

CG 教室にうなづく学生キャラクタを導入した オンデマンド授業の配信に関する研究

A Study on On-demand Lectures with Student Characters Nodding in CG Classroom

藤井 亮哉^{1*} 広瀬 隼人² 青柳 西蔵³ 山本 倫也¹
Ryoya Fujii¹ Hayato Hirose² Saizo Aoyagi³ Michiya Yamamoto¹

¹ 関西学院大学理工学部

¹ School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

² 関西学院大学大学院理工学研究科

² Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University

³ 東洋大学情報連携学部

³ Faculty of Information Networking for Innovation and Design, Toyo University

Abstract: コロナ禍の今、教室内でのインタラクションで自分以外の学生がもつ役割は大きい。そこでオンライン授業における学生のインタラクションを解明するために、授業動画に加えて、実際の教室をベースにした CG 教室を作成した。また、学生キャラクタがうなづく仕組みを導入した。これを基に 2D 動画および 360 度動画による配信と、HMD を使用した VR 配信による授業を実際に行い、360 度配信と VR 配信でどのような違いがあるかを明らかにした。

1 はじめに

2020 年の春学期より、国内の大学では新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、多くの試行錯誤を伴いながらもオンライン授業を導入し、2020 年 5 月での普及率は 95 % を超えるとされる [1]。オンライン授業の中でも、予め記録されたコンテンツを受講者が自由に何度でも閲覧できるオンデマンド授業は、受講者の都合の良いタイミング、好きなペースで学習できるという通常の対面授業には無いメリットがあり、広く実施されている。しかし、対面授業を望む学生は多く、授業料の返還要求や休学・退学を望む声もある [2, 3]。

オンデマンド授業には何が足りないのだろうか？著者らは、第一の課題は学生間のかかわりの確保であると考えている。例えばオンライン学習サービス「Udacity[4]」の修了率は 160 万人中 5~10 % であり、その修了率の低さの理由の一つとして「独りであることによるモチベーションの低下が挙げられている [5]。さらに、近年アクティブラーニングが推奨されており、学生同士がかかわりあうことで主体性を身に付けられる授業が目標とされているが [6, 7]、オンデマンド授業では教室などで集まる機会が存在しないことから、学生がもつ主

体性が減少してしまう懸念もある。

オンデマンド授業のもう一つの課題は、教室という場所の表現である。教室の雰囲気やデザインは学生の態度や学習効果 [8]、参加の度合い [9] へ影響を与えることが知られている。オンデマンド授業は、対面授業の周りの環境との違いが大きすぎ、悪影響があるのかもしれない。実際の教育現場でも、リアルタイム方式の例ではあるが、N 高等学校 [10] が、HMD(Head Mounted Display) を用いて自宅から参加する VR(Virtual Reality) 空間を用意して、学生同士が仮想的に同じ教室で受講できるシステムを発表しており、教室という場所と学生同士のかかわりの重要性が伺える。

しかし、N 高等学校は情報技術利用に長けた特殊な例であり、VR を容易に導入できない教育機関は多いと考えられる。これに対し、本研究は、現時点の多くの教育機関が現実的に利用できる方法で、実際の教室で他の学生と受講していると感じられるオンデマンド授業の実現を目指す。

著者らはこれまで、コミュニケーションにおける身体のはたらきの重要性に着目し、研究に取り組んできた。特に、うなづき [11, 12] や挙手 [13, 14] などの身体的コミュニケーションにより CG キャラクタが学習の場におけるコミュニケーションを支援するシステムを開発してきた。また、これら教育分野の研究では、学

