

# VR空間を用いたオンライン授業受講環境

奥村 笑大<sup>†</sup> 石橋 健<sup>†</sup> 大島 裕明<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 兵庫県立大学 大学院情報科学研究科 〒651-2197 兵庫県神戸市西区学園西町 8-2-1

E-mail: <sup>†</sup>ad22n015@guh.u-hyogo.ac.jp, <sup>††</sup>k.ishibashi@sis.u-hyogo.ac.jp, <sup>†††</sup>tohshima@ai.u-hyogo.ac.jp

**あらまし** 本研究では、オンライン授業の受講環境において、VR空間を用いた受講環境を提案する。オンライン授業の受講環境とはPCやタブレット端末を用いて、生徒が自宅で授業を受講することを想定する。本研究で取り組む問題は、オンライン授業においてデバイスの画面の領域によって作業空間が制限されてしまい、作業の効率が低下している問題である。本研究では、上記の問題に対してVR空間を用いた受講環境を提案する。VR空間を用いることで画面の領域が制限されることがなく、作業効率を向上させることができると考えられる。本研究では、VR空間でオンライン授業の受講を行うことを前提に、VR空間を用いるメリットでもある360度の自由な空間を利用できる点に着目し、VRデバイスを用いたオンライン授業受講環境システムを実装した。その後、ノートPCを用いて授業を受講した場合と比較することで、VRデバイスによる学習効果を検証した。

**キーワード** バーチャルリアリティ, ヘッドマウントディスプレイ, オンライン授業

## 1 はじめに

近年、大学の授業を筆頭にオンライン形式の授業形態が普及している。オンライン授業が一般的に広がったのは新型コロナウイルス流行の影響が大きい[11][9]。新型コロナウイルスの流行が拡大することで対面形式の授業を行うことができず、生徒は自宅で人と接触することなく、授業を受講する必要が出てきた。そのため、多くの学校ではZOOMなどのリアルタイムでライブ配信ができるサービスを用いた同期型授業や、事前に録画された授業を生徒が好きなタイミングで視聴できる非同期型授業を導入したと考えられる。

しかし、多くの生徒や教師がオンライン授業の経験がなく、オンライン授業に適した受講方法を用意できていないのが現状である[13][8][6]。たとえば、オンライン授業では対面授業と異なり、対面でのテストを用いた評価を行うことが困難なため、授業課題を用いた評価が多くなっている[7]。このとき、課題を行うため授業動画や授業資料を閲覧し、なおかつ作業を行う状況が発生する。しかし、一般的な受講に用いられるデバイスであるタブレット端末やノートPCでは画面の領域に限りがあり、何度も画面の切り替えや、大きさの調整を行うことが必要になるため、作業に適した環境になっているとは言えない。その結果、生徒は授業に集中する時間が減少してしまい、学習効果の低下につながっている。

また、上記の問題に対して、授業ごとに適した環境を現実で用意することは生徒の負担が大きくなってしまう。そこで、本研究ではVRデバイスを用いたオンライン授業受講環境を提案する。VRデバイスを用いるメリットとして、VR空間を利用できるため、作業領域がデバイス自体の画面の領域にとらわれないことが挙げられる。そのため、生徒は画面の切り替えや調整を限られた平面の作業領域で行う必要がなくなり、より授業に集中することができるため、学習効果が向上すると考えられ

る。また、VR空間を用いることで画面のサイズや数についても調整が容易であり、現実世界では用意が困難な作業環境の構築が可能であると考えられる。

本研究の目的はVR空間で授業動画と授業資料が存在することに加え、PCを用いた課題が存在することを前提に、従来のノートPCでの受講とVRでの受講において学習効率が向上するか調査することである。

実験は用意された授業について、ノートPCを用いて受講する場合とVR空間を用いて受講する場合について比較を行う。

## 2 関連研究

本研究では、オンライン授業における作業効率が低下するという問題をVR空間を用いることで解決を試みる。本節では、VR空間を用いた関連研究について述べ、VR空間を用いたオンライン授業について述べる。その後、本研究の位置付けについて説明する。

### 2.1 VR空間を用いた研究

VR空間を用いた研究は数多く報告されている。たとえば、Liuらの研究[4]では外科手術の理解を向上させるシステムを開発し、外科手術のトレーニング利用を考えた。画像だけではなく音声や立体感を表示することができ、医療現場における手術の教育としてVRが有望であることを報告している。

