケーブルを抜く
- マウスの電源を切る

以上の6つのタスクを2日に分けてランダムに与えた。また注意喚起を行うとき3つのタスクのすべてを表示するのではなく2つのみを表示した。2つのタスクを表示することにより関連して3つ目のタスクを思い出すことができれば、記憶の補助としての有用性も示すことができる。

## 4.2 実験方法

### 4.2.1 実験の環境

実験は注意喚起の方法を比較するために2度行うが、連続で行うことによる疲労効果や順序効果を軽減するために2日に分けて行った。2日の間隔は少なくとも24時間以上空けるものとする。場所はMRの注意喚起のために文字が表示されるのに十分な大きくかつ平坦な壁を持つ室内で実施した。

### 4.2.2 実験の流れ

被験者には阻害タスクに関する情報を書面にて説明を行い、想起タスクの指示を口頭で行った後に被験者にMRデバイスを装着してもらった。実験の説明は物忘れの実験ではなく、アイトラッカーを使用した集中力の実験であり、視線の動きとレポートの関係を調べる研究だと伝えた。これにより阻害タスクの集中を促

し、想起タスクに対する物忘れの再現がしやすくなる。MR デバイスは使用者の目に合わせて調整を行う必要がある場合があるため、簡単な表示を行うことで被験者に注意喚起が可能か調査を行った。うまく見ることが出来ないもしくは操作ができない場合は HoloLens2 の設定による視線調整機能を使用して調整を行った。MR デバイスのセットアップが終了したら動画を視聴させた。視聴後レポートを書いてもらい実験は終了だと伝え MR デバイスを回収した。その際に想起タスクを忘れていたかどうか観察した。この流れを2日に分けて2回行った。

### 4.2.3 1日目と2日目の違い

1日目は従来の物忘れ対策システムであるリマイン君 [15] を使用して注意喚起を行った。そのためにスマートフォンを使って時間を表示し傍らに置いておき、リマイン君の表示を見えるようにしておく。2日目も同様に時間制限を設けてスマートフォンを使用して時間表示を行った。しかし注意喚起は MR のシステムを用いて行った。注意喚起のタイミングは動画を見ている時とレポートを書いている時の2回行い、どちらもタイミングを合わせることにした。注意喚起で表示する文字は2つ目以降のタスクすべてを表示するのではなく1つだけ表示し、2回で違うタスクの注意喚起を行った。これによりスマートフォンは同時に複数のアプリケーションを表示できないため時計のアプリケーションによって注意喚起がうまくいかず忘れてしまうことがある。一方同時に複数のアプリケーションを使用できる MR システムならばすべてのタスクを思い出すことができることを期待できる。さらにレポートの注意喚起の際にスマートフォンの場合は動画のタイミングの注意喚起を見逃した場合、レポートの注意喚起によって後から見直すことができなくなる。しかし MR システムならばすべてのタスクが壁に表示されているためすべてのタスクの注意喚起ができることを期待できる。よって実験全体の覚えている想起タスクの数の平均値がスマートフォンよりも MR デバイスの方が多くなると期待する。

### 4.2.4 実験同意書とアンケート

2日目の実験終了後、実験の本来の目的を説明し実験同意書に記入してもらった。実験同意書にはこの実験が物忘れ対策システムの評価であることやレポートを書いた後の行動もデータとして収集する点を説明した。また実験についてアンケートを実施する。アンケートでは以下の項目について回答してもらった。

- MR デバイスを使用した感想
- なぜタスクを覚えていたのか

なぜタスクを覚えていたのかはタスクを覚えていた場合のみ回答してもらう。これらのアンケートから MR デバイスの今後の課題とスマートフォンとの差別化について検討する。

## 4.3 実験用システム

### 4.3.1 実験用システムの概要

今回の実験ではリマインドの点で従来のシステムと開発した MR システムを比較するための実験であるため、開発したシステムをそのまま使用することはできない。なぜなら想起タスクを被験者に MR システム機能を使用して入力を行った場合、特異なタスクとして関連付けられてしまい阻害タスクによって物忘れの再現ができなくなるからである。したがってあらかじめ入力を行い、特定の時間になると表示される仕様とした。これらの仕様や阻害タスクを邪魔しないようにするためにシステムの調整と機能の実装を行った。また被験者が実験を行う前に開発した物忘れ対策 MR システムはあらかじめ作動させておく。



