

対話的な学びを支援するVR型教材の開発と評価

Development and assessment of virtual reality type teaching materials which support
interactive learning

* 1 * 2 * 3 * 4 * 5

加藤 亮介 / 新行内 康慈 / 安達 一寿 / 川瀬 基寛 / 結束 孝典

本研究では、「対話的な学び」を支援するVR型教材として「VRLS.1」を開発し有効性を評価した。実験により学習者は「VRLS.1」の体験を通して、「対話的な学び」のプロセスである、外界の情報を取り出し、共に考えを比較し、協同的態度で課題解決することを、一定程度実践していることが確認された。また、「VRLS.1」独自の効果として、学びの動機につながる特別な心理形成や、研ぎ澄まされた「対話空間」の醸成が確認された。こうした結果をもって、「VRLS.1」が「対話的な学び」の一部を支援し得ることが示唆された。

<キーワード>

仮想現実、教材開発、対話的な学び、ユーザーインターフェース

1. はじめに

2017年3月に公示された学習指導要領^[1]では、改訂のポイントとして、生きる力を育むために「何を学ぶか」だけでなく「どのように学ぶか」を重視して、「主体的・対話的で深い学び」を目指した授業改善が求められている。また、情報活用能力を言語能力と同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置づけ、学校のICT環境整備とICTを活用した学習活動の充実に配慮することとしている。

一方内閣府^[2]の第5期科学技術基本計画では、目指すべき未来社会の姿としてSociety5.0が提唱され、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した社会像が

示された。そして、文科省^[3]はSociety5.0において、人間としての強みを發揮するために求められる力を、①文章や情報を正確に読み解き、対話する力、②科学的に思考・吟味し活用する力、③価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心、探究心とし、そうした人材育成の施策として「公正に個別最適化された学び」を実現する多様な学習の機会と場の提供を挙げている。そして、その一つの方法論として、EdTechを活用した教育の質の向上が示され、具体的には、デジタル教科書、デジタル教材、CBT等の整備充実が示されている。

このように、ICTに大きな役割が向かれる現状において、教材開発者は、次世代テクノロジーを用いた教材開発を視野に入るべきである。前述の「公正に個別最適化された学び」の必要性を鑑みれば、開発される教材

論文受理日：2019年3月29日

* 1 KATO Ryosuke:十文字学園女子大学（〒352-8510 埼玉県新座市菅沢 2-1-28）

* 2 SHINGYOCHI Koji:十文字学園女子大学

* 3 ADACHI Kazuhisa:十文字学園女子大学

* 4 KAWASE Motohiro:十文字学園女子大学

* 5 KESSOKU Takanori:KESSOKU株式会社（〒106-0032 東京都港区六本木 7-7-7 トライセブン六本木）

は、新たな学習の機会や場面を創出するものであり、また、多様な子ども達がともに対話しながら学ぶ「学び合い」が促進されるものであることが望ましい。

先に示した学習指導要領でも「学び合い」という点では、同様の趣旨が反映されており、「対話的な学び」の必要性が示されている。

中教審（2015）^[4]は、新学習指導要領に至る論点整理において「対話的な学び」の実現の視点を、「他者との協働や外界との相互作用を通じて、自らの考えを広げ深める、対話的な学びの過程が実現されているかどうか」としている。同じく中教審（2016）^[5]は、「外界」接続の一つの役割をもつ「総合的な学習の時間」審議取りまとめにおいて、改めて、体験活動を通した課題解決の必要性、そのプロセスにおける、観察、見学、探索、追体験等の実体験の重要性を示している。

高木（2018）^[6]は具体的に教職員支援を意図する教職員支援機構の研究において「主体的な学び」について「授業を通して、それまでの自己を修正し、自己相対化できるようになることに意味がある」とした上で、「対話的な学び」に関しては、「主体的な学び」として一人で学んだことを、「教室の中の他者との対話によって自己相対化を図り、自己認識することに意味がある」としている。

谷内（2018）^[7]は、同じ研究の中で、「主体的・対話的で深い学び」について指導者向けに図解・整理を行っており、その中で「対話的な学び」の必要プロセスについて、互いの考えを比較する、多様な情報を収集する、思考を表現に置き換える、多様な手段で説明する、先哲の考えを手掛かりとする、共に考えを作り上げる、協同して課題解決する、と整理している。

こうしたことを総合すると、「対話的な学び」の必要性は、他者との対話を通して自己相対化することにあり、その学びの一つのプロセスは、外界の情報を取り出しながら、共に考え、考えを比較し、多様な表現手段を使い、協同的態度で課題解決していくことであるといえる。

そこで、本研究ではICTの高度化を念頭に置き、「対

話的な学び」を実現するための技術として、Virtual Reality（以下、VR）、Head Mounted Display（以下、HMD）の活用可能性を検討すべきであると考える。

近藤ほか（2016）^[8]は、現行の没入型HMDの基本特性を、広角レンズにより広視野角が実現し、慣性計測装置等のMEMS技術により、投影映像の頭部動作追従及びリアルタイム補正が可能になったとし、一人称視点ゲーム（first person shooter;FPS）用の映像提示技術として広く一般にも期待されるとしている。