また、教育の分野においてもVR空間を用いた研究は多く報告されている[3]。Curcioらの研究[2]ではVRだけではなく、デバイスを通して現実情報に付与する技術であるAR(Augmented Reality)やVRとARの利点を取り入れることで、現実世界に仮想オブジェクトを融合する技術であるMR(Mixed Reality)などを対象とし、教育現場におけるこれらの在り方について研究しており、学生たちのモチベーションや好奇心に影響があることを報告している。

また、教育の具体的な例として VR 空間を用いた第二言語学習について研究が報告されている。Christian らの研究 [5] では Words in Motion と呼ばれる動作を用いた第二言語学習システムを開発し、実際に 57 名の被験者でスペイン語の単語学習を行った。テキストのみで学習した生徒と Words in Motion を用いて学習した生徒では、1 週間後の記憶の保有率において有意差が見られたことが報告されている。

加えて、動作を伴いながら英単語の学習を行うことで、実演効果を誘発する研究が報告されている [10]。実演効果とは、ある言語表現において動作を伴って記憶することで、動作を伴わない場合と比較して記憶成績が向上する効果である。この研究では、たとえば「魔法をかける」のような現実では実演できない意味を持つ単語について、VR 空間で実演できるシステムを構築することで記憶の定着率の比較を行った。

## 2.2 VR 空間を用いたオンライン授業

様々な分野で VR 空間を用いた研究が報告されているが、その中でもオンライン授業についても研究が報告されている。土手らの研究 [14] では、VR 空間を用いた月の満ち欠けを学習する教材を開発し、大学生を対象にオンライン上で複数人の受講を行った。対話的なコミュニケーションを VR 空間上で行うことができ、月の満ち欠けのような空間的な事象を、身振り手振りなどの非言語的なコミュニケーションを可能とする本教材が有用であることが示唆されていた。

また、cluster という VR イベント空間上でアバターを用いたオンライン授業の実施を行った研究が報告されている [15]。この研究では VR 空間上で大きなプロジェクトに講義資料を投影しており、5000 人の被験者がアバターの姿で受講した。現実空間では用意が難しい 5000 人規模の空間を容易に構築することができ、オンラインでありながらアバター同士で会話することで、通常の対面のような授業の体験が得られていた。

上記のように、VR 空間を用いたオンライン授業の研究は報告されているが、動作などを用いた体験を重視した VR 独自の受講システムが多く、一般的なオンライン授業の問題を解決するものは少ない。

## 2.3 本研究の位置づけ

本研究では前提として、オンライン授業における学習効果の向上を考える。オンライン授業において、一般的なデバイスであるノート PC やタブレットで受講する場合に考えられる課題として、デバイスの画面の大きさに限りが存在するため、閲覧する画面が多くなればなるほど画面操作を頻繁に行う必要があることが挙げられる。たとえば、授業動画で資料を流している時は生徒は授業動画と授業資料を同時に閲覧するが、授業動画において課題の説明が始まれば、生徒も授業動画と課題の作業画面を同時に閲覧するだろう。このように限りのある画面では、その都度画面を切り替える必要が出てくる。しかし、VR 空間で受講することで、画面による作業空間の制限が存在しないため受講効率が向上すると考えられる。これは、生徒の授業理解度向上につながり、VR 空間を用いた受講環境が学習効果を向

上させることができると考えられる。

以上より、本研究ではノート PC を用いた授業の受講と、VR デバイスを用いた授業の受講を比較することで、VR 空間を用いた受講システムが生徒に与える影響について調査する。

## 3 画面領域に縛られない受講環境

オンライン授業受講における、ノート PC を用いた場合の問題として、画面の配置場所やサイズがデバイスの画面の大きさにより制限されることが挙げられる。図 1 は一般的なオンライン授業で存在する画面の例を提示している。これを一度にノート PC に表示させた例が図 2 であり、授業動画と授業資料、課題画面が存在することで画面が窮屈であることが分かる。このように、一度に表示することは可能であるが、それぞれの画面の占有率が小さくなってしまいうため、画面を複数表示させない場合と比較するとより作業効率が低下する。しかし、授業動画と授業資料のみのように、無理のない画面の数だけを表示する場合は、生徒は授業においてその時に適した画面を配置することやサイズを調整する必要が幾度とあり、多くの作業が必要になるため、作業効率は低下する。このような問題を解決するため、デバイスの画面領域に縛られない受講環境が必要となる。

### 3.1 画面領域の拡張

デバイスの画面領域に縛られない受講環境を構築するためにはいくつかの方法が存在する。たとえば、ipad のようなタブレット端末を授業の受講に用いることで画面の拡張を行うことができる。タブレット端末を授業に用いることで、授業の質を向上させる研究は既に存在している [12]。タブレット端末の単体でコンテンツの制作ができる点や、機能が急激に拡大している点を考慮することで、タブレット端末の活用方法について報告している。