図 4.1: 実験の様子

### 4.3.2 調整

障害タスクのレポートを書く際に邪魔になると考えたため、手に表示されるハンドメッシュとハンドレイと壁のメッシュを非表示とした。また壁にあらかじめ Test という単語を表示させ、この文字が見えているか被験者に確認させる。これにより想起タスクに関する文字を表示したときに見えるかどうか判断することが出来る。この文字は障害タスク実施中は SetActive(false) とし透明にする。

### 4.3.3 視線表示システム

また被験者がビデオに集中していることを確認するために視線表示システムの実装を行った。公式リファレンス [45] や Example [46] を参照にしても実装することが出来なかったため、Eye Tracking で視線の位置を取得する [47] を参考に MRTK のバージョンを 2.7.3 に下げることで実装した。

この機能を利用して壁の文字を見るとカウントを増やす機能を実装した。これにより文字を何度見たか分かるため、2 日目に想起タスクを思い出せなかった場合、注意喚起ができなかったのか効果がなかったのか判別することが出来る。さらに PC の動画を見ていた時間を計測する機能を実装した。手による対話式操作により移動と大きさの変化可能な Cube オブジェクトを用意し、実験が始まる前に PC の画面にかぶせるように配置する。実験中は透明にし、視線がこの Cube オブジェクトに向っている時間を計測することで動画の視聴時間を計測し、動画に集中していたか判別することが出来る。壁の文字を見た回数は注意喚起として表示した文字に置き換えることで表示し、動画視聴時間は Cube 上に表示する。

### 4.3.4 実験用メニューの実装

あらかじめ表示させてある動画の視聴時間を調査するための Cube オブジェクトの透明化や実験開始のタイミングをシステムに知らせるために [図 4.1] の右側にある被験者用メニューと動画時間の表示や想起タスクの文字を見た回数など被験者に見せるべきではない情報を表示するための管理者用メニューの実装を行った。メニューにはタスク管理と同じ動的メニューを使用し、以下の機能を実装した。

被験者用メニュー

- スタートボタン
- 動画視聴時間を計測する Cube を透明化するボタン
- 管理者用ボタンを呼び寄せるボタン

管理者用メニュー

- 動画視聴時間を表示するボタン
- 想起タスクの文字を見た回数を表示するボタン
- 1日目と2日目のモードを変えるボタン

これらの機能は1つのメニューにまとめておくことも考えたが、MRデバイスの操作に慣れてない被験者が誤って管理者用の機能を実行する可能性があるため2つのメニューを用意した。また管理者用メニューは被験者に操作されないように実験前にあらかじめ被験者に見えない位置に置くこととした。

本研究の実験では被験者が実験を行う前に開発した物忘れ対策MRシステムはあらかじめ作動させておくため、文字表示を行う注意喚起のタイミングを別日のリマイン君の時間と合わせるには何らかのフラグが必要である。よって被験者メニューには実験の開始のフラグを立てるスタートボタンを実装した。被験者がスタートボタンを押すとタイマーがスタートし、注意喚起のタイミングを合わせることが出来る。視線による動画の視聴時間や文字を見た回数を数えるカウント機能も実験準備段階の視線でカウントされないように、スタートボタンが押されなければ計測しない仕様とした。動画視聴時間を計測するCubeを透明化する機能はもう一度押しても色が戻らない非可逆性を持たせたため、被験者が誤って押しても問題ない。よって管理者用メニューに加えた。

管理者用メニューは被験者に操作されないように実験前にあらかじめ被験者に見えない位置に置くが、なくす可能性も考えられる。よって管理者用メニューを手元に呼び寄せるボタンを実装した。しかしこのボタンを被験者が誤って押すケースも考えられる。よってメニューは2×4の動的メニューを採用し、スタートボタンとCubeの透明化ボタンを左上、管理者用メニューを手元に呼び寄せるボタンを右下に設定することで被験者が誤って押すことを防ぐ仕様とした。