そして、現状（2019年7月時点）では、複数のHMDの市場流通が行われており、高解像度の360度3DCGの投影が可能となっており、Wi-Fi接続を前提としたスタンダードアローン型端末も発売されている。ソフトウェア面では、主にゲーム市場で、アバターを通じた、コミュニケーション機能を含んだものが開発されている。

こうした、HMD装着を前提とする3DCGによるVRの制作（以下、「HMD・VR」と示す。）の基本特性を鑑みVR型教材の開発を検討した場合、VR型教材の中では、多用な学習場面や情報の提供が可能であり、学習者は多様な情報を取り出しながら、それについて、他の学習者と意見交換するような「対話」の仕組みも構築可能であると考えられる。

HMD・VRが、これまで、どのように教育領域に貢献してきたかについては、2章にて後述するが、現状、「VR型教材内での「対話」」という点に関しては、まだ研究や実践の蓄積は少ないと考えられる。

そこで、本論では、「対話的な学び」のプロセスや現状のHMD・VRの基本特性や開発可能性を鑑み、「対話的な学び」に有効なVR型教材を開発し、被験者実験により評価する。尚、3章にて根拠を述べるが、今回のVR型教材内で構築する学習場面・情報は美術館とする。

2. HMD・VR領域の教育活用について

現在のHMD・VRの教育活用事例に関して、3D、AR等の近接領域の教育活用事例も交えて分析する。また、

本研究で行う教材開発に関する技術研究についても触れる。

矢野(2008)^[9]は、天文分野の授業実践として、PC画面による天文学習ソフトウェア「ステラナビゲーター」と国立天文台が開発する立体視(アナグラフ)が可能な「Mitaka」を活用した検証を行なっている。その中で、全体として、生徒の興味が通常授業より高まっていることを示している。そして、特に、立体視(アナグラフ)が可能な「Mitaka」に関しては、赤白セロハンを装着させ大型スクリーンに投影されることにより、学習者が「宇宙空間にいる様な感覚」が促されたとしている。その結果、教科書の図解ではできない、天体の「位置関係の把握」についての学習効果が向上したことを明らかにしている。

実際のHMDを用いた学習実践として、瀬戸崎ら(2011)^[10]は、HMDを活用した、AR画像CGカードを用いた教材開発を行っている。この時期、HMDには頭部動作を伴った視線の移動は技術的に実装されていないものの、学生の、HMDを使用した能動的操作によって鑑賞に対する積極性や集中力、学習意欲が向上することを明らかにしている。

田尻ら(2016)^[11]は、「HMD端末+3Dジェスチャセンター」と「PC画面+マウス」の比較分析を行っている。この中では、学習者の頭部動作を伴ったコンテンツ視聴が、方角認識において有効であること、また、仮想空間内での手のアバターによるジェスチャが方向・方角の認知に有効であることを示唆している。そして、HMD活用は意欲的な学習を促し、身体動作に伴った視線移動は、学習内容の理解を促す可能性があることを示唆している。

臼井ら(2018)^[12]は、中学校の美術科の鑑賞授業において、「対話を楽しもう」という指導のもと、写真媒体を通して美術を鑑賞する学生と、VR型教材にて美術を鑑賞する学生の比較分析を行なっている。結果として、VR型教材を利用した学生群の方に、意欲的な鑑賞態度が示され、また、写真媒体を鑑賞する学生群と同様に活発な発言が認められたとしている。結果として、VR型

教材が、作品に対する様々な気づき、思い、考えを共有するという授業目的に対して、効果的であることを示唆している。

近藤ら(2016)^[8]はBCI(brain-computer interface)の研究手法を用いて、HMDデバイス上の視覚情報と身体保持感・運動主体感の関係性について検証している。被験者には、運動想起を行わせた状態で、HMD内に、自らの手のCGとして、静止画と把持運動動画(拳を握る動画)を交互に比較視聴させている。結果として把持運動動画が身体保持感・運動主体感を向上させることを明らかにしている。特に運動主体感については、全被験者の主観評価で向上することが示されている。このことは、自分の意思とHMD内のCGの移り変わりが、一定程度連動することにより、現実に近い運動認識がフィードバックされることを示唆している。

最後に、筆頭筆者である加藤ら(2015)^[13]は、HMD装着を前提としたミュージアム型VR空間の試作を行っている。その中で、「コンテンツ認知」、「対話」についての技術検証を行っている。コンテンツ認知に関してはオブジェクトの解像度と認知・読解性の関係性を検証し、また、対話については、アバターを介在させた対話環境の試作を行っている。これらの技術検証から、対話と鑑賞が同時に見えるミュージアム型VR空間の開発について、実現可能性を明らかにしている。

これらの、先行研究を分析すると、教育的効果と言ふ面では、HMD・VRおよびその前身となった技術が、学習意欲の向上、理解の促進を促すことがわかった。また、「対話」に重点をおいたVR型教材を活用した美術鑑賞実践においても、学習意欲の向上、活発な発言、考えを共有しようとする姿勢において、一定の効果があることが示唆された。

技術面では、VR内でのCGによる自己投影が運動保持感を喚起することが示された。また、ミュージアム型のVR型教材の制作可能性、更にアバターを活用した、行動や対話の仕組みの構築可能性が示された。