また、モニターを用意することでノート PC の画面の拡張を行うことも可能である。モニターを用いることで画面の領域が広くなり、複数の画面に対して対応することができる。しかし、タブレット端末の利用やモニターを利用することは画面の領域を拡張することはできるが、制限があることに変わりはない。

### 3.2 理想の受講環境

本研究では、デバイスの画面に作業空間が制限されないシステムを提案する。以下に提案するシステムの概要を示す。

- 複数の画面を自由に配置できる。
- 画面の切り替えが必要ない。
- キーボードやマウスのように優れた入力デバイスを使用できる。
- システムの使用場所が限られていない。

現在のオンライン授業の問題は、複数の画面を閲覧する機会が多いにもかかわらず、作業空間に制限が存在することで、作業効率が低下してしまうことである。その結果、授業の学習効果も低下してしまう。そのため、本研究で提案する理想の受講環境では、作業空間が制限されないことを前提とする。つまり、オンライン授業を受講する生徒が、デバイスの制限された



図1 オンライン授業で存在する画面の例

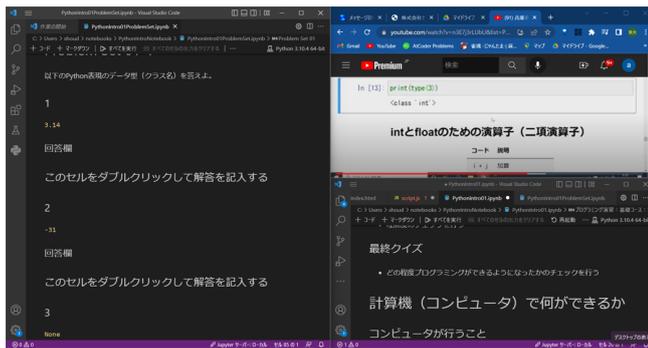


図2 ノート PC 上で三つの資料を同時に表示させた場合

画面の中で、授業の受講環境を構築するのではなく、平面の画面領域に縛られない空間で授業の受講環境を構築することができるシステムである。

作業空間では複数の画面を閲覧することができ、操作によって、閲覧する画面を切り替える必要がないことが重要である。既存の受講環境では、画面を切り替える必要が多いことが作業効率の低下につながっている。提案する受講環境では、画面を切り替える必要がなく、常に作業空間に全ての画面を設置できる必要がある。

また、作業空間の中で文字の入力や、画面の選択が複雑でないことも重要である。既存の受講環境である、ノート PC を用いた受講において使用されている、キーボードやマウスのような優れた入力デバイスを同様に使用できることが必要である。

加えて、オンライン授業では、自宅のように受講場所が自由であることが多い。そのため、対面授業と同様に実際に行かなければ、受講することができないようなシステムではなく、どこでも受講することができるシステムである必要がある。

本研究では、以上のような環境を再現するため、VR 空間を用いた受講環境を構築する。

## 4 VR 空間を用いた受講システム

図3は授業動画と授業資料、作業画面を一度にVR空間に表示させた例である。上記で示した図2のような、ノート PC を用いた例と比較すると空間に余裕が存在することが分かる。このように、VRでは360度自由に使用できる仮想空間が存在し、

画面の配置やサイズの調整がデバイスの画面の大きさに縛られないため、作業効率が向上すると考えられる。本節ではこの仮説のもと、オンライン授業受講におけるVRシステムの実装について述べる。

### 4.1 研究で用いる機器

本研究で用いるVRデバイスとして、スタンドアロン型であるMeta社のMeta Quest Proを用いる。コントローラは付属のコントローラを使用する。またキーボードはLogicool社のMX Keysを使用する。

### 4.2 開発環境

VR空間上に受講システムを開発するためのソフトウェアとして、ゲームエンジンであるUnity(2021.3.16f1)を使用した。また、Meta Quest Proの制御のためアセットとしてOculusIntegrationを使用した。

### 4.3 受講システム

実験で用いるシステムとして、VR空間で授業動画、授業資料、作業画面を用意し、それらの画面について位置や大きさを自由に操作できるシステムの実装を行った。システム内で被験者が行うことができる操作は以下である。

- 画面の場所、角度を自由に変更が可能。
- 画面左上の仮想ボタンによって位置の固定が可能。
- 画面について拡大、縮小が可能。
- 作業画面に、物理キーボードを用いた文字の入力が可能。
- 現実を透過することができるウィンドウを配置可能。