#### 4.3.5 ソルバーの実装

被験者がメニューや確認用の文字を見つけやすいようにDirectional Indicator ソルバーの実装を行った。ソルバーとは特定のオブジェクトが使用者からみてどの位置にあるのか計算するアルゴリズムが内蔵されたコンポーネント [48] で MRTK.HoloLens2.Unity.Tutorials.Assets.GettingStarted.2.5.0.1.unitypackage には [図 4.2] のようなオブジェクトの方向にユーザーを誘導するために使用できる Directional Indicator ソルバーが存在する。これにより対象のオブジェクトがどこにあるか分からなかったり、視界の外にあったとしても矢印によってどの方向にあるか知ることが出来ることに加えて使用者の頭の角度や高度に合わせて伸縮する機能を持つ。さらに自動でリストにあるオブジェクトに Directional Indicator ソルバーをアタッチする ChevronManager の開発を行った。ChevronManager にメニューと実験前にあらかじめ用意する Test の文字をあらかじめ渡しておくことで Directional Indicator ソルバーアタッチされ、被験者が実験準備の操作を容易にする仕様とした。

しかし Directional Indicator ソルバーはアタッチされたオブジェクトが SetActive(false) となり見えなくなっても矢印を表示し続けることから、阻害タスク中に Test の文字に対する矢印が表示され実験の邪魔になる。そこでアタッチされたオブジェクトの子オブジェクトにすることにより親オブジェクトが SetActive(false) となると Directional Indicator ソルバーも表示されなくなる仕様を実装した。しかし Scale の変更を行う親オブジェクトの場合 Directional Indicator ソルバーの表示ができなかった。これは親オブジェクトは Global Scale で表示されているのに対し、子オブジェクトは親オブジェクトに依存した Local Scale で表示されているためである。Global Scale を Local Scale に変換する方法は存在するが Directional Indicator ソルバーの自動伸縮は Global Scale 上で行われることを想定されているため変換することはできなかった。よってソルバーをアタッチされたオブジェクトと Directional Indicator ソルバーを同一階層に存在させ ChevronManager に毎フレームアタッチされたオブジェクトの SetActive を調査し、SetActive(false) なら対応した Directional Indicator ソルバーも SetActive(false) とする Observer デザインとした。

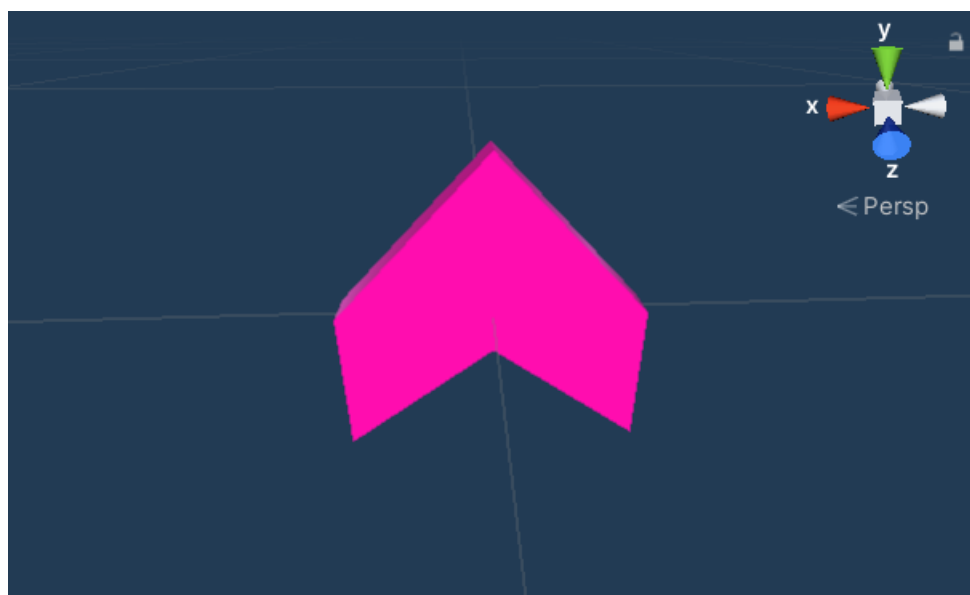


図 4.2: Directional Indicator ソルバー

## 4.4 予備実験

ビデオの視聴とビデオに関するレポートを書くというタスクが阻害タスクとして適しているか調査するために予備実験を行った。予備実験では大学院生 2 人を対象とし、1 人には A の阻害タスクと PC を閉じる、道具をアルコールで消毒す

