

マルチモーダルデータ駆動による UX 改善支援機能を有する VR 教育コンテンツ制作支援環境

福田 裕樹^{*1}, 檜垣 大地^{*1}, 辻 章吾^{*2}, 米谷雄介^{*2}, 谷田貝 雅典^{*3}, 卯木 輝彦^{*4}
後藤田 中^{*2}, 國枝 孝之^{*2}, 八重樫 理人^{*2}

^{*1} 香川大学大学院工学研究科

^{*2} 香川大学創造工学部

^{*3} 共立女子大学

^{*4} 株式会社フोटロン

VR Educational Content Production Support Environment with Multimodal Data Driven UX Improvement Support Functions

Hiroki FUKUDA^{*1}, Daichi HIGAKI^{*1}, Shogo TSUJI^{*2}, Yusuke KOMETANI^{*2},
Masanori YATAGAI^{*3}, Teruhiko UNOKI^{*4}, Naka GOTODA^{*2}, Takayuki KUNIEDA^{*2},
Rihito YAEGASHI^{*2}

^{*1} Graduate School of Engineering, Kagawa University

^{*2} Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

^{*3} Kyoritsu Women's University

^{*4} Photron Limited

近年, VR コンテンツのニーズが高まってきているが, VR コンテンツ制作の定石は確立されておらず, 体験とデザインの繰り返しが必要である. そこで, コンテンツ利用者のマルチモーダルデータを活用した UX 改善支援機能を有する VR 教育コンテンツ制作支援環境を開発する. コンテンツ利用者の発話音声解析によって振り返り箇所を抽出する機能, 利用者の視点から振り返る機能, コンテンツの改善箇所を報告する機能の 3 つの機能が UX 改善において一定の有効性があることを示した.

キーワード: VR, コンテンツデザイン支援, 振り返り, マルチモーダルデータ, 自然言語解析, 知識共有, 可視化

1. はじめに

VR の大衆化が進んでいる. 2018 年ごろより VR ヘッドマウントディスプレイ(VRHMD)単体で動作可能なスタンドアロン型の製品が登場し, 低価格で高性能なデバイスが入手可能になった. VR を利用したコミュニケーションサービスも増加傾向にあり, また 5G などに代表されるネットワークの高速化・大容量化により, 360 度動画などの VR コンテンツの配信も円滑になっている.

先述した VR を中心とした近年の技術の進歩に伴い,

大学教育においても VR コンテンツ制作を取り入れた取り組みがおこなわれるようになってきている. 例えば, 大学初年次を対象に 360 度カメラを用いた VR コンテンツ制作教育^①がおこなわれていたり, 文系大学生の授業に 360 度 VR 映像を取り入れた教育^②を実施したりしている.

VR コンテンツ制作教育が盛んになってからまだ時間がたっていないこともあり, コンテンツ制作における定石が明らかになっておらず, 議論とデザインを繰り返す必要がある. 矢野^③はコンテンツ制作では学生

が持っている知識と実践で発揮される技術には差があることが述べられており、低評価を受けたコンテンツに対しては、なぜうまくいかなかったのかを振り返ることが重要であると主張している。卯木ら^②は実習を通して、多くのすぐれた作品を見ることや実例をもとにした撮影技法を知ることによって、学生の映像制作に対する関心が高まり実践への意欲が向上していると主張している。小寺ら^③は専門的な技術者が一切関与せず、大学生主体で企画・制作した VR 動画制作プロジェクト「VR Space Travel Project」について報告している。小寺らはこのプロジェクトで制作された VR コンテンツを用いて、情報メディア関係の大学に進学しようとしている高校生と既に情報メディア学科に所属している学生を対象に調査をおこなった。調査項目のうち、「VR を学生だけで作成できることへの認知度」に関する質問では 65% の人が知らないと回答していることが報告されている。このことから、専門的な技術者と容易に議論をできる環境があれば、VR コンテンツ制作における心理的課題にも対応できると考えられる。

以上のことから、本研究では従来の VR コンテンツ制作における課題である「議論とデザインを繰り返す必要がある」、「VR コンテンツ制作では知識が実践では発揮されない場合があり、その場合はうまくいかなかった原因を振り返ることが重要」、「制作スタッフが遠隔地においても容易に議論に参加できる必要がある」への対応が必要である。