授業受講時は図4のように画面が表示されている。VR空間の中に、授業動画、授業資料、作業画面の三画面が存在していることが確認できる。また、操作は右のコントローラとキーボードを用いて行う。被験者は、コントローラでスライドの閲覧や用意された操作を行い、文字の入力はキーボードを用いて行うことができる。加えて、現実空間での頭の動きがVR空間に反映されるものとするため、図5のように被験者はVRデバイスを装着した状態で着席したまま受講を行うことになる。そのため、既存の受講方法と同じような状態で授業を受講することができる。ここから、実装したシステムの内容について、それぞれ説明を行う。

画面の操作は、VR空間内で被験者が自由に受講環境を構築できるように実装した。コントローラを画面の方向に向け、コントローラのボタンを押すことや、スティックを操作することで手前や奥に画面を操作することができるようにしている。また、画面をつかみそのまま角度や位置を左右に変更することが可能になっている。そのため、被験者はたとえば、画面を自身の左右方向に配置することなどができ、画面の配置を最適化することができる。

画面の操作はコントローラを画面の方向に向けることで行うが、意図せず誤った画面を操作してしまうことも考えられる。このような誤操作を防止するため、画面を固定する仮想ボタンを配置した。画面左上に存在するボタンが緑色のときは自由に操作ができ、赤色のときは、その場から動かないように停止さ

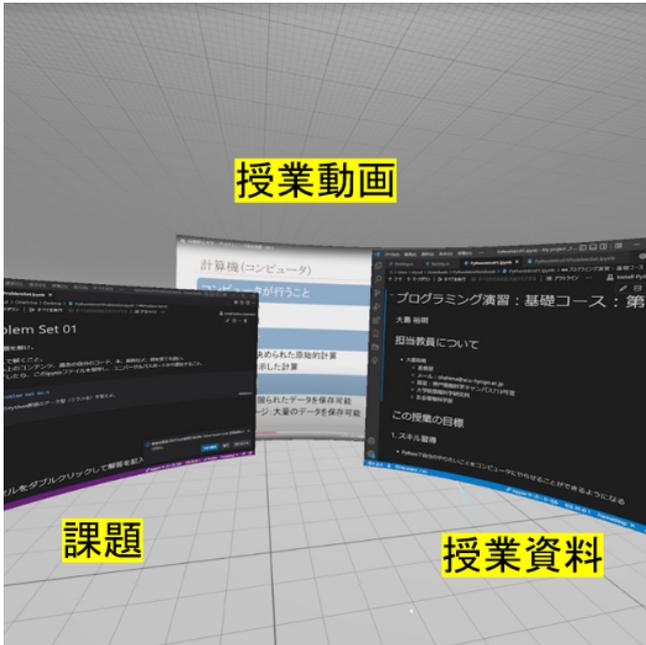


図 3 VR 空間で三つの資料を同時に表示させた場合

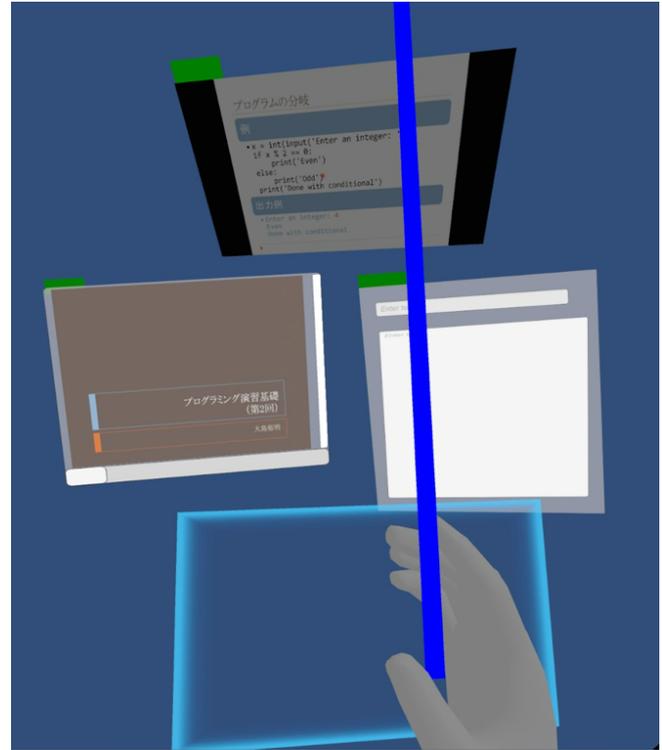


図 4 システム内の画面表示

せることが可能になっている。図 6 は画面を停止した様子であり、画面左上の仮想ボタンが赤色になっていることが分かる。これにより、被験者は操作したくない画面を固定することが可能であり、誤操作による無駄な操作が減少するようにした。