*連絡先：関西学院大学理工学部人間システム工学科
〒 669-1337 兵庫県三田市学園 2-1
E-mail: fwj36188@kwansai.ac.jp

習者らの身体が共に在る場所として3次元CGの教室を用意してきた。これを応用して、3次元CGの教室と身体動作をする学生のCGキャラクタを、オンデマンド授業のコンテンツに導入すること、これが本研究の基本的なアイデアである。これにより、あくまで主観的なものではあるが、受講者に教室という場所と学生間のかかわりを感じさせることができると考えた。しかし、これまでの研究 [11, 12, 13, 14] は対面授業があることを前提としており、オンデマンド授業としてのあり方を考えたとき、コンテンツを受講者に届ける配信方法が問題となる。図1に、学生間のかかわりと教室という場所の表現があるか否かという観点で、対面授業と様々なオンデマンド授業の方法を配置した図を示す。

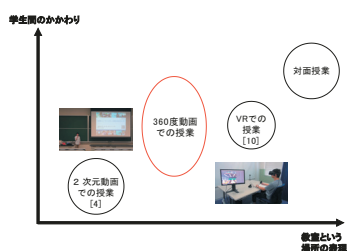


図1: オンデマンド授業の方法と教室の再現, 学生間のかかわり

まず、対面授業は、学生同士、学生と教師が双方向のコミュニケーションで深くかかわりながら授業を進めやすい。これに対し、オンデマンド配信の2次元動画での授業は比較的容易に実現できるが、学生間のかかわりの提供が困難で、教師とも一方通行な授業になることが多い。対面に次ぐ位置にあると考えられるのが、受講者がHMDを用いて視聴する仮想環境の授業である。本研究ではこれを単にVR授業と呼ぶ。この方式は、CGを用いて他者や教室を表現できるが、ハードウェアが必要であることに加え、コンテンツ制作とシステム運用に技術を要し誰でも利用できるわけではない。

ここで、著者らは360度動画に着目した。本研究における360度動画とは、テレビのように矩形の枠内で再生されるが、マウスのドラッグなどで視野を動かし周囲を見渡せる動画である。3次元仮想空間に教室を再現したりCGキャラクタを配置したりできる点はVR授業と同じであるが、HMDではなくPC(Personal Computer)等のWebブラウザで視聴する。また、VR授業では可能な場合もある視座移動や物体の操作はできないが、YouTubeなど一般的な動画配信サービスでオンデマンド配信ができ利用が容易である。

このような特徴を持つ360度動画によるオンデマンド授業は、実際の教室で他の学生と受講していると感じ

られる現実的な方法であると考えられる。本研究では、実際の授業におけるVR授業との比較を通して、360度動画によるオンデマンド授業が、現実的に実施可能であること、そして、どの程度学生間のかかわりを感じさせることができるのかを示す。

2 予備実験

本研究に至る予備的な試み [15] として2020年7月にオンデマンド動画配信によるオンライン授業を行った。この事前の検討で、単に授業の様子を撮影した動画の配信では、音声聞き取りづらく、スライド資料も見づらい問題があった。そのため、この実験では、音声の聞きやすさと資料の見やすさ向上のため、教室のイメージを崩さない形で、講義の構成要素を別々に記録し、再構築してから配信することとした。講義の構成要素とは、授業の様子を教室後方から撮影した動画、マイクから直接録音した音声、PC画面を録画した授業スライドの3つである。撮影した動画に録画したスライドとノイズを取り除いた音声を合成することで高音質・高画質の授業動画を作成した。これを、以下では合成動画と呼ぶ。この例を図2に示す。

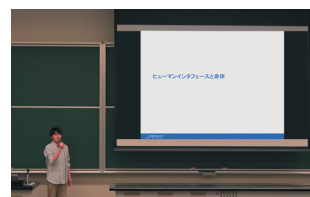


図2: 制作した合成動画の例

この合成動画をそのまま配信するものを第1の条件とし、これと比較するもう第2の条件として、360度動画を作成し配信した。360度動画では、教室を模した3次元CGの中に、合成動画を配置した。