る、レポートをファイルに入れるの想起タスクを与え、もう1人にはBの阻害タスクとペンを筆箱に入れる、ケーブルを抜く、マウスの電源を切るの想起タスクを与え実験の流れを一通り実施した。この予備実験は阻害タスクが想起タスクに与える影響を調査する実験のため、どちらの被験者にもMRデバイスシステムもしくはリマイン君での注意喚起、HoloLens2の装着は行わなかった。予備実験の結果どちらの被験者も想起タスクを全て実行できなかった。これによりビデオの視聴とビデオに関するレポートを書くというタスクが阻害タスクとして適していると分かった。

## 4.5 実験結果・評価

大学院生13名を対象にMRシステムの有効性を示すための実験を行い以下のよ  
うな結果を得た。

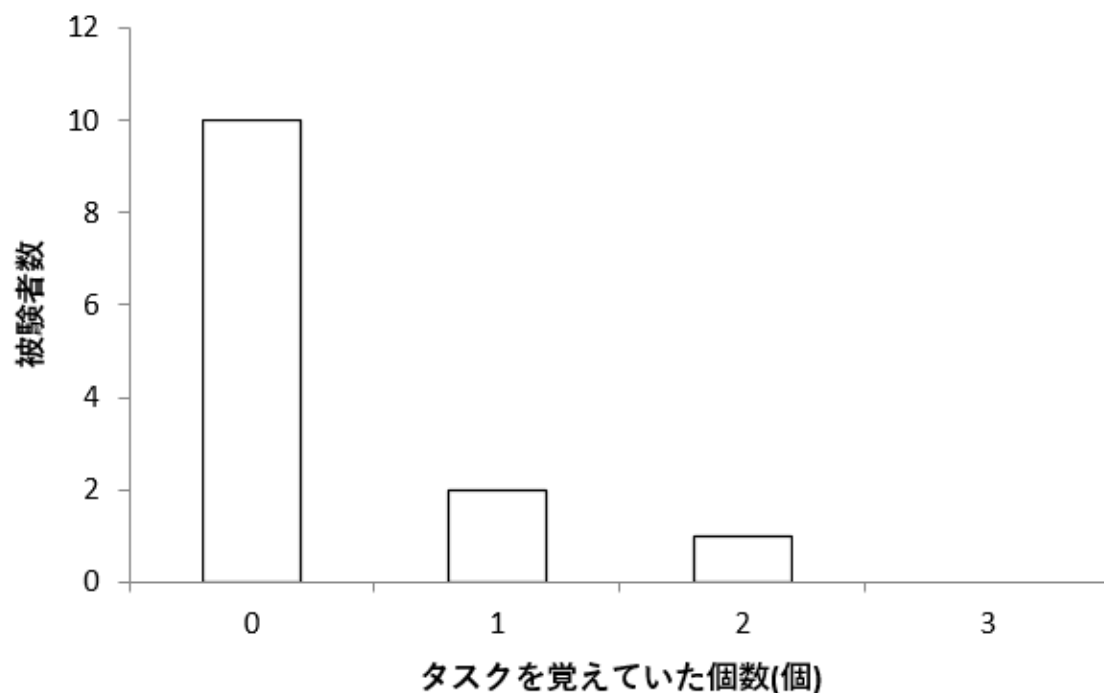


図 4.3: 1日目の想起タスクを思い出した被験者数

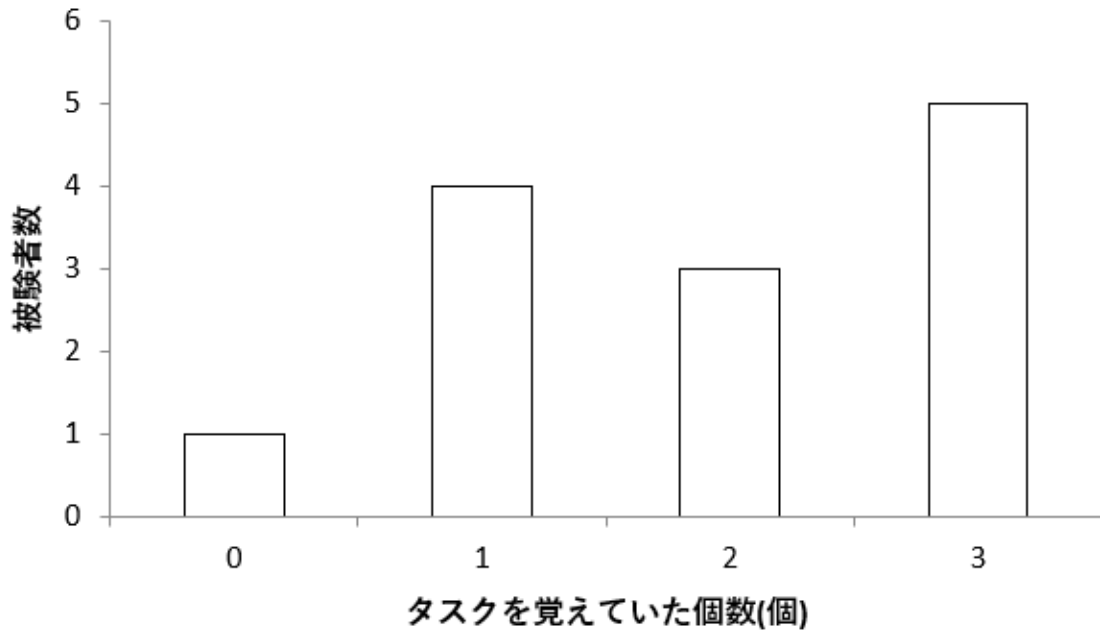


図 4.4: 2日目の想起タスクを思い出した被験者数

表 4.1: 思い出した想起タスクに関する結果

	リマイン君	提案システム
思い出した想起タスクの平均個数 (個)	0.30	1.92
標準偏差	0.63	1.00

表 4.2: 阻害タスクの集中に関する結果

	1日目	2日目
平均動画視聴時間 (秒)	1774	1604
標準偏差	370	116

[表 4.1][表 4.2] に対して t 検定を行ったところ以下のような結果が得られた。

	表 4.1	表 4.2
t 値	-5.20	1.40
p 値	0.00011	0.09
自由度	12	12

表 4.3: t 検定



思い出した想起タスクの個数の平均に差はないと帰無仮説を設定したt検定の結果、1日目と2日目の想起タスクを思い出した母平均の差が有意であった。p値は0.01であり、1%水準で有意差があることが示された。この結果よりリマイン君よりMRシステムの方がリマインドという点で有用であることを示すことが出来た。