画面の大きさの変更は、被験者が最も受講しやすい環境を構築するために実装した。受講システムの初期状態では、それぞれの画面の大きさは一定の大きさに配置している。しかし、被験者によってはそれぞれの画面を拡大したい場合や、反対に縮小したい場合があると考えられる。たとえば、図 7 では授業動画を拡大し、手前に授業資料と作業画面を表示している。このように、画面の拡大と縮小を実装することで、被験者の自由な環境構築に対応できるようにしている。

システム内では仮想キーボードを用いて入力を行わず、現実の物理キーボードを用いて文字の入力を可能としている。これは、ノート PC を用いた授業の受講と比較する際に、被験者が慣れ親しんだ物理キーボードではない入力のため、VR を用いたシステムが使いづらいという評価になることを防ぐことを目的としている。また、システムの体験中は VR デバイスを頭に装着しているため手元のキーボードは視認できない。これは、被験者のタイピングの練度により、受講の難易度が異なってしまう原因となる。そのため、現実を透過するパススルーウィンドウを配置できるようにした。パススルーウィンドウは図 5 で確認することができる、青い枠のウィンドウである。被験者は、現実のキーボードの位置にウィンドウを配置することで、タッチタイピングができない場合でも、現実と同様にキーボードを操作することができるようになっている。

以上のようなシステムを実装することで、作業空間が平面の画面に制限されない、VR 空間を用いたオンライン授業の受講を可能にした。



図 5 VR を用いた受講時の様子

## 5 実験

本研究で提案したシステムについて、作業効率の向上による学習効果の検証を目的に、兵庫県立大学に所属する学生 4 名を被験者として実験を行った。

### 5.1 実験条件

実験条件を以下のようにした。

- ノート PC を用いて受講を行う条件
- VR デバイスを用いて受講を行う条件

本研究では、ノート PC を用いて受講する状況を従来の受講環境として扱う。これらの条件について順序効果を考慮して実験を行った。

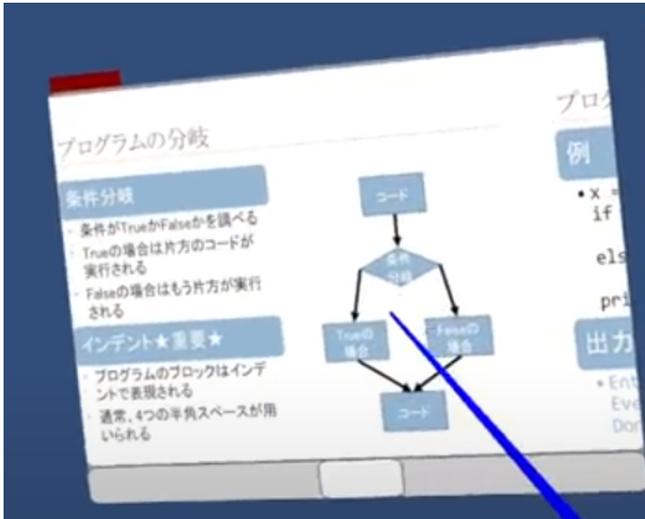


図 6 画面停止時の様子

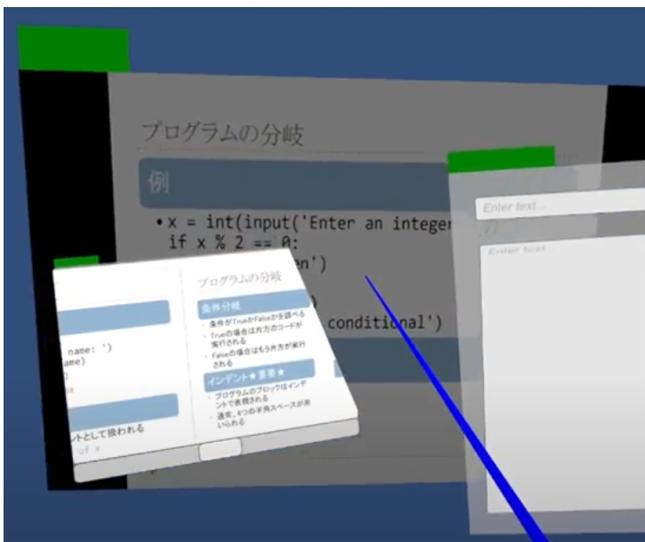


図 7 画面拡大の例

## 5.2 学習内容

学習内容としては、実際に本学で用いられているオンライン授業から難易度や時間を考慮し、10分のもので用意した。授業内容はプログラミング言語であるpythonを用いた演習であり、授業資料と授業動画に加え、作業が可能なメモ帳の機能を用意した。