本論における「対話的な学び」のためのVR型教材構築にあたっては、上記で示された効果や技術を継承す

る形で、より現実に近接した学習場面・情報として美術館の構築及び、アバターを用いた美術館内でのオンライン対話環境の構築を試みる。尚、学習場面・情報が美術館である根拠については次章にて述べる。

3. 「対話的な学び」としての対話型鑑賞教育とVTS

次に、「対話的な学び」と美術鑑賞との親和性について、また、VR型教材が提供する学習場面・情報として「美術館」が合理的かという点について検討する。

本章ではアメリカ・アレナスが実践した対話型鑑賞教育、フィリップ・ヤノウインらにより確立されたヴィジュアル・シンキング・ストラテジー（以下、VTS）に焦点化し、先行研究を分析する。

宮田ほか（2015）^[14]は、アメリカ・アレナスがニューヨーク近代美術館で1984年から96年まで行なった対話型鑑賞教育について、ゴールに向かって相互に意見を出し合い教員はあくまでサポートでパスをつなげる鑑賞方法であり、鑑賞スキルだけでなく思考能力やコミュニケーション能力も向上すると考えられると述べている。

斎藤（2011）^[15]は、大学生に対する、対話的鑑賞教育の過程で、学生には、自由に想像力を働かせつつも、作者の意図を探ろうとし、様々な意見から納得の行くものを選択しようとする姿勢が見られるとしている。

和田ほか（2008）^[16]は、対話的鑑賞教育を、発信を中心に対話を構築することにより、興味・関心を喚起させ、仲間同士の対話を通じて、創造性に富んだ解釈や物語づくりを楽しむことができるコミュニケーション力や思考力を養うものであるとしている。

また、上記のアメリカ・アレナスも構築にかかわり、同じく、ニューヨーク近代美術館のフィリップヤノウェイらにより開発された鑑賞技法であるVTSについて、宇野

（2016）^[17]は、VTSの近年のアメリカでの浸透の理由を以下としている。①学習者中心の活動であり、作品の知識がない学習者も能動的にコミットすることが可能な活

動であること。②学習者の言語発話を促し、視覚メディアを通したより高度な言語リテラシーを醸成する。③価値の多様性を尊重し、様々な考え方を許容する個人を育成する。

平野ら（2015）^[18]は、VTSを正統的周辺参加、認知的徒弟制の理論から捉え直し、京都造形大学によるVTSを取り入れた対話型鑑賞プログラムであるACOPにおいて学習者の発話分析を行なっている。その中で、対話型鑑賞場面ではファシリテーターの学習支援が徐々に鑑賞者に移譲され、さらに鑑賞者同士でお互いに学習支援を“わかつもつ”ことで協同的な鑑賞が進み、鑑賞者の成長が促されることを明らかにしている。

また、長井（2014）^[19]は、美術鑑賞において、「身体性」について述べている。身体を介した物理的存在として作品が目の前にあることで、①言語的思考、②作品知覚、③自己感覚が作用する。そして、指導者が①が②③と表裏一体の関係であることを忘れてはいけないとし、身体で得たものを「対話」することの重要性を述べている。

このように、対話型の美術鑑賞技法である、対話型鑑賞教育及びVTSは、学習者が主体となり、美術という外部情報に対して身体で感じ、情報を取り入れながら、想像力を喚起させ、積極的な発言を行い、他者の多様な意見を取り入れる、協同的なプロセスであることが示された。これは1章で述べた「対話的学び」のプロセスと概ね趣旨を同じくするものと考えられる。

またVTSやACOPプログラムに関しては、実際の美術館、美術品だけではなく、プロジェクターなどの視覚メディアや、デジタルコンテンツを活用した試みも多数報告されている。

以上のことから、本論の「対話的な学び」を目的とした、VR型教材の作成において、学習場面・情報として美術館を採用し、多様な情報を配置するという試みは合理的であると考える。

4. VR型教材の開発と評価

今回開発したVR型教材は、2名ペアで美術を鑑賞するものであり、現実の美術館ができる限りVR内に再現したものである。今後、他種の場面・情報を再現したVR型教材の開発を計画していることを鑑み、本教材名を以下「VRLS.1」とする。

(1) 「対話的な学び」を実現するための開発指針

1章における「対話的な学び」のプロセス、2章におけるVR型教材の効果と制作可能性、3章における対話型の美術鑑賞技法の分析をもとに、下記を「VRLS.1」の開発指針とした。

- ・教室での一斉学習ではない、課外授業（外界）としての心理形成がもたらされる
- ・知覚的に感じることができる美術品が設置されており、またそれらに関連する情報として、説明文などの文字情報が存在する
- ・知覚した情報を自分の意見として言語化し、会話を通して意見交換ができる

・協働的に取り組む課題が設定されている

開発指針をもとに、開発要件を定義し、インターフェース及び機能構築へと落とし込んだ。表1にこれらを整理したものを示す。そして、図1には「VRLS.1」の実際のインターフェースを、図2には実践環境を示す。そして、表2には、「VRLS.1」で採用した開発・実行・通信環境を示す。

先行研究を踏まえ、技術的に意識した点として、まず、長井（2014）^[19]が述べたように、美術を、なるべく知覚的、身体的に感じられるよう、解像度は最大限とした。また、絵画の設置演出に関しても、現実の美術展示を最大限意識し、ガラス板、絵画同士の余白などを設定した。そして、平野ら（2015）^[18]が述べた、対話をわかつもつ「場」がより意識されるよう、展示スペースに対して、対話スペースを区別し、鑑賞と課題消化の場面にメリハリをつけ、両者とも集中が持続されるよう工夫した。