さらに阻害タスクの動画平均視聴時間に差はないと帰無仮説を設定したt検定の結果、1日目と2日目に母平均に有意な差はみられなかった。このことから阻害タスクの際に動画に集中しなかったことにより想起タスクを覚えていた可能性は低いといえる。またMRシステムで表示された想起タスクの文字は必ず1回以上見られていた。これにより壁に文字を表示することで注意喚起が可能であるといえる。さらに2日目に想起タスクを覚えていた被験者になぜ覚えていたか聞くと以下のような結果が得られた。

表 4.4: タスクを覚えていた理由

	1日目	2日目
MRシステムのおかげで思い出すことが出来た	0	3
そもそも言われたことを覚えていなかった	0	3
元から覚えていた	3	7

タスクを覚えてた理由を元から覚えていたと答えてかつ1日目と2日目の想起タスクを1つ以上覚えている被験者は1人しか存在しなかった。よって本人が自覚しなくとも文字による注意喚起によって想起が行われたと考えられる。

またHoloLens2の使用感に関するアンケートの結果以下のような結果が得られた。

表 4.5: HoloLens2の使用感に関するアンケート

	感じた	感じなかった
違和感を	5	8
目や首に疲れを	4	9

違和感や目や首に疲れを感じる被験者が存在したが、実験中止を訴える者は1人もいなかった。よってHoloLens2の負荷によって阻害タスクの遂行や想起タスクの思い出しに支障は少なかったと考えられる。

# 第5章 おわりに

## 5.1 まとめ

本研究では ADHD の障がい者が健常者と比べて物忘れが発生しやすいという課題に着目し、この課題をスムーズに解決する MR システムの提案を行った。この目的達成のために (1) 物忘れのモデル化を行い、なぜ ADHD の障がい者は健常者と比べて物忘れが発生しやすいのか仮説を立て、(2) 作成したモデルに基づいて物忘れ解決支援 MR システムの開発を行い、(3) 開発した支援システムの有用性を示す実験を行った。