本研究では、VR 空間での VR 教育コンテンツ制作を支援する機能を有する VR 教育コンテンツ制作支援環境(以下、本環境)の提案および開発をおこなう。本研究では、VR コンテンツ議論の振り返りを支援することで、従来の VR コンテンツ制作における課題の解決を目指す。本環境を利用することで遠隔地にいる複数の議論参加者が 1 つの VR 空間に集まり議論をおこなうことができ、VR 議論を任意のタイミングで記録開始・記録終了をすることができる。本稿では、本環境で議論の振り返り支援をするにあたって、コンテンツ利用者の発話音声解析によって振り返り箇所を抽出する機能(以下、振り返り箇所抽出機能)、過去の議論参加者視点などの多視点から振り返る機能(以下、多視点活動記録再現機能)、VR 議論の改善箇所を報告・共有す

る機能(以下、改善箇所報告共有機能)を開発した。また、これら 3 つの機能による分析結果や振り返りの効率化を目的としたデータの組み合わせであるマルチモーダルデータが VR 空間での議論やコンテンツ体験などの UX の改善に有効であるかを評価するための実験を実施し、本研究の振り返り支援と本環境に対する意見を収集した。

2. 振り返り支援の関連研究

2.1 動画に出現する人物に着目した振り返り学習

山下ら^④は映像中に登場する人物に着目したダイジェスト動画生成を支援する手法を提案している。この手法では入力映像を特定人物が含まれると判定された「正解ショット」と正解ショットのいずれかに対して一定以上の類似度を有する「候補ショット」を選別する。山下らの提案システムでは UI を介して候補ショットをユーザに提示し、ダイジェスト映像に含まれるべきショットを選択させることで、自動選択された正解ショットとユーザによって選択された候補ショットが組み合わせり、少ない操作で満足度の高いダイジェスト動画を生成する。

本研究における VR 空間での議論はアバターを介しておこなわれるため、データとして個人を識別できる。加えて、議論参加者の発話や身体動作のデータを用いた振り返りの支援など可能性は多岐にわたる。

2.2 議事録と映像の組み合わせによる振り返り学習

鈴木ら^⑤は国会審議の映像と人手による書き起こしの議事録を用いた国会審議映像検索システムを提案している。このシステムでは映像と発話のテキストデータを同期させ、専用の UI を使って国会審議映像の発話内容から視聴する箇所を検索できる。選択した単語を検索し、検索結果を選択することで、その単語が発話された再生位置から視聴が可能になっている。

本研究でも発話された単語から振り返り箇所を抽出する機能は有用であると考え、VR 空間での議論を記録し、記録した音声データから発話内容と発話時間を抽出することで議論の振り返りを効率化できるのではないかと考えた。

2.3 授業を複数視点から撮影し同時に観測可能とした振り返り支援

空野ら⁶⁾は授業課程を複数視点から映像データとして撮影し、単一のアプリケーション上で同時に複数視点の映像を観測可能とすることで、授業者を対象に効果的に授業省察をおこなえることを目指した支援手法を提案している。このアプリケーションでは授業者の所作と学習者の反応を映した2つの動画を用いることで授業者と学習者の対話をシームレスに視聴できる。空野らは複数の視点を用いて授業を振り返ることで、より効果的な振り返りに繋げられる可能性があることを示している。

本環境ではVR空間内でおこなわれた議論活動の過程を議論参加者の身体動作や発話などを含めたVR空間そのものを記録・再現することが可能である。ユーザが自由な視点から議論活動を振り返ることができるため、現実での議論より多くの視点を用いて振り返ることができる。また、VR空間では物理的制約が無いため、記録から再現された当時の議論参加者の視点を一人称として振り返るなどの支援が可能である。

2.4 映像分析による授業内活動の抽出と可視化による振り返り支援

水越ら⁷⁾は、アクティブラーニング型授業の過程を魚眼映像として記録し、映像中の授業参加者から映像分析によってグループを推定し、活動の大きなグループを映像内で強調して可視化することで、授業改善に役立てることを目指した支援手法を提案している。水越らはこの手法の課題として、講師が机間巡視などの行動をしていると正しくグループを推定できない場合があるが、一定の精度で過去の授業映像からグループの可視化が可能であることを報告している。