また、自分の移動動作に関しては近藤ら（2016）^[8]の3DCGにおける運動主体感の喚起を参考として、今回はHMDの頭部動作による視線移動に加え、歩行移動に関しては、十字キーコントローラによる操作で空間移動が

表1 「VRLS.1」について

開発指針	開発要件	インターフェース及び機能の仕様
<p>教室での一斉学習ではない、課外授業（外界）としての心理形成がもたらされる</p> <p>・知覚的に感じができる美術品が設置されており、またそれらに関連する情報として、説明文などの文字情報が存在する</p> <p>・知覚した情報を自分の意見として言語化し、会話を通して意見交換できる</p> <p>・協働的に取り組む課題が設定されている</p>	<p>美術館における環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ・美術館を想起させる空間設計、および美術館的な絵画の展示 ・「絵画」に加え、それにまつわる文字情報である「キャプション・年表」の配置 ・「展示スペース」とは別に、課題に取り組むための「対話スペース」の設置 <p>対話・課題環境</p> <ul style="list-style-type: none"> ・美術館内の移動、鑑賞、情報収集が、自由に行えること ・音声による会話が可能であること ・他者の非言語（位置、移動、体の向き）が認識できること ・鑑賞を終えたあとに、別の部屋で集中した会話が行えること 	<p>美術館設計</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エントランス、鑑賞ルーム、対話ルームの設計 ・絵画及び絵画のキャプション、年表情報の設置 <p>※空間設計及び絵画展示のマナーは都内美術館を参考とした。また、コンテンツは最大限の解像度とした。</p> <p>自己の知覚・身体動作について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・対角画角 110 度以上、水平画角 90 度以上の視野、頭部動作を伴った 360 度視野 ・十字キーによる前後移動、十字キーによる体の向き（15 度ずつ）の切り替え <p>「他者」の認識・対話について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人型の単色立体アバターの設計 ・移動及び体の向きのアバター反映 ・常時接続における音声通話

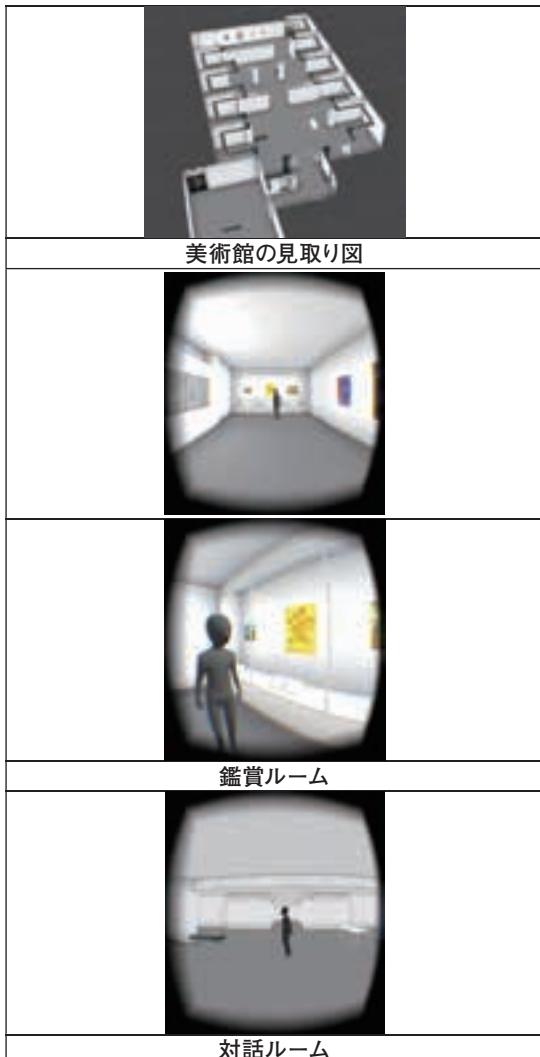


図1 「VRLS.1」のインターフェース

認知できるよう機能を開発した。

そして、臼井ら(2018)^[12]で示された、VR型教材体験に、活発な発言や、考えを共有しようとする姿勢の喚起が「VRLS.1」でも發揮されるよう、ペアがしっかり相手を意識して対話できるよう、3DCGによるアバターを設計し、相手の位置、体の向きの認識を可能とした。また、オンライン上での安定した会話が可能となるよう通信環境を設計した。

尚、「VRLS.1」は研究・実証実験を目的としたシステムであり、一般に公開されるものではない。「VRLS.1」

表2 「VRLS.1」で採用した開発・実行・通信環境

開発環境	
開発環境 OS	OS X Mavericks (Apple 社製)
統合開発環境	Unity - バージョン 4.5 (Unity Technologies 社製)
実行環境	
実行環境 OS	OS X Mavericks (Apple 社製)
HMD デバイス	Oculus Rift Development Kit2 (以下、OculusDK2) (Oculus 社製)
コントローラ デバイス	USB ゲームパッド (ELECOM 社製)
通信環境	
キャラクタ同期用ネットワークエンジン	Photon Cloud (Exit Games 社製)
音声通話	Skyway (NTT コミュニケーションズ社製)
音声通話 2	iPhone 5S - 携帯電話回線 (Apple 社製) ※実験に際しては、通信環境安定の観点から、同条件であるこちらを採用した