(1) の目的達成のために人間が情報を取得した際に脳内でどのような処理がされて情報を記憶したという状態になるのかなどの記憶についての関連研究の調査を行った。その結果 ADHD の障がい者は健常者と比べてワーキングメモリの能力が低いことに加えて多動性、衝動性の症状により記憶保持のためのリハーサルが失敗しやすい傾向にあるため物忘れが発生すると仮説を立て、物忘れモデル [図 3.4] を作成した。

(2) の目的達成のために、メガネ型ウェアブル MR デバイスである HoloLens2 を使用し、壁にタスクの文字を表示するシステムの提案を行った。(1) で示した仮説に従えば短期記憶の容量を増やすもしくはリハーサルの手助けを行うことで物忘れの対策をすることが出来る。よって壁にタスクの文字ことで短期記憶の容量を増やすとともに注意喚起によるリハーサルの手助けを行うことで物忘れの対策をすることが出来る。HoloLens2 には現実空間の表面を認識する空間マッピング機能があるため、システムが認識した表面にオブジェクトを飛ばすことで壁の検出を行った。

(3) の目的達成のためにリマイン君 [15] と物忘れ対策 MR システムを比較した実験を大学院生 13 名を対象に行った。比較実験では日常的な想起タスク 3 つとそのリハーサルを阻害するタスク 1 つを被験者に与えた。阻害タスクは約 30 分の動画を見た後、動画について訳 30 分でレポートを書くというタスクとした。阻害タスク中に注意喚起を行い、終了後に想起タスクをいくつか思い出せるか観察を行った。この流れを被験者に 2 日に分けて 2 回行い、注意喚起の方法を変えることでシステムの比較を行った。リマイン君と物忘れ対策 MR システムの注意喚起によって想起タスクを思い出した数を比較した結果、リマイン君よりも物忘れ対策 MR システムの方がリマインドという点で有用性があると示すことが出来た。

## 5.2 今後の展望

本研究で提案した物忘れ対策 MR システムや実験にはいくつか問題があるためその部分を改善する必要がある。

本研究で提案したシステムでは壁に文字を表示し注意喚起を行う。しかしこのシステムを日常生活で使った場合、一定以上の面積を持つ平面ならばどこにでも文字を表示してしまい、元から情報を持つ壁や壁以外の物体の情報を阻害してしまうため改善が必要である。よって無地の壁を認識する機能が必要である。HoloLens2 が持つカメラ機能と画像認識を使えば無地の壁を取得できる。システムが壁を探すためのソナーを飛ばした瞬間にソナーを飛ばした前方の写真と現在の位置を取得する。その後ソナーが取得した壁の位置座標と写真を撮った場所の座標からベクトルを生成することで取得した壁が写真のどこにあるか知ることが出来る。その周辺をトリミングし二値化や色の違いを検出することで無地の壁を判別することが出来る。もしくは手順を逆にする方法も考えられる。写真から無地の壁を認識し、写真の中心から無地の壁へのベクトルを生成する。生成したベクトルを使用してソナーを飛ばし、壁であるかどうかを調査することでも無地の壁を取得することが出来る。この機能を実装することで元から情報を持つ壁や壁以外の物体の情報を阻害せずに注意喚起を行うことが出来る。

さらに提案したシステムに実装した WallSonar オブジェクトにも改善が必要である。WallSonar オブジェクトは本体である長方形の Cube オブジェクトと本体の 4 隅に配置される CornerCube オブジェクトで構成されている。今回のシステムでは一定の大きさの WallSonar オブジェクトを使用して壁の検索を行っていたが、入力されたタスクのうち最長の文章に合わせて大きさを調整すればより効率的な壁の検索が可能となる。しかし長文を入力するとそれに合わせて WallSonar オブジェクトも大きくなり、表示する壁を見つけられなくなる場合がある。そうなった時、その長文のタスクだけではなく他のタスクも表示されなくなるためシステムの運用が成り立たなくなる。よって入力する文字数に制限を設けるもしくは文章の中から特異なキーワードを抜き出し表示することで、使用者にキーワードから誘導を行い文章全体を思い出させる機能を実装するべきである。