本研究におけるVR議論においては、アバターを介した議論活動をおこなうため、電子的に個人を識別することが可能である。また、VR議論では議論参加者同士でおこなわれたコミュニケーションなど、参加者同士の関係性が重要であるため、振り返り時にはグループ内でおこなわれたコミュニケーションにも注目する必要がある。本環境ではVR議論の過程をそのまま記録することが可能であるため、各議論参加者がどの時点でどのような姿勢でどのような発話をしたかを確認

することができ、VR議論の振り返りとして効果的な手法であると考えられる。

3. システム設計

3.1 機能設計

本研究の目的はVR教育コンテンツ制作支援である。VR議論の振り返りを支援することで、UX改善支援を実現する。VRコンテンツ制作における現状から「議論とデザインの反復」「コンテンツ制作における改善点の発見」「遠隔地から容易に議論に参加できること」が重要であることが先行研究から明らかになった。

以上のことから、本研究でのVR教育コンテンツ制作支援のための機能要件は以下のようになる。

- (1) 遠隔にいる複数の議論参加者が1つのVR空間に集まり議論をすることができる
- (2) VR空間に集まった議論参加者が共通の登録されたコンテンツを閲覧しながら議論ができる
- (3) VR空間での議論を記録し、再生できる
- (4) VR空間の議論参加者の発話を自然言語解析によって発話時間と発話内容を同期させ、振り返り箇所を抽出する
- (5) (4)の解析結果をVR空間で提示・表示し、(3)と連携することによって振り返りを支援する
- (6) 記録した議論を複数視点から振り返ることができる
- (7) 記録した議論の改善箇所にコメントを残し、他者とコメントを共有できる

3.2 全体設計

機能要件を満たす本環境を構築するためのシステム群を図1に示す。本環境はVR空間での議論の実施・記録・再現をするための機能やVR空間内での議論の振り返りを支援する機能を備えている「VR議論記録・再現システム」、VR空間で閲覧するための資料や3DCGなどのコンテンツ、記録された議論データや議論データを解析した結果などを登録するための「コンテンツ管理システム」、記録された議論データの中から各議論参加者の発話音声をもとに議論の振り返り帰

箇所を抽出するための「振り返り箇所抽出システム」の3つのシステムの連携によって構成されている。本環境の利用にはVR空間で議論・記録をする「遠隔議論」と記録した遠隔議論を振り返る「振り返り」の2つのフェーズがある。それぞれのフェーズのフローチャートを図2, 図3に示す。