図2 「VRLS.1」の実践環境

内の建築物、および絵画に関しては、名画展示のある国内美術館を参考にし、その際、絵画に関しては著作権が失効している絵画ピカソ(ひまわり)、ゴーギャン(アリスカン)の並木道アルル)、セザンヌ(りんごとナップキン)を採用し、フォトストックサービスから購入し反映している。

(2) 有効性に関する評価

本評価では被験者実験として、現実の美術館と

「VRLS.1」を比較する。比較観点を、①美術館と他者認知の基本的環境、②体験時の心理形成、③対話・課題解決の状況とし、それぞれ量的、質的な要素を分析する。その際、技術的な課題については、その改善可能性をなるべく具体的に予測する。そうすることでVR型教材の本質的な性質、独自の有効性についての抽出を試みる。

①評価のための実験方法

被験者は、1日間で、2人1ペアで現実の美術館、「VRLS.1」の順番でそれぞれ、1回ずつ体験する。

こちら（筆者側）では、被験者集合時に、まず、実験の趣旨を説明する。その後は、両者（現実の美術館と「VRLS.1」）体験の最初にそれぞれ、下記の行程を説明する。

- ・美術館への入場方法及び課題内容
- ・鑑賞方法：美術館・絵画に触れながら絵画そのものや、周辺知識を取得し、互いの意見を交換しながら鑑

表3 体験フロー

集合・1日間の趣旨説明 場所：「VRLS.1」設置場所	
1. 現実の美術館体験	2. 「VRLS.1」体験
ペア決め※「VRLS.1」もそのまま同じペア	
行程の説明	行程の説明
美術館へ移動・入場	<ul style="list-style-type: none"> ・基本操作説明 ・5分間程度の練習
鑑賞	
約20分の持ち時間にて、 ・目的の作品に限らず、自由に対話しながら移動と鑑賞	
・課題消化を意識して、対話しながら絵画及びキャプション情報について情報収集	
エントランスへ移動	対話ルームへ移動
約10分の持ち時間にて、 下記の課題を議論、消化し、課題用紙へ記入	
ゴッホの「ひまわり」の鑑賞を通して、“何故、この絵が美しいと評価され美術的価値が高いのか？”チームとしての答えを簡潔に述べよ。	ゴーギャンの「アヌリカンの並木路、アルル」の鑑賞を通して、“何故、この絵が美しいと評価され美術的価値が高いのか？”チームとしての答えを簡潔に述べよ。
「VRLS.1」設置場所へ戻る・集合	質問票（両体験分）を記入



図3 体験中の様子

賞を進めること。

- ・課題消化方法：最後に別途用意された場所に移動し議論を行い、結論を導くこと。

最後の課題は、「何故、この絵が美しいと評価され美術的価値が高いのか？」とし、あえて明確な正解がなく、各々の知覚的な感覚や独自の感想がやり取りされるよう工夫した。そして、両体験完了後に質問票記入を求めた。1日間の体験フローを表3に、体験中の様子を図3に示す。

尚、本研究の教材開発は、将来の初等・中等教育を想定しているが、本実験の被験者は大学生、大学院生である。今回の採用デバイスOculusDK2は、実験当時、まだ製品化されておらず、開発用端末であった。その制約として、子供の使用に関するガイドラインが存在し

た。このため、当実験においては成人者を被検者とした。被験者は、理系大学生6名、文系大学生7名、芸術系大学生2名、計15名とした。尚、ペアについては、体験比較データに対して、被験者の相性によって及ぼされる影響を最小限に抑えるため、両体験とも同じペアでの体験とした。

② 質問票

質問票は、なるべく簡易で直感的になるよう項目や順序を工夫した。それぞれ2問ずつ作成し5件法での解答を求めた。質問票の構成としては、Q1からQ2は主に技術面のアプローチからコンテンツの認知と他者認知についての評価、Q3は体験における心理形成についての評価、Q4からQ5は、実際の言語・非言語活動を伴った対話の実現性、課題の実現性についての評価を設定した。そして、全質問に関して、「現実の美術館」と「VRLS.1」の差異、および「VRLS.1」の改善点について自由回答を求めた。質問票の内容、また、5件法の尺度を表4に示す。

5. 結果

(1) 平均差及び検定結果について

「データに対応がある場合の母平均の差の検定(t検定)」を用いて、「現実の美術館」より「VRLS.1」の方が評価値の母平均が大きい、すなわち「VRLS.1」より「現実の美術館」の方が評価が良いといえるか検証した(標本数:15人)。「現実の美術館」「VRLS.1」それぞれの評価値の標本平均、標本標準偏差(SD)、評価値の差(VRLS.1-現実の美術館)の標本平均、そして上記の検定結果(p値と判定)を表5に示す。

判定欄の「**」は有意水準1%で有意であること(p値<0.01)、空欄は有意でなかったことを表す。「課題消化の納得」については、「現実の美術館」より「VRLS.1」の方が評価値の母平均が「大きい」といえるかの検定のp値が0.985であることから、「現実の美術館」より「VRLS.1」の方が評価値の母平均が「小さい」といえるかの検定のp値は $1 - 0.985 = 0.015$ なので有意水準5%で有意となる。このことを「VR*」という記号で表した。