また本研究の実験では比較対象としてリマイン君 [15] を利用し、リマインドという点で提案した MR システムの方が有用であると示した。しかしながら、想起タスクを入力する部分については評価を行っていない。そのため、入力も含めた実験を行いたい。しかしリマイン君を普段から使用していない被験者を対象とした場合、実験の前に導入を行いセットする必要がある。このタスクを行うとリマイン君が研究に関連付けられてしまい、特異なタスクとして想起タスクを思い出させる要因になる。そのため実験を行う前から被験者にリマイン君の導入を行わせ、生活に活用し十分に時間がたってから実験を行うことで調整を行いたい。

それに加えて実験で HoloLens2 に対するアンケートを行ったところ重さによって首に違和感を持つ被験者が存在した。HoloLens2 の重さは約 550g あるため日常

生活で提案したシステムを使用することを想定すると、デバイスの重さの負荷によって体に支障をきたすため使わなくなるといったケースも考えられる。よって軽量の AR グラスや他の MR デバイスなど XR 業界全体に注目し提案したシステムと同じことが他のデバイスでも可能か調査を続ける必要がある。また HoloLens2 も今後の技術革新で軽量化が期待されるため、調査を続ける必要がある。

# 对外発表

埜田，太田，谷，長谷川，”ADHD の学生への注意喚起を促す MR システム”：  
教育システム情報学会北信越地区学生研究発表会 (2023 in press).

## 参考文献

- [1] 国連広報センター.2030 アジェンダ:<https://www.unic.or.jp/activities/economic-social-development/sustainable-development/2030agenda/>
- [2] 外務省. ”SDGs とは?” <https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html>(参照 2023-1-5)
- [3] 四谷学院 発達支援:<https://yotsuyagakuin-ryoiku.com/blogs/sdgs55lesson1st/>:(参照 2023-1-5)
- [4] 療育（発達支援）とは:<https://junior.litalico.jp/about/hattatsu/nursing/>:(参照 2023-1-5)
- [5] 荒木田美香子, 藤田千春, and 竹中香名子. ”発達障害に対する成人の認知および情報源に関する現状.” 日本公衆衛生雑誌 66.8 (2019): 417-425.
- [6] 飯田順三. ”発達障害を理解する-その実際と最新の研究.” 日本創傷・オストミー・失禁管理学会誌 23.4 (2020): 370-377.
- [7] 金澤潤一郎, and 平成. ”成人期の ADHD 患者に対する補償方略の獲得をターゲットとした心理療法の検討.” 北海道医療大学大学院心理科学研究科 (未公開). 北海道: 北海道医療大学 (2013).
- [8] Riccio, Cynthia A., et al. ”Attention deficit hyperactivity disorder: Manifestation in adulthood.” Archives of Clinical Neuropsychology 20.2 (2005): 249-269.
- [9] 日本学生支援機構, <https://www.jasso.go.jp/index.html>(参照 2022-12-08)
- [10] Boyle, Coleen A., et al. ”Trends in the prevalence of developmental disabilities in US children, 1997–2008.” Pediatrics 127.6 (2011): 1034-1042.
- [11] 山本 峻丸. ”「気付き」を誘起する忘れ物防止支援システム”.(2014)
- [12] 石ザキ優子. ”子どもの心身症・不登校・集団不適應と背景にある発達障害特性.” 心身医学 57.1 (2017): 39-43.