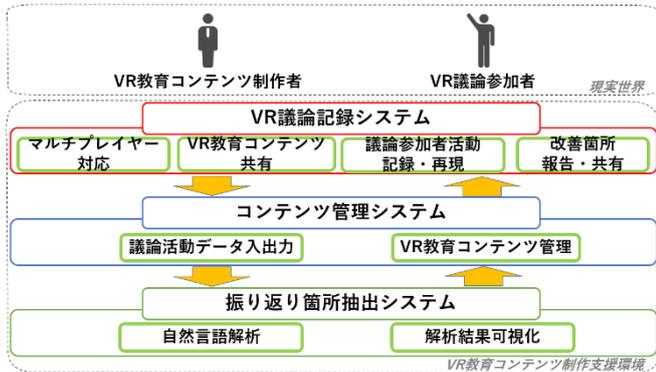


図1 VR教育コンテンツ制作支援環境のシステム群

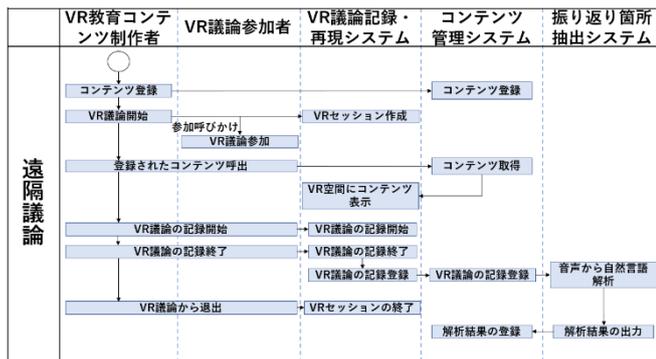


図2 遠隔議論のフローチャート

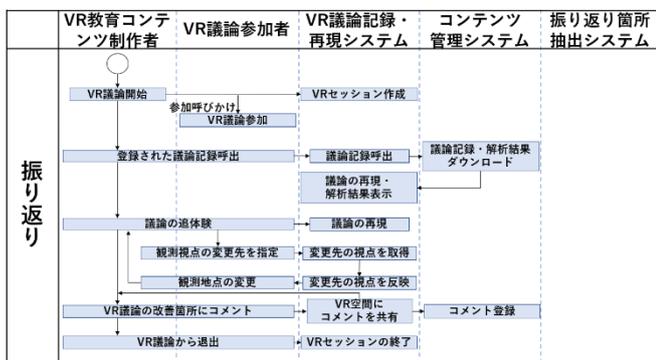


図3 振り返りのフローチャート

3.3 システムの内部構成と使用技術

全体設計に基づく本研究のシステム構成と使用技術を図4に示す。本環境のVR議論記録・再現システム

とはUnityソフトウェア(Unity 2020.3.14f1)で開発している。VR空間に遠隔の参加者が参加するための遠隔通信手段としてExitGame社によって提供されているマルチプレイヤー対応UnityパッケージであるPUN2(Photon Unity Networking frame)⁽⁸⁾を採用している。コンテンツ管理システムにはWordPress財団によって提供されているオープンソースのコンテンツ管理システムWordPress (version 5.9)⁽⁹⁾を使用している。VR議論記録・再現システムで提供されるVR空間内に専用のUIが設置してあり、そのUIからコンテンツ管理システムに登録されているコンテンツをダウンロードし、VR空間に出現させることができる。振り返り箇所抽出システムはPython (version 3.6.8)の音声認識のためのPythonモジュールSpeech-Recognition (version 3.8.1)と形態素解析エンジンJanome (version 0.4.1)による音声解析、HTMLとJavaScriptのD3.js (version 5.16.0)ライブラリによる解析結果表示・インタラクティブ性の付与をおこなっている。本環境のアプリケーションはPC版とスタンドアロン版が存在する。現在、PC版はWindowsPC向けに開発している。スタンドアロン版はMeta社の一部門であるFacebook Technologiesが開発したスタンドアロン型VRデバイスであるMeta Quest2向けに開発している。

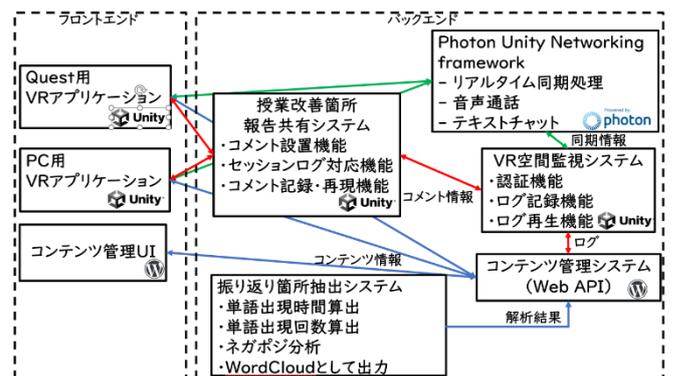


図4 本環境のシステム内部構成図

4. システム開発

本環境は、檜垣ら⁽¹⁰⁾によって開発されているシステムを基盤として開発をおこなっている。本章では本環境のUX改善支援機能を中心に報告する。

4.1 UX改善支援機能 - 振り返り箇所抽出機能

VR議論記録・再現システムによって記録された議

論データの中から記録された全議論参加者の発話データに対して自然言語解析におこなう。自然言語解析によって得られるデータ一覧の例を表1に示す。発話はテキスト化され形態素解析によって単語ごとに分けられる。分別された単語のうち、名詞、動詞、形容詞、副詞は抽出され極性分析にかけられる。本研究では、日本語評価極性辞書⁽¹¹⁾を使った極性分析をおこなった。また、単語の発話回数と議論データにおける発話時刻を特定する。

解析結果は1枚のWordCloudの画像として可視化する。WordCloudは文章中で出現頻度が高い単語を頻度に応じた大きさに図示する手法である⁽¹²⁾。WordCloudの例を図5に示す。WordCloud化された解析結果に表示されている単語は、単語の色によって極性分析結果、単語の大きさによって発話回数が可視化され、VR空間内で表示される。表示されている単語をVR空間内で選択すると、過去のVR議論のどの時刻でその単語が発話されているかがVR議論再現の再生時刻を操作するためのシークバーに提示される。