## 5.3 実験の流れ

実験の流れについて表1に示す。被験者はキャンパスにおいて実験を行うため、実験前に手指の消毒を行い、マスクを着用してもらった。はじめに、被験者にはVRデバイスとノートPCを用いて授業を受講してもらう旨や、実験の流れについて説明を行った。チュートリアルでは共通の授業において先にノートPCを用いる条件で授業を受講してもらい、既存の受講について確認を行ってもらった。次に、VRデバイスを用いる条件で授業を受講してもらい、提案システムについてコントローラーを用いた操作方法や、大まかな実験の流れを確認した。15分の休憩をとってもらった後、被験者は用意されたデバイスの中

表 1 実験の流れ

実験内容	所要時間
実験説明	10分
チュートリアル	15分
休憩	15分
授業受講	10分
直後アンケート	5分
休憩	15分
授業受講	10分
直後アンケート	5分
全体アンケート	10分

表 2 直後アンケート項目

Q1. 授業にはどれだけ集中できたか
Q2. 受講後にどれだけ疲れを感じたか
Q3. 授業の受講に問題がなかったか
Q4. 作業は問題なくできたか
Q5. 授業の内容は難しかったか
Q6. 受講時に忙しさを感じたか
Q7. 作業時間は確保されていたか
自由記入欄

からこちらで指定したものを用いて、授業の受講を行った。1つ目の授業の受講後に、表2に示したアンケートについて5段階で、直後アンケートを回答してもらった。アンケートの回答はGoogle Formを用いて回答してもらった。アンケートの回答後、15分の休憩をとり、デバイスを変更してもう一度授業の受講を行った。2つ目の授業の受講後についても1つ目の授業の受講後と同様に直後アンケートを回答してもらった。実験についてHMDを用いた体験中に体調不良や進行不可能な場合があればVRデバイスを外し、中止してもらった。最後に全体についてのアンケートを回答してもらった。全体アンケートではユーザビリティ調査に関する質問に回答してもらった後、表4についてインタビュー形式で回答してもらった。

## 6 実験結果

本節では、被験者が二つのデバイスによる授業の受講後回答したアンケート結果を分析する。

### 6.1 直後アンケート調査

各質問項目に対する5段階の評価平均を、VRを用いた受講環境について表5に示し、ノートPCを用いた受講環境について表6に示す。

一つ目の項目では、集中力を質問しており、VRの方がスコアが高くなっている。これは、VRデバイスの場合は視界に入る情報が授業に関するものだけであるが、ノートPCの場合は視界に入る情報が授業以外のものが多いためであると考えられる。

二つ目の項目では、疲労度を質問しており、VRの方がスコアが高くなっている。これは、VRを用いて受講する場合はVRデバイスを頭に装着しながら授業を受講する必要があることが要因であると考えられる。

表 3 SUS (アンケート項目)

VR を用いたオンライン授業を受講したいと思った
VR を用いたオンライン授業を受講するには操作が複雑であると感じた
VR での受講システムの利用は容易であると思った
VR での受講システムは一人では使いこなせないと感じる
VR を用いた受講システムは十分に統一感があると感じた
VR を用いた受講システムには一貫性のないところが多々あったと感じた
多くの人はこの受講システムの利用方法をすぐに理解すると思う
この受講システムはとても操作しづらいと感じた
このシステムを利用できる自信がある
このシステムを利用するためには事前に多くの知識が必要であると思う

表 4 インタビュー項目

Q1. システムについて特に良いと感じた点
Q2. システムについて特に悪いと感じた点
Q3. ノート PC と比較して特に違いを感じた点
Q4. 今後 VR を用いた受講をしてみたいと思ったか
Q5. Q4 の理由について

三つ目と四つ目の項目では、受講時の状態を質問しており、ノート PC の方がスコアが大幅に高くなっている。これは、被験者が普段からノート PC を利用していることが最も大きな要因であると考えられる。また、後で述べるユーザビリティ調査の結果にもあるが、VR の操作性が複雑であったことも要因の一つであると考えられる。

五つ目から七つ目までの項目では VR とノート PC において大きな違いは見られなかった。これは授業の難易度の評価がどちらも 1 であることから分かるように、被験者にとって授業内容が容易であったことが原因であると考えられる。そのため忙しさや、作業時間に関してデバイスの違いによる、評価ができなかったと考えられる。