- [13] 丹治和世. "成人発達障害のコミュニケーション障害." 神経心理学 37.2 (2021): 88-97.
- [14] 松田滉平, and 中村聡史. "ビジュアルイメージを用いた記憶トリガ管理システムの提案." 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) 2017.15 (2017): 1-8.
- [15] リマイン君: <https://reminekun.com/>(参照 2022-12-08)
- [16] モバイル社会白書 2022年版:<https://www.moba-ken.jp/whitepaper/wp22.html>(参照 2022-12-21)
- [17] Atkinson, Richard C., and Richard M. Shiffrin. "Human memory: A proposed system and its control processes." Psychology of learning and motivation. Vol. 2. Academic Press, 1968. 89-195.
- [18] Atkinson RC, Shiffrin RM: Human memory: a proposed system and its control processes. in The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory (ed by Spence York, 1968; pp 89-195
- [19] 三村将, and 坂村雄. "ワーキングメモリをめぐる最近の動向." リハビリテーション医学 40.5 (2003): 314-322.
- [20] 山口快生. "短期記憶とリハーサル." 心理学評論 19.1 (1976): 14-25.
- [21] 森 敏昭, 漁田 武雄, 猪木 省三."最近の記憶モデルの動向". 心理学評論.1977年 20 卷 2 号 p. 92-109
- [22] 湯澤美紀. "ワーキングメモリと発達障害—支援の可能性を探る—." 心理学評論 54.1 (2011): 76-94.
- [23] Baddeley, Alan D., and Graham Hitch. "Working memory." Psychology of learning and motivation. Vol. 8. Academic press, 1974. 47-89.
- [24] Baddeley, Alan. "The episodic buffer: a new component of working memory?." Trends in cognitive sciences 4.11 (2000): 417-423.
- [25] 荻阪直行. "前頭前野とワーキングメモリ." 高次脳機能研究 (旧 失語症研究) 32.1 (2012): 7-14.
- [26] 荻阪直行編著 (2000). 脳とワーキングメモリ
- [27] 宮崎理恵, et al. "ワーキングメモリの小さい子どもに対する学習支援: 児童 1 人ひとりのワーキングメモリ特性を生かした学習." 学部・附属学校共同研究紀要 43 (2015): 79-85.

- [28] 湯澤正通, et al. "ワーキングメモリ理論と発達障害—環境設定から学習・就業支援へ—" 教育心理学年報 54 (2015): 194-201.
- [29] Tulving, Endel. "Episodic and semantic memory." (1972).
- [30] 小松伸一. "エピソード記憶と意味記憶." 失語症研究 18.3 (1998): 182-188.
- [31] Atkinson, Richard C., and Richard M. Shiffrin. "The control of short-term memory." Scientific american 225.2 (1971): 82-91
- [32] 山口快生. "短期記憶とリハーサル." 心理学評論 19.1 (1976): 14-25.
- [33] Ernest R. Hilgard, Gordon H. Bower(1975), Theories of Learning
- [34] Mixed Reality とは:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>(参照 2022-12-21)
- [35] Nreal Air:<https://www.nreal.jp/>(参照 2022-12-21)
- [36] Meta Quest 2:<https://www.meta.com/jp/quest/products/quest-2/>(参照 2022-12-21)
- [37] 空間 マッピング:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/design/spatial-mapping>:(参照 2023-1-8)
- [38] HoloLens 2:<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens/hardware>:(参照 2023-1-23)
- [39] Mixed Reality ツールキット 2 とは:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05>(参照 2022-12-21)
- [40] TutorialsAssets:<https://github.com/microsoft/MixedRealityLearning/releases>(参照 2022-12-21)
- [41] システム キーボード:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/features/ux-building-blocks/system-keyboard?view=mrtkunity-2022-05>:(参照 2023-1-8)
- [42] 安永正史, and 兵藤宗吉. "テキスト理解妨害状況における主題挿入による理解促進の検討 2." 日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 72 回大会. 公益社団法人 日本心理学会, 2008.
- [43] 阪野史子, and 岡田明. "有意味図形と無意味図形の違いが幼児の記憶方略に及ぼす影響." 人間工学 57.1 (2021): 42-51.



- [44] 映像で知る情報セキュリティ:<https://www.ipa.go.jp/security/keihatsu/videos/>(参照 2022-12-08)
- [45] HoloLens 2 上の視線追跡:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/design/eye-tracking>(参照 2023-1-8)
- [46] 視線追跡の例の概要:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/features/example-scenes/eye-tracking-examples-overview?view=mrtkunity-2022-05>(参照 2023-1-8)
- [47] Eye Tracking で視線の位置を取得する : <https://blog.jbs.co.jp/entry/2022/04/08/150418>(参照 2023-1-8)
- [48] ソルバーの概要:<https://learn.microsoft.com/ja-jp/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/features/ux-building-blocks/solvers/solver?view=mrtkunity-2022-05>(参照 2023-1-8)

# 謝辞

本修士論文の作成，研究にあたり，テーマの決定から研究手法など多くの助言，ご指導をいただきました長谷川忍教授に心から感謝いたします。被験者として快く協力をしてくださった皆様に対しましても，感謝の念を示します。