表1 自然言語解析によって得られるデータ例

単語	極性分析	発話回数	発話時刻(秒)
保護	ポジティブ	2	7, 15
増加	中立	2	2, 15
注意	ネガティブ	4	4, 10, 18, 24
電気	判別不可	1	3



図5 VR空間で表示される自然言語解析結果

4.2 UX改善支援機能 - 多視点活動記録再現機能

記録されたVR議論の再現時に、VR議論を第三者視点から振り返ったり、議論データから再現したアバターに視点を変更し、対象のアバターの一人称視点として議論を振り返ったりすることができる。視点変更

の様子を図6に示す。VR技術を使うことによって物理的制約がない利点を活用し、従来の議論の振り返りでは不可能だった自分以外の議論参加者の視点から当時の議論を観測することができる。

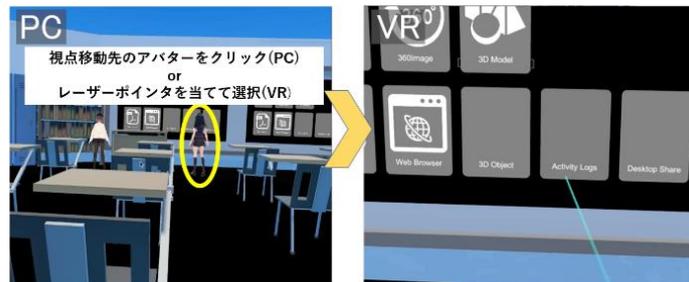


図6 視点変更による振り返りの様子

4.3 UX改善支援機能 - 改善箇所報告共有機能

過去におこなわれたVR議論の改善点をVR空間で指摘するための機能である。改善箇所の報告は図7のように過去の議論データと関連付けられたコメントとして報告される。コメントには「コメントを設置したデバイス」「入力されたコメント」「VR空間におけるコメントの三次元座標と回転」「議論データとの対応情報」の4つの情報が含まれる。

過去のVR議論に対するコメントは記録が可能であり、振り返りをする際に以前のコメントを表示することができる。これによって過去のコメントを見返したり、他者のコメントを参考にしたりすることができる。

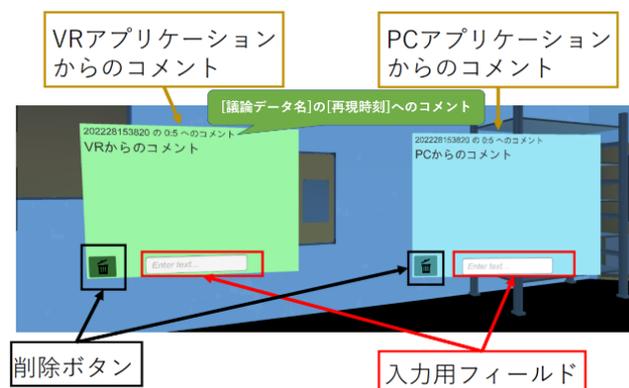


図7 改善箇所報告の様子

5. UX改善支援機能の評価実験と考察

5.1 実験目的

実験の目的は本環境のUX改善支援機能である「振り返り箇所抽出機能」「多視点活動記録再現機能」「改善箇所報告共有機能」がVR教育コンテンツ制作支援として有効であるかを評価することである。

5.2 実験方法

本環境を使用した2対2のディベートを実施し、UX改善支援機能の評価実験をおこなった。ディベートの当日の流れを図8に示す。ディベートは肯定側と否定側が2人ずつのディベート参加者役とディベートの勝敗を決定する司会進行兼ジャッジ役が1人の計5名の構成でおこなった。ディベートの議題が発表されてから10分間の作戦会議はZoomでおこない、実際のディベートは本環境を使って実施した。ディベート参加者役は香川県内の大学生4名、司会進行兼ジャッジ役はVRコンテンツを研究の題材にしている東京の大学生2名(うち1名はディベート中は観戦のみ)である。ディベート参加者役はスタンドアロン版のアプリケーション、司会進行兼ジャッジ役はPC版のアプリケーションで本環境を使用した。実験は図2、図3で示したように、ディベートを実施する「遠隔議論フェーズ」とディベートを振り返る「振り返りフェーズ」に分かれておこなった。遠隔議論フェーズは2022年1月11日、ディベート参加者の振り返りフェーズは2022年1月13日と2022年1月19日、司会進行兼ジャッジ役の振り返りは2022年1月18日に実施した。また、2022年1月21日にディベートに参加していないVRに興味のある東京の学生3名に対してディベートの議論データを使ったVR議論の振り返りを実施した。