以上の結果から、VR では集中できるといった利点があることが分かった。しかし、疲労度が高くなってしまうことや、普段使用しているノート PC と比較すると操作性が悪い点から、それらのスコアでは VR が劣っていることが分かった。また、授業の難易度が容易であったため、評価項目にあった忙しさや、作業時間の確保についてはデバイスによる格差がほとんどなかった。

## 6.2 ユーザビリティ調査

全体アンケートの中でユーザビリティ調査評価を行うため、SUS (System Usability Scale) を用いた [1]。アンケート内容を表 3 に示す。SUS とは一般的にウェブサイトのユーザビリティ調査に使用されており、5 段階評価の質問を交互に繰り返し、合計 10 問の質問の結果をスコア化し、評価する手法である。SUS のスコアは以下の数式によって導かれる。また、スコアのグレードは、80.3 以上であれば A、68 以上であれば B、68 以下であれば C、51 以上であれば D、51 未満であれば E、のように割り振られる。

$$SUS = 2.5 * \left( \sum_{k=1}^5 (\alpha_{2k-1} - 1) + \sum_{k=1}^5 (5 - \alpha_{2k}) \right) \quad (1)$$

被験者のスコアを算出し平均化した得点は、41 となり、グレードは E となった。これは、操作性に問題があり、見直しが必要であるレベルである。スコアが低下した原因としては二点挙げられる。

一点目は、操作が直感的ではなかった点である。本研究で開発したシステムでは、コントローラを用いて操作を行う。このとき、コントローラのすべてのボタンに役割が存在することで、被験者がノート PC のように操作が直感的にできなかったと考えられる。また、画面の拡大と画面を手前に操作した場合、遠近法の関係上どちらも画面が大きくなっているように見えてしまい、被験者にとってどちらの操作をしたのか分かりにくかったことも要因の一つであると考えられる。これらのことから、直感的な操作が難しかったことが問題であったと考えられる。

二点目は、画面の自由度が高すぎた点である。VR を用いた受講システムでは、できるだけ被験者が好きな配置ができるように、画面の操作に対して、制限を加えることはしていなかった。しかし、後のインタビューの内容にもあるように、自由すぎるため、被験者はどのような環境が優れているか考えて操作することに労力をかける必要があることが分かった。そのため、被験者は自由であることがかえって操作性に関しても制限がある方が優れているように感じたと考えられる。

## 6.3 インタビュー調査

全体アンケートにおいて、最後にインタビュー形式で回答を行ってもらった。一つ目の項目では、システムの利点について回答してもらった。最も感じた利点としては、画面を好きなのに配置できることが挙げられた。被験者の中にはノート PC ではできないような、画面を頭上に配置したという声もあった。

二つ目の項目では、システムの欠点について回答してもらった。最も感じた欠点としては、二つ以上の画面を操作しながら見る機会が少ないことが挙げられた。これは、直後アンケートからも分かる通り、授業内容が容易であったことが影響していると考えられる。また、システム内ではキーボードが閲覧できるように、現実空間が透過できるパススルーウィンドウを配置していたが、画質が悪く、タッチタイピングができないと厳しいという声もあった。

三つ目の項目では、ノート PC との比較について回答してもらった。最も感じた違いとして、操作時に使用するデバイスが違うことによる、操作感が挙げられた。ノート PC では、キー

表 5 直後アンケート結果 (VR)

質問項目	平均得点
Q1.	3
Q2.	3.3
Q3.	2.7
Q4.	2.3
Q5.	1
Q6.	2
Q7.	4.7

表 6 直後アンケート結果 (PC)

質問項目	平均得点
Q1.	2.7
Q2.	2
Q3.	4.3
Q4.	5
Q5.	1
Q6.	1
Q7.	5

ボードとマウスによって操作するが、本システムでは、キーボードとコントローラを用いて操作する必要があった。このときコントローラについて、マウスと異なり、持ち上げる必要があることが、操作感の違いとして大きいことが分かった。

四つ目と五つ目の項目では、実験を通して VR を用いた受講を行いたいか回答してもらった。これは、行いたいという声が多く挙げられた。理由としては、普段と異なる環境を用意できることで集中につなげることができるといったことや、自分好みの環境を制作しやすいといったことがあった。しかし、日常的な使用には向いていないといった声も多かった。これは直後アンケートからも分かるように、疲労度が高いことが原因であると考えられる。

反対に行いたくないといった声の中には、自由過ぎた操作性から画面の配置に苦勞したといったことがあった。これは、ノート PC では配置できる場所が画面の中と制限されていることで配置にそこまで労力がかからないが、VR では自分で配置を考えるため、労力が大きかったことが原因である。そのため、VR での配置例など事前にテンプレートを提示することが必要であると考えられる。