そして、実際に大学でオンデマンド動画配信によるオンライン授業を行い、上の2つの条件を評価するアンケートを実施し、その結果を比較した。受講者は授業を360度動画で受講するグループと合成動画で受講するグループに分かれており、それぞれ授業を受講した後で、両グループの学生が合成動画、360度動画の両方を視聴して評価アンケートに答えた。アンケート項目「今後も使いたい」を5段階評価させた結果の一部と、Wilcoxonの符号順位検定の結果を図3左に示す。授業のミニテストの結果では、両条件間で有意差がなかったのに対し、どちらのグループでも合成動画の評価が高い結果となった。これは360度動画の画質が悪くスライドが視認しにくかったためと考えられる。

加えて、学生にとっての通常の対面授業における他者とのかかわりを調べるため、「授業において誰と最もかかわりを感じるか」を選択させたアンケートの結果を図3右に示す。教授だけでなく友人が1/3を占めていたことから、学習場面においては友人とのかかわりが重要である可能性が示された。しかし、回答人数が22人と少なく信頼性は低い。

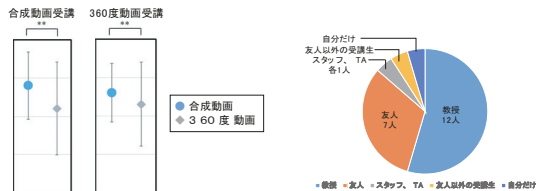


図 3: 予備実験の結果

3 方法

3.1 授業の概要

予備実験を踏まえて、本研究では、2021年1月に360度動画によるオンデマンド授業を実際に大学で実践した。また、この実験では、同じ内容の授業について、(2)360度動画による受講という条件に加え、(1)合成動画による受講、(3)VRでの受講という2条件を用意し、これらの評価結果を比較した。合成動画は、学生キャラクターも教室という場所の表現も無い、通常のオンデマンド授業の位置づけのコントロール条件である。また、VRは学生キャラクター配置や教室という場所の表現などの拡張性もあり、さらに没入感の面で360度動画より優れると予想される条件である。

ここで、本研究の前提は、教室という場所において学生同士のかかわりが非常に重要であると着目しているが、これは著者らによる既存の研究成果や文献の検討からの推測に過ぎない。そこで、本研究では、オンデマンド授業の受講者に、教室及び印象の強い他者についてアンケート調査を実施した。その目的は、調査結果を学生同士のかかわりの重要性の根拠とし、360度動画授業の有効性の傍証とすることである。

3.2 授業の進め方

授業は、講義とアンケート調査から成る2部構成とした。ここでは、主に講義の配信方法の異なる、3つの受講者のグループを作った。

1つ目は合成動画の授業を自宅などでオンデマンドで受講するグループである。これは、著者の山本の担

当する関西学院大学の授業である「コンピュータグラフィックス」、「人間システム工学概論」の全受講者のうち学生番号が偶数の受講者である。2つ目は360度動画の授業をオンデマンドで受講するグループである。これは、「コンピュータグラフィックス」、「人間システム工学概論」の全受講者のうち学生番号が奇数の受講者である。3つ目はVRの授業を、研究室で受講するグループである。本研究ではオンデマンド授業の方法としてのVR授業に着目しているが、実験の運用が難しく、周りの環境の統制も難しかったため、希望者を募った上で受講者は自宅などの自由な場所ではなく、研究室に来て講義を受講した。

オンデマンド受講の2つのグループは、動画視聴のために異なるURLにアクセスしてもらったが、動画が異なることは伝えなかった。また、360度動画受講のグループについては、動画が重すぎる場合には、合成動画グループのURLから受講するよう伝えた。

なお、授業の後半のアンケート調査のパートでは「教室及び学生間のかかわりについての質問」、「動画の種類の評価」、「学生キャラクターの動作の評価」の3つの調査を行った。

3.3 教室のCGと学生キャラクターの作成方法

360度動画とVRの授業を実施するにあたって、その両方で使用する教室のCGを作成した。教室の図面、細部については実測データ、撮影したカメラ画像をもとに、Blender 2.79bを用いてCGモデルを作成した。図4に作成したCG教室を用いた授業のシーン例を示す。机や椅子も実測し、授業が行われるはずであった関西学院大学理工学部の402教室をCG化した(図5左)。またpixiv社のVRoid Studioを用いて、30体のCGの学生キャラクターを作成した(図5右)。