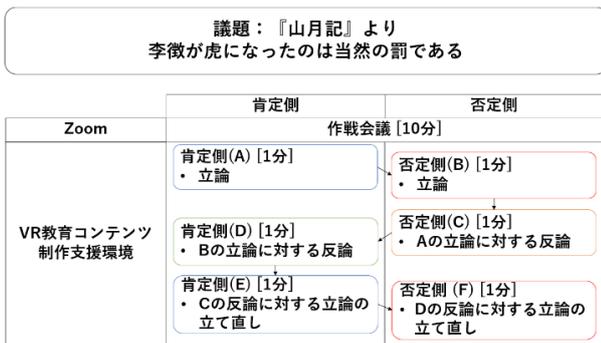


図8 ディベートの流れ

5.3 評価方法

振り返りにおける各UX改善支援機能の有効性を評価するための意見収集はアンケートによりおこなった。

5.3.1 振り返り箇所抽出機能のアンケート

振り返り箇所抽出機能は以下の4つの振り返り手法について「新たな気づきを得ることに有効であるか」と「振り返りの時間短縮に有効であるか」の2つの観点から振り返りに有効であるかを評価した。有効であ

るとい回答に関しては自由記述でその理由を回答してもらうことで振り返り支援手法を評価した。

- (1) 再生時刻を指定して振り返る場合
- (2) (1)に加えて発話された単語の発話時間が可視化される場合
- (3) (2)に加えて発話された単語の発話回数が視覚的に表現される場合
- (4) (3)に加えて発話された単語のポジティブ・ネガティブ度合いが色で区別される場合

5.3.2 多視点活動記録再現機能のアンケート

過去の議論参加者の視点や第三者視点など様々な視点から議論を振り返ることが議論の振り返りやコンテンツの評価などに対して有効であるかを5段階で評価してもらい、自由記述にてその理由を回答する形式のアンケートで振り返り支援手法を評価した。

5.3.3 改善箇所報告共有機能のアンケート

改善箇所報告共有機能の有効性は「PCとVRヘッドセットを使った改善箇所報告の比較」「他者の意見と比較することの有効性」という観点から評価するためのアンケートをおこない、改善箇所報告共有機能の有効性についての意見を収集した。

5.4 結果と考察

5.4.1 振り返り箇所抽出機能

実験のディベートを自然言語解析した結果を図9に示す。

再生時刻を指定する機能のみによる振り返りは議論データを最初から再生するだけの振り返りと比較して、振り返り箇所を自分で指定するため、振り返りの機能として不可欠の要素であるという回答が得られた。しかし、振り返りフェーズ初期に無作為に再生時刻を操作し、どの場面でどのような発言がされているかを調べる行動が見られたことから、振り返り時間の短縮としては不足している可能性がある。

発話された単語の発話時間が可視化される機能は、キーワードを選択することによって振り返り箇所を限定でき、再生時刻の指定と発話時間の可視化が連携することによって、振り返り時間が短縮されると考えられる。また、振り返り箇所が限定されることで議論中は気が付かなかったところまで気を配れるようになるという意見も得られ、新たな気づきの把握にも貢献で