また、差異、改善点に関する自由回答を、観点ごとにグルーピングしたものを表6に示す。

表4 質問票

		質問項目	
境 認 美 知 術 館 の 基 本 と 他 環 境 者	Q1. コンテンツ認知	絵画細部認知	絵画の細部まで鑑賞・認識することができた。
		文字列読解	文字情報(キャプション・年表)に関して問題なく読解できた。
心 理 形 成	Q2. 他者認知	アバター認知	視覚や聴覚をしっかり使い、仲間を認識することができた。
		会話	現実と同じように会話をを行うことができた。
境 対 話 ・ 課 題 環	Q3. 心理形成	良好な心理形成	気分が向上し興味がわくなど、良好な心理状態であった。
		学外心理形成	学内(授業内)では感じない興味の喚起があった。
Q4. 対話の実現性	対話の実現	パートナーと意見交換をしながら、絵画に対しての互いの意見を交換できた。	
	他者意見の理解	自分とは異なる意見や解釈を感じることができた。	
	Q5. 課題の実現性	対話の満足	課題に関して、しっかり対話しながら意見交換することができた。
		課題消化の納得	課題に関しては、納得した結果を導けた。
※ 5件法尺度 1. 非常にそう思う 2. ややそう思う 3. どちらともいえない 4. ややそう思わない 5. 非常にそう思わない			

表5 評価の平均、標準偏差、平均差及び検定結果

	観点	現実		VRLS.1		平均差	検定結果	
		平均	SD	平均	SD		p値	判定
知美術館と他者認知の基本環境	Q1. コンテンツ認知	絵画細部認知	1.33	0.49	3.20	1.01	1.87	0.000 **
		文字列読解	1.07	0.26	1.80	0.86	0.73	0.003 **
	Q2. 他者認知	アバター認知	1.33	0.62	1.93	0.59	0.60	0.004 **
		会話	1.73	0.96	1.93	0.70	0.20	0.212
心理形成	Q3. 心理形成	良好な心理形成	1.67	0.90	1.87	0.92	0.20	0.212
		学外心理形成	1.67	0.90	2.07	0.88	0.40	0.069
対話・課題環境	Q4. 対話の実現性	対話の実現	1.60	0.74	1.60	0.63	0.00	0.500
		他者意見の理解	1.67	0.72	1.67	0.72	0.00	0.500
	Q5. 課題の実現性	対話の満足	1.60	0.74	1.53	0.64	-0.07	0.665
		課題消化の納得	2.93	0.70	2.47	0.99	-0.47	0.985 VR*

**:1%有意, VR*:『[VRLS.1] の母平均の方が小さい=「VRLS.1」の方が評価が良い』が5%有意

表6 観点ごとにグルーピングしたコメント

コンテンツ認知
「油絵は解像度では表現できない要素がおく、いろんな角度から視覚情報が足りない」
「周囲の環境音がないから空間や他の存在を実感できない。」
「ライティングや音響環境がなく雰囲気が絵画に付随せず高揚感が少し劣る」
他者認知
「目を見て話すことができないため、コミュニケーションがとりにくい、積極的に意見を言えない」
「表情や体の動きが読み取れない」
「意見交換は差異なくできたが、身振り手振りができない」
「発言のタイミングや表情がわからない」
「身振り手振りから伝えたいことを判断できない」
心理形成
「頭部動作とおなじように、足も動かしたい。」
「足を動かして見ることの感覚はないが、VRへの興味からの高揚感はある」
「どちらも学内とは違った高揚があるが、美術館は美術館に行くという、VRは未知の技術に触れているという高揚」
「美術館は”感動”はあるが”高揚”はない」
「VR体験が特別で楽しかった」
「VRという特別感、3D空間を動くという経験」
「体験として非日常感があり、差異は感じない」

対話・課題の状況

「美術館ではリアルタイムで無意識で意見交換ができたが、VRは相手を強く意識し続け意見交換をしていた」
「美術館のように他人に気を配らず対話できた」
「VRにもベンチに座るなど対話しやすい仕組みが欲しい」
「実物に対して情報が少ないため、互いに補完しながらだった」
「鑑賞スペース、対話スペース両方とも、無駄な雑音や情報がなく、会話に集中できた。」
「実物よりVRの絵画の方が単純であろうが、教科書よりはVRの方が高度で絵画以外でも話すことが多くなる。」
「音量を抑えなくていいが身振り手振りが使えない等一長一短はあるが同程度の意見交換ができた」
「意見交換は差異を感じない」

まず、量的データである表5より、以下のことが明確となった。

- ①美術館と他者認知の基本環境については、現実の方が概ね高評価であった。うち、検定で有意(p値が5%未満、以下同様)だったのはQ1[コンテンツ認知]の[絵画細部認知]及び[文字列読解]、Q2[他者認知]の[アバター認知]の3項目であった。

心理形成については、大きな平均差や、有意差は示されず、現実の方が高評価とは言えなかった。

②対話・課題環境については、概ね大きな平均差や、有意差は示されず、現実の方が高評価とは言えなかった。一方で、Q5の[課題の実現性]の[課題消化の納得]に関しては、「VRLS.1」の方に高評価といえる有意差が示された。