これらのCGモデル・学生キャラクターなどは、予備実験で制作した合成動画とともに、Unity Technologies社のUnity 2019.4.3f1により読み込み、配置した。合成動画は、教室前方に配置するとともに、周囲の3Dモデルのサイズや色調を微調整することで、シームレスに感じられるようにした。

また、学生キャラクターは授業動画の音声に応じてうなづくようにした。図6にうなづく動作の例を示す。うなづく動作は回数や速さ、角度が違うなど様々な動作を作成した。また、学生があまりに積極的だと不自然と思われたので、首を横に振ってよそ見をするなど、だらけた印象を目指した「だらけ動作」も作成した。この例を図7に示す。



図 4: CG 教室を用いた授業のシーン例

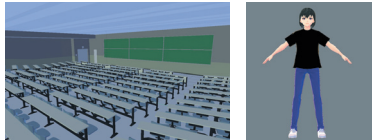


図 5: 教室の CG と学生キャラクタの例



図 8: 書き出された全天球画像



図 6: うなずきの動作



図 7: だらけ動作

3.4 360 度動画の作成方法

360 度動画は、3.3 節で述べた教室の CG と学生キャラクタから成る 3 次元仮想環境を、Unity のアセットである UnityRecorder (Ver.2.2.0) を使用して撮影したものである。Unity Recorder は 360 度動画や全天球画像を書き出すことができる。

予備実験では 4K 解像度で 360 度動画を書き出した。しかし本研究で使用した PC(CPU: AMD 社 Ryzen 5 1600, ビデオチップ: NVIDIA 社 Geforce GTX 1070, メモリ: 16GB) では、Unity Recorder 不使用時は約 100 fps で動作したが、使用時は約 13 fps とフレームレートが大きく低下した。そこで、動画の速度を 0.2 倍にして録画し、後程 Adobe 社 Premiere Pro CC 2020 で元の動画の音声と書き出した動画の合成を試みた。

しかし、この方法では動画の中ほどで再生速度が変化しており音声と合致しないという問題が発生した。これを防ぐために、今回は全天球画像を 1 フレームごとに切り出して、ffmpeg を使用して連結することで動画にする方法に変更した。書き出した全天球画像を図 8 に示す。

また、動画の再生速度を変化させたことで、本来動画内の音に合わせていた学生キャラクタのうなずきが音とずれるという問題も発生した。これは、元の動画

でうなずいていた時間を再生速度の変化に合わせて制御することで解決した。

3.5 オンデマンド受講とアンケート回答の方法

作成した動画を受講生が視聴できるようにするために、動画配信サービス YouTube を利用し、著者らの所属研究室の「チャンネル」を作り、そこに動画をアップロードした。まず、合成動画受講グループ向けに、予備実験で制作した 2 次元の合成動画をアップロードし、通常の動画 (1080p HD) として視聴可能とした。

また 3.4 節の方法で作成した 360 度動画も同様にアップロードした。この動画は YouTube の機能により、画面をドラッグして視点を回転させたり、マウスを操作することで注目したい部分を拡大したりできる、一般的な 360 度動画として視聴できる。図 9 に配信画面の例を示す。動画視聴の設定画質が「自動」のままでは、通信環境の違いにより 4K 画質で閲覧できない場合もあったため、受講の際は画質を「2160s 4K」に設定する必要がある。