ことで VR 教育コンテンツ制作支援をおこなう UX 改善支援機能を提案・開発した。UX 改善支援機能として議論データの内、各議論参加者の発言に着目した自然言語解析による振り返り支援を提供する「振り返り箇所抽出機能」、議論の振り返り時に過去の議論参加者の視点や第三者視点から議論を振り返る機能を提供する「多視点活動記録再現機能」、議論の改善箇所の報告・共有・記録をすることができる「改善箇所報告共有機能」の 3 つを開発した。本稿では議論振り返りに対して各 UX 改善支援機能が有効であるかを評価するための実験を実施した。実験では本環境を使った 2 対 2 のディベートを実施・記録し、ディベートの振り返り時に UX 改善支援機能を使った振り返りを実施し、各機能についての意見を収集した。得られた意見から、UX 改善支援機能によって得られるマルチモーダルデータは議論の振り返りに対して一定の有効性があることが示され、先行研究から明らかになった従来の VR コンテンツ制作における「議論とデザインを繰り返す必要がある」、「VR コンテンツ制作では知識が実践では発揮されない場合があり、その場合はうまくいかなかった原因を振り返ることが重要」、「制作スタッフが遠隔地にいても容易に議論に参加できる必要がある」の 3 つの課題の解決手法として有効である。

今後は実験で得られた意見などを参考に、各 UX 改善支援機能の改良や新たな支援手法の検討・開発をおこなう。本稿で報告した UX 改善支援機能は振り返り時の支援を重視した機能になっているが、遠隔議論をリアルタイムで支援する機能などを検討することで、VR 教育コンテンツ制作支援を実現していきたいと考えている。

謝辞

本研究の一部は、令和 2 年度科学研究費補助金 若手研究（課題番号：20K14084）、令和元年度科学研究費補助金 基盤研究（C）（課題番号：19K03091）の補助によるものである。

参考文献

(1) 矢野 浩二郎: “全天周カメラを用いた VR コンテンツ制作教育”, 2017 年度情報処理学会関西支部大会講演論文

集 E-03 (2017)

- (2) 卯木 輝彦, 谷田貝 雅典: “メーカーと文芸学部の産学共同研究を起点とする芸術メディア実習”, 教育システム情報学会 第 45 回全国大会, A1-2, pp39-40, 2020
- (3) 小寺 鑛志, 吉沢 亨紀, 加藤 瞳, 石原 志織, 中谷 俊貴, 鈴木 悠華, 長谷川 旭, 小橋 一秀, 長谷川 聡, 吉田 友敬: “学生による VR コンテンツ作成と VR 意識調査”, 情報文化学会第 25 回全国大会, ニューズレターNo.61, 2017
- (4) 山下 紗季, 伊藤 貴之: “動画中の特定人物に着目した対話的ダイジェスト制作ツール”, 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, Vol.2019, No.1, pp.249-250, 2019
- (5) 鈴木 泰山, 内山 雄司, 青木 保一, 相良 毅, 秋田 祐哉, 河原 達也, 竹田 香織, 増山 幹高: “音声認識技術の活用による国会審議映像検索システムの実現”, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-SLP-103, No.6, pp.1-4, 2014
- (6) 空野 耕介, 尾崎 拓郎: “複数視点の動画を用いた授業省察補助アプリケーション活用の実践”, 第 79 回全国大会講演論文集, 第 2017 巻, pp.895-896, 2017
- (7) 水越 駿, 豊浦 正広, 茅 暁陽, 塙 雅典, 村上 正行: “アクティブラーニング型授業の分析 - グループ活動評価と可視化 -”, 教育システム情報学会第 41 回全国大会論文集, pp.351-352, 2016
- (8) ExitGames Inc. “Photon Unity 3D Networking Framework SDK とゲームバックエンド”, <https://www.photonengine.com/ja-JP/PUN>, 2022
- (9) WordPress Foundation: “WordPress Foundation – Supporting the WordPress community since 2010.”, <https://wordpressfoundation.org/>, 2022
- (10) 檜垣 大地, 福田 裕樹, 辻 章吾, 米谷 雄介, 卯木 輝彦, 谷田貝 雅典, 後藤田 中, 國枝 孝之, 八重樫 理人: “アクティブ・ラーニング型授業の評価改善に向けた VR 遠隔授業評価支援システムの提案”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.35, No.4, pp.53-56, 2021
- (11) 東山 昌彦, 乾 健太郎, 松本 裕治: “述語の選択選好性に着目した名詞評価極性の獲得”, 言語処理学会第 14 回年次大会論文集, pp.584-587, 2008
- (12) 谷口 航平, 濱川 礼: “PACS: 機械学習とワードクラウドを用いた論文および学会要旨スライド自動生成手法の提案とその実装”, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol.2020-HCI-186, No.6, pp.1-6, 2020