③「VRLS.1」を「仕様」を評価するという観点で、平均値を個々に見していくと、一項目を除き、概ね中間的数値である2.50以下であった。

(2) 観点ごとの詳細

次に、質的な自由回答と照らしながら、観点ごとの詳細を検討する。特に現実の美術館と比較した場合の「VRLS.1」の不足要素、「VRLS.1」独自の効果について分析する。

・Q1.[コンテンツ認知]について

評価の平均差は、[絵画細部認知]が1.87、[文字列読解]が0.73を示し、両者とも「VRLS.1」の方が有意に低い評価が示された。また「VRLS.1」の[絵画細部認知]の評価は3.20と唯一3.00を超える否定的なものであった。

関連するコメントを要約すると、「解像度が足りない、立体物としての視覚情報が足りない」「ライティングや音響環境がなく雰囲気が劣る」等が示されている。

数値とコメントから、絵画の解像度の不足、絵画の立体化の必要性、音響やライトといった空間を構成する要素の不足が推察された。

・Q2.[他者認知]について

評価の平均差は、[アバター認知]0.60、[会話]0.20であった。[アバター認知]に関しては「VRLS.1」の方が有意に低い評価が示された。

関連するコメントを要約すると、「目が合わせられないため積極的な意見がいえない」「表情、体の動き、発言タイミングが読み取れない」「身振り手振りから判断できない」等が示されている。

数値とコメントから、アバターを通した会話時に「言

語」を補完するさまざまな「非言語情報」が不足していることが推察された。

・Q3.[心理形成]について

評価の平均差は、[良好な心理形成]が0.20、[学外心理形成]が0.40であり、両者とも0.50を下回り大きな差ではなく、有意差も示されなかった。そして、[良好な心理形成]の評価が1.87、[学外心理形成]も2.07と概ね肯定的数値を示している。

関連するコメントを要約すると、「足を動かしたい」「足を動かして鑑賞するという感覚がない」等が示されている。一方で、「未知の技術に触れているという高揚」「VR体験という特別感」「3D空間を動くという経験」「非日常感がある」等が示された。

数値とコメントを検討すると、まず、歩いているという運動主体感の不足が示されている。これは、Q1、Q2で示された視覚、聴覚に関する要素の必然性を合わせて考えると、現実の美術館鑑賞が、知覚を多様に活用した身体体験として行われていることが推察される。

その一方で、「VRLS.1」体験時には、「未知」「高揚」「特別」「非日常」などのキーワードが示され、現実の美術館では感じられない心理形成が想起されていることが推察された。

・Q4.Q5.[対話・課題環境]について

評価の平均差は、[対話の実現]、[他者意見の理解]が共に0.00、[対話の満足]が-0.07、[課題消化の納得]が-0.47であった。このように、すべて現実との差が0.00以下となり、[課題消化の納得]に関しては、「VRLS.1」の方が有意に高い評価が示された。

関連するコメントを要約すると、「VRは強く相手を意識しつづけ、意見交換した」「他人に気を配らず対話できた」「無駄な情報がなく、会話に集中できた。」等が示されている。

数値とコメントから、「VRLS.1」の中での2人は、他から遮断された感覚をもち、没入感と共に強く相手を意識していることが推察された。

6. 考察

実験を通して明らかとなったことを示し、考察を述べる。

- ・美術館と他者認知の基本環境においては、「VRLS.1」より現実の美術館の方に有意な結果が示され、「VRLS.1」においては、知覚への作用という観点で複数の改善点が示された。
- ・心理形成においては、「VRLS.1」より現実の美術館の方に有意な結果は示されなかった。
- 一方で、「VRLS.1」の方に「未知」「高揚」「特別」「非日常」という感想が示されたことから、VR型教材独自の心理形成が促されていることが明らかとなった。
- ・対話・課題環境に関しては、「VRLS.1」より現実の美術館の方に有意な結果は示されなかった。

一方で、課題消化のプロセスにおいては、逆に「VRLS.1」の方に有意な結果が示された。そして、「VRLS.1」の方に「相手を強く意識し続けた」「無駄なものがない」という感想が示されたように、VR型教材独自の効果として、「遮断」や「没入」が存在し、それが集中した「対話」を促していることが明らかとなった。

今回開発した「VRLS.1」には、一定の技術的改善点が示された。美術館環境に関しては、絵画の詳細な再現に加え、空間のライティングやサウンドデザインを含めた、空間を総合的な視点で捉えることの必要性が示された。

これらの課題は、現在、市場流通段階に入り、発展速度を上げているHMD・VR技術によって解消されていくことが期待される。8K対応による解像度の向上を背景に、油絵の精緻な3Dモデリングを検討すべきであろう。また、音声環境に関しては、360度音響技術であるアンビソニック技術を想定した収録やサウンドデザインを行うべきであろう。

そして、他者認知の課題として示された「非言語情報」の不足に関しては、赤外線センサー、加速度セン

サー等のセンシング技術の発展に注目すべきである。精度の高い動作検出や、視線検出などを、アバターと連動させることで、多様な非言語情報の表現が期待される。また、心理形成において示された、運動主体感の不足についても同様である。センシング技術の進展を鑑みれば、今後、より直感的な身体運動インターフェースの開発が期待される。