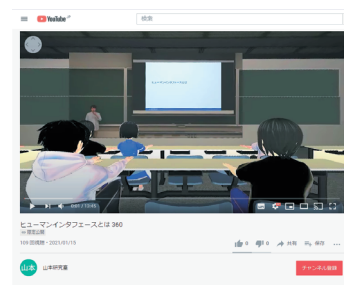


図 9: 360 度動画の配信画面例

また、講義内のミニテストや様々な調査のアンケート回答のため、オンライン回答フォーム作成サービスである、Microsoft 社の Forms を用いた。従来の対面授業では、60～70 分かけて研究紹介を行い、その後ミニレポートを課すという形式で進めていた。オンデマンド化するにあたり、研究紹介の動画を「ヒューマンインタフェースとは」、「身体性メディア技術」などのトピックに分割し、それぞれの動画に対して Forms のセクションを設定して、内容に関するミニテストを数問行う形式にした。内容は、どちらの科目も同一のものとした。講義は全体で 5 つのセクション（動画）で、「コンピュータグラフィックス」と「人間システム工学概論」でミニテストの設問は 15 問、17 点満点とした。また、問題の回答に対して公平にするために研究室で行う VR 授業をオンデマンド受講よりも先に行った。

3.6 VR での受講とアンケート回答の方法

予備実験の期間は、大学がロックダウンの措置をとっていたため学生は研究室に来ることができなかった。一方、本実験では、少人数の希望する受講者に、著者らの研究室内で VR ヘッドセット (Oculus Quest2, Oculus VR 社) を用いて授業を受講させた。

その様子を図 10 に示す。3.3 節で生成した CG 教室と学生キャラクタを Unity の 3 次元仮想環境に配置し、PC と VR ヘッドセットを Oculus Link を使用し接続する方法により、360 度動画をオンデマンドで視聴するグループが YouTube を通して視聴したものよりも高画質の動画を視聴させた。



図 10: VR 授業の受講風景

また、VR ヘッドセットを外さずにスムーズに実験を進めることを目的として、図 11 に示したように Unity の 3 次元仮想環境でアンケートやテストに答えることができるようにした。動画の右側に問題とチェックボックスが書かれたパネルを用意し、VR ヘッドセットのコントローラの先端からラインをだし、チェックボックスと重なった際に右人差し指トリガーを押すことで回答できるようにした。また、動画内での問題の聞き漏らしがあった場合は右中指グリッップを押すことで動画を 5 秒巻き戻せるようにした。さらに、アナログスティック

クを押し込むことで動画を一時停止できるようにした。A, B ボタンは初めてコントローラを使用する学生は分かりにくいと考えられるため使用しなかった。一部の VR ヘッドセットを使用せずに答える問題にはオンデマンド受講の受講者と同じように、Forms を用いた。

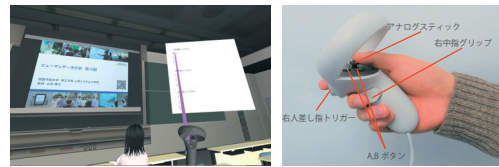


図 11: VR ヘッドセットを用いたアンケート回答・操作方法

4 結果

4.1 講義とミニテスト

VR での受講は、2021 年 1 月 12 日～15 日、オンデマンドでの受講は 2021 年 1 月 17 日～22 日の間に行った。VR での受講人数は、「コンピュータグラフィックス」が 12 人、「人間システム工学概論」が 12 人であり、オンデマンドでの受講人数は「コンピュータグラフィックス」の奇数 22 人、偶数 22 人、「人間システム工学概論」の奇数 93 人、偶数 81 人であった。VR での受講の人数は他の条件に比べ非常に少ないが、授業の期間が大学の所在地である兵庫県で 2021 年 1 月の緊急事態宣言が発出されたタイミングと重なったためである。

ミニテストの結果を図 12 に示す。Mann-Whitney の U 検定で検定した。17 点満点のうち、VR での受講の平均は 13.2 点、オンデマンドでの受講の平均は 14 点であった。

また、動画の長さに対する視聴時間の割合の平均を表 1 に示す。平均して、VR での受講では視聴時間は動画の再生時間より長かった。それに対し、オンデマンド受講の動画は平均して動画全体の時間の 7 割から 8 割程度が再生されていた。