以上のように、被験者は VR システムについて自由な配置が可能であることに大きな利点を感じていることが分かった。しかし、授業の難易度が容易であったためか被験者が十分な効果を実感できていないことも分かった。また、VR デバイスの装着による疲労度の大きさや、ノート PC に比べ操作が複雑であることから、日常的な使用に関しては問題があることが分かった。

## 7 ま と め

本研究では、VR 空間でオンライン授業受講環境システムを構築し、VR 空間を用いた受講が被験者に与える影響について調査を行った。実験は、既存の受講環境と比較するため、ノート PC を用いた授業の受講と、VR デバイスを用いた授業の受講を行ってもらった。その結果として、被験者が VR を用いた受講環境では、360 度好きな位置に画面を配置できる点を最も利点として感じることを確認できた。また、VR デバイスを用いて受講することで、授業に必要な情報のみ視界に入るため、集中しやすいということも分かった。しかし、操作性や疲労度から、既存の受講環境とした、ノート PC より優位性を示すことはできなかった。今後の展望としては、より多くの画面を効率よく閲覧するために必要な操作性や、手法について考慮する必要があると考えられる。

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP21H03775, JP21H03774, JP21H03554 の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

## 文 献

- [1] Aaron Bangor, Philip T Kortum, and James T Miller. An empirical evaluation of the system usability scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 24, No. 6, pp. 574-594, 2008.
- [2] Curcio Igor Danilo Diego, Dipace Anna, and Anita Norlund. Virtual realities and education. *Research on Education and Media*, Vol. 8, No. 2, pp. 60-68, 2016.
- [3] Laura Freina and Michela Ott. A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In *The international scientific conference elearning and software for education*, pp. 10-1007, 2015.
- [4] Yuan Liu. Virtual neurosurgical education for image-guided deep brain stimulation neurosurgery. In *2014 International Conference on Audio, Language and Image Processing*, pp. 623-626, 2014.
- [5] Christian Vázquez, Lei Xia, Takako Aikawa, and Pattie Maes. Words in motion: Kinesthetic language learning in virtual reality. In *2018 IEEE 18th International Conference on advanced learning technologies*, pp. 272-276, 2018.
- [6] 稲葉利江子, 高比良美詠子, 田口真奈, 辻靖彦. コロナ禍のオンライン授業における大学教員の授業効力感に影響する要因の検討. *日本教育工学会論文誌*, Vol. 46, No. 2, pp. 241-253, 2022.
- [7] 岡田佳子. 協働的に月の満ち欠けのしくみを学ぶオンライン型 VR 教材の開発. *日本教育工学会論文誌*, Vol. 45, No. Suppl., pp. 217-220, 2021.
- [8] 加納寛子. コロナ禍における高等教育でのオンライン授業の可能性について「学生のオンライン授業のための通信環境と ICT 機器の所有状況に関する調査より」. *日本科学教育学会年會論文集* 44, pp. 521-524, 2020.
- [9] 間瀬泰尚, 中植正剛, 酒井純. 新型コロナウイルスで見直す大学の授業の在り方: オンライン授業に関する教員アンケート結果から. *国際教育研究センター紀要*, Vol. 6, pp. 19-28, 2021.
- [10] 宮澤要二, 福嶋政期, ハウタサーリアリ, 苗村健. 英単語学習時の実演効果を誘発する VR アプリケーションのデザイン. *研究報告エンタテインメントコンピューティング*, Vol. 2021, No. 12, pp. 1-6, 2021.
- [11] 山内祐平. コロナ禍における大学教育のオンライン化と質保証. *名古屋高等教育研究*, Vol. 21, pp. 5-25, 2021.
- [12] 森博, 田近一郎, 杉江晶子. タブレット pc を活用したマルチメディア教育の試み. *名古屋文理大学紀要*, Vol. 12, pp. 97-104, 2012.
- [13] 村上正行, 浦田悠, 根岸千悠. 大学におけるオンライン授業の設計、実践と今後の展望. *コンピュータ & エデュケーション*, Vol. 49, pp. 19-26, 2020.

- [14] 土手絢心, 北村史, 瀬戸崎典夫. 学生からみたオンライン授業のメリットとデメリット-オンライン環境下のアクティブラーニングに焦点を当てて. 長崎大学教育開発推進機構紀要, No. 11, pp. 25-41, 2021.
- [15] 飯塚康至. VR 空間を利用したオンライン授業の実践報告と今後の可能性. 情報システム学会 全国大会論文集, pp. S1-B4, 2019.