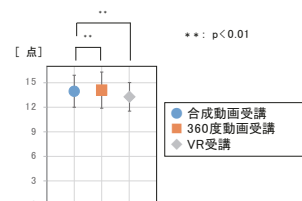


図 12: ミニテストの成績

表 1: 動画長に対する視聴時間の割合 (%) 平均

合成動画	360度動画	VR
74.53	82.83	118.12

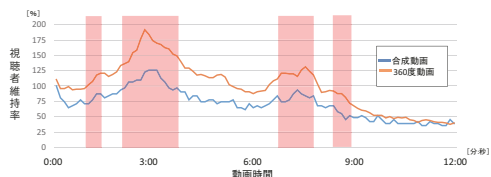


図 13: 動画の視聴者維持率の例

この解釈に役立つと思われるデータとして、図 13 に、オンデマンド受講の「認知システム工学の考え方」というトピックの動画の、視聴者維持率の例を示す。視聴者維持率とは、動画中の各位置が視聴された回数を動画を再生した人数で割ったものである。また、図 13 のハイライトされている箇所は、この動画に付随するミニテストの問題の正解が説明されている箇所である。この動画の例のように、ミニテストの問題の正解が記述されている箇所は、視聴者維持率が比較的高く、それ以外の箇所が低かった。

オンデマンド受講の受講者は、ミニテストの問題を確認した後、動画のうち、ミニテストの正解が説明されている部分だけを視聴したため、ある種効率的に動画を視聴できたと考えられるが、教育的な観点では、教材である動画全体を視聴してほしいため、これは望ましいふるまいではない。一方で、VR 受講の場合、動画の再生したい位置を選ぶ機能が存在しなかった。そのため、上記のような部分的な動画視聴はしばらく、結果としてミニテストの点数が低くなった可能性が考えられる。

4.2 教室及び学生間のかかわりについての質問

「あなたにとっての大学の教室について」と題してアンケート調査を行った。まず「教室のことを思い出して、印象が強い活動は何ですか?」と問い、4つの項目(授業、雑談、自習、その他)を印象が強い順に並べ替えさせた。次に、「あなたはその活動中、誰とかわりを持っていると思いますか?」と問い、5つの項目(教授、スタッフ、友人、友人以外の受講生、自分だけ)を印象が強い順に並べ替えさせた。なお、下記に示す結果は、授業方法に依存しないと考えられるため、各授業方法の合計の結果である。

印象の強い活動について、その中で1位に選ばれた

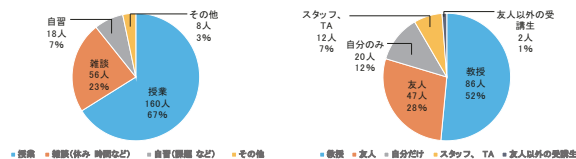


図 14: 教室で印象の強い活動と、授業で対象

項目の数を図 14 左に示す。1位に選んだ学生が1番多かった項目は「授業」で、160人が選択した。2番目は「雑談」で56人、次いで「自習」を18人、「その他」を5人が選択した。

次に、授業を1位に選んだ中で誰とかわかりが強いと感じるかの内訳を図 14 右に示す。1位に選んだ学生が1番多かった項目は「教授」で、86人が選択した。2番目は「友人」で47人、次いで「自分のみ」を20人、「スタッフ、TA」を12人、「友人以外の受講生」を2人が選択した。

印象の強い活動が授業、関わりが強い他者が友人とう結果は矛盾する結果のようにも考えられるが、これは、対面では大人数授業が多いため授業中の疑問点は教員ではなく友人に聞くことが多かった、あるいは、教員の話よりも友人との私語の方が印象が強かった、等の理由が考えられる。

4.3 動画の種類の評価

全ての受講者のグループが、授業の前半である講義のパートの後で、(1) 予備実験で作成したのと同じ方法の合成動画、(2) 3.4節の方法で作成した360度動画、(3) 3.6節で説明した方法のVR、の3つを視聴し比較した。オンデマンドでの受講では合成動画受講・360度動画受講ともに合成動画の後に360度動画、VR受講では合成動画、360度動画、VRの順で視聴させ、その評価を回答させた。次節で示す教師や他の学生の存在を感じるかどうかと、授業の満足度に関わる8項目を7段階で回答させた。

結果を図 15 に示す。Wilcoxon の符号順位検定と Bonferroni 法で検定した。オンデマンド受講の結果では、360度動画が、③や⑤で高く評価され、VR受講でも同じような傾向であった。また、②のように、VR受講時は、その他の2種類に比べて高い結果となった項目もあった。

予備実験と比較すると、今後も使いたいという項目で、有意な差がなくなったことから、キャラクタのうなずきが有効であったと考えられる。項目③ほかの生徒と受講しているように感じる、項目⑤積極的な雰囲気を感じる、という項目で、360度動画とVRの条件

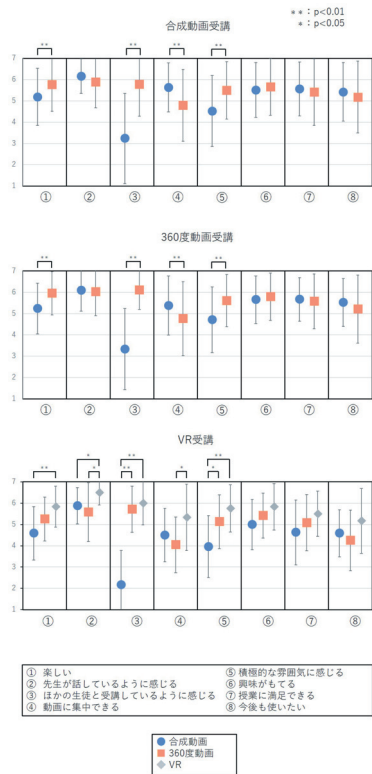


図 15: 動画の種類による結果

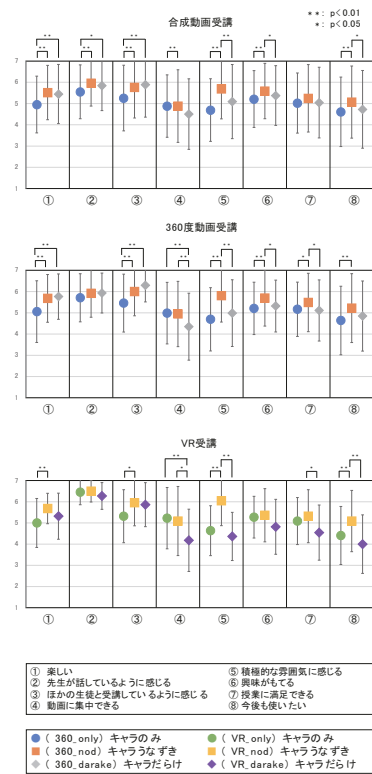


図 16: 学生キャラクターの動作による結果

の評価が高かったことは、教室におけるある種のかかわりを感じさせることができたと解釈できる。

4.4 学生キャラクターの動作の評価

次に、学生のCGキャラクターの動作について評価を行った。この評価ではオンデマンド受講では360度動画(表記例:360_only)で、VR受講ではVR(表記例:VR_only)で視聴させた。ここでは、何も動作をしない学生キャラクター(360_only)(VR_only)、うなずきの動作を行う学生キャラクター(360_nod)(VR_nod)、首を横に振るなどのだらけた動作を行う学生キャラクター(360_darake)(VR_darake)、以上の学生キャラクターを配置した動画を順に視聴させ、評価させた。アンケートの回答は8項目を7段階で回答させた。

結果を図16に示す。Wilcoxonの符号順位検定とBonferroni法で検定した。

オンデマンド内では類似した結果で、②や③のようにだらけ動作もうなずきと同じ程度に高く評価される項目と、④や⑤のように、うなずきが高く評価される項目があった。項目③と項目⑤の評価が、学生キャラクターの動作によって異なっていたことより、360度動画とVRの条件において学生間のかかわりが感じられた

一つの要因は、学生キャラクターの身体的コミュニケーションであったと考えられる。

5 おわりに

本研究では、約200人の学生を対象に、3次元CGの教室にうなずき学生キャラクターを導入した360度動画やVRを用いたオンデマンド授業を実施した。この授業実践を通して、360度動画によるオンデマンド授業が、現実的に実施可能であると共に、VR授業に匹敵する学生間のかかわりを感じさせることができることを示した。また、授業の中で実施したアンケート調査によって、教室という場所において学生同士のかかわりには一定の重要性があることを示した。

本研究で実践した授業の方法は、現段階では動画の作成方法などの技術的な課題が残る。しかし、今後のオンデマンド授業の形態の1つとして、他者とのかかわりを感じることのできる360度動画配信の導入を進めていきたい。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 20H04096, 20K20121 などの支援による。また、本研究の遂行にあたり、関西学院大学理工学部「コンピュータグラフィックス」、 「人間システム工学概論」の受講生らの協力を得た。ここに深く感謝する。

参考文献

- [1] デジタル・ナレッジ: 大学におけるオンライン授業の緊急導入に関する調査報告書, 入手先 <<https://www.digital-knowledge.co.jp/archives/22823/>> (参照 2021-02-18).
- [2] 東京新聞 web: <新型コロナ>学費返還請願, 大学側が拒否 日大生「何も変わらずくやしい」, 入手先 <<https://www.tokyo-np.co.jp/article/65489>> (参照 2021-02-18).
- [3] Newsweek 日本版: 学生が大学を訴える——質落ちたオンライン授業に「学費返せ」, 入手先 <<https://www.newsweekjapan.jp/stories/woman/2020/07/post-423.php>> (参照 2021-02-18).
- [4] Udacity, Inc.: Online Tech Courses and Nanodegree Programs, 入手先 <<https://www.udacity.com/>> (参照 2021-02-18).
- [5] 岡田真作, 安藤孝敏: 成人の学習者において他者との関わりが学習動機づけに与える効果, 技術マネジメント研究, Vol.16, pp.17-23, (2017).
- [6] 文部科学省: 新しい学習指導要領の考え方 - 中央教育審議会における議論から改訂そして実施へ -, 入手先 <https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/_icsFiles/afieldfile/2017/09/28/1396716_1.pdf> (参照 2021-02-18).
- [7] デジタル・ナレッジ: 大学・専門学校におけるアクティブラーニング実施に関する調査報告書, 入手先 <<https://www.digital-knowledge.co.jp/archives/11920/>> (参照 2021-02-18).
- [8] Wollin D. D., Montagne M. : College Classroom Environment: Effects of Sterility versus Amiability on Student and Teacher Performance, Environment and Behavior 13, No.6, pp.707-716, (1981).
- [9] Wong C. Y., Sommer R. , Cook E. J. :The soft classroom 17 years later, Journal of Environmental Psychology, Vol.12, Issue4. pp.336-343, (1992).
- [10] 学校法人角川ドワンゴ学園: N 高等学校, 入手先 <<https://nnn.ed.jp/>> (参照 2021-02-18).
- [11] 山本倫也, 渡辺富夫: 音声駆動型身体引き込みキャラクターを映像に重畳合成した教育システム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.8, pp.2769-2778, (2006).
- [12] 山本倫也, 渡辺富夫: 教師と生徒の InterActor を一人二役で演じるエデュテインメントシステムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1677-1685, (2013).
- [13] 青柳西蔵, 河辺隆司, 山本倫也, 福森聡: 積極的な挙手動作を代行する挙手ロボットの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.5, pp.994-1002, (2017).
- [14] 南出健, 青柳西蔵, 福森聡, 山本倫也: 集団コミュニケーションにおける挙手の印象への手の高さや人数の影響: スクリーンと VR ヘッドセットの各提示環境において, 情報処理学会論文誌, Vol.61, No.6, pp.1216-1225, (2020).
- [15] 広瀬隼人, 青柳西蔵, 山本倫也: オンライン授業における教室の 360 度動画配信の試み, ヒューマンインタフェースサイバーコロキウム (HIC2 2020) 論文集, pp.445-456, (2020).