このように、今回示された「VRLS.1」の技術的課題の大半は、HMD・VR技術の発展に伴い、解消が期待される。

その一方で、VR型教材独自の効果に注目したい。

今回、VR型教材の体験を通して、現実とは異なる特別な心理形成が喚起され、また、対話の集中、協働性の向上が促されることが確認された。このことは、「対話的な学び」において、大きな活用可能性をもつことを示唆している。

未知で新しいものと出会い、特別な気持ちを抱くことは、「学びの動機」の芽生えへと通じる。例えばVR型教材は、時間、距離といった概念の表現上の超越が可能であり、海外の美術館から、古代遺跡に至るまで、多様な場面の構成が可能となる。そして、その世界の環境要素や登場人物等をコントロールすることで、没入感や、集中した対話を促す環境へと研ぎ澄ましていくことが可能である。

このように、前述の今後の技術発展と、本研究で明らかとなったVR型教材独自の効果を合わせて考えると、「対話的な学び」において、大きな活用可能性をもつことが示唆される。開発者は、俯瞰的な視点をもち、「学びの動機」の芽生えから「対話的な学び」へつながるプロセスをしっかりと描いた上で、より豊かな「外界」として学習場面・情報を志向すべきである。

7. まとめ

本研究では、「対話的な学び」を支援するVR型教材として「VRLS.1」を開発し有効性を評価した。

結果として、「VRLS.1」は、美術館の再現性に関して、いくつかの技術的改善点が示されたが、その多くは今後の技術発展により改善が期待されることがわかつた。

「対話的な学び」の一つの必要要素である「外界」の想起に関しては、心理形成を分析した結果、現実に劣るという結果は示されなかった。一方で、VR型教材独自の効果として、学びの動機につながる特別な心理形成の存在が確認された。

そして、「対話的な学び」のプロセスの重要な要素である、「共に考える」、「考えを比較する」、「多様な表現手段を使う」、「協同的態度」が実践されているかという点では、非言語情報の不足が示されたものの、学習者同士がアバターを介したオンライン環境において、研ぎ澄まされた「対話空間」を醸成し、協同的に意見交換し、課題に取り組む状況が確認された。

こうした結果をもって、「VRLS.1」が「対話的な学び」の一部を支援し得ることが示唆された。

今後、こうしたVR型教材独自の効果と、加速度的に進む技術発展を合わせて検討していくことにより、更に効果的な教材開発が期待される。以降、本研究で得られた知見を生かし「VRLS.2」の開発を進めていく。

参考文献

- [1] 文部科学省 (2019) , 学習指導要領「生きる力」
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/
 (参照日2019.2.13)
- [2] 内閣府 (2016) , 科学技術基本計画
<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index5.html> (参照日2018.4.5)
- [3] 文部科学省 (2018) , Society5.0に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～
http://www.mext.go.jp/a_menu/society/
 (参照日2018.4.5)
- [4] 中央教育審議会/初等中等教育分科会 (2015) , 新しい学習指導要領等が目指す姿

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/siryo/attach/1364316.htm
 (参照日2018.4.5)

- [5] 中央教育審議会/生活・総合的な学習の時間ワーキンググループ (2016) , 生活・総合的な学習の時間ワーキンググループにおける審議の取りまとめ(総合)
http://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2016/09/12/1377064_2.pdf
 (参照日2018.4.5)
- [6] 高木展郎 (2018) , 「主体的・対話的で深い学びを拓く－アクティブ・ラーニングの視点から授業を改善し授業力を高める」, 学事出版
- [7] 谷内祐樹 (2018) , 「主体的・対話的で深い学びを拓く－アクティブ・ラーニングの視点から授業を改善し授業力を高める」, 学事出版
- [8] 近藤敏之, 長嶺伸, 大村優慈, 矢野史朗 (2016) , 没入型ヘッドマウントディスプレイの認知心理学実験への活用事例, 日本神経回路学会誌, 23 (3) : 87-97
- [9] 矢野充洋 (2008) , 理科におけるコンピュータを用いた天文分野の授業事例, 和歌山大学教育学部紀要, 58:79-86
- [10] 濱戸崎典夫, 加藤拓, 寺師航, 岩崎勤, 森田裕介 (2011) 影像観賞用 AR 教材における能動的操作の有用性に関する検討, 日本教育工学会論文誌, 35 (Suppl) : 105-108
- [11] 田尻圭佑, 濱戸崎典夫 (2016) , HMDを用いた3次元ジェスチャ操作による没入型天体教材の開発, 日本教育工学会論誌, 40 (Suppl) : 193-196
- [12] 白井昭子, 佐藤克美, 堀田龍也 (2018) , 中学校美術科の鑑賞の授業におけるVR教材の活用に関する一検討, 日本教育工学会論誌, 42 (Suppl) : 105-108
- [13] 加藤亮介, 川瀬基寛, 結束孝典 (2015) , HMDデバイスを前提としたVR学習空間の構築と分析, 日本教育メディア学会, 第22回年会論文集, 22:154-155
- [14] 宮田和美, 赤間彩織, 堀館秀一, 舟生日出男 (2015) , 着目箇所の共有を通して美術作品の理解深化を目

- 指した美術教育実践,日本科学教育学会研究会研究報告,30,No.3:53-58
- [15]齊藤真奈美 (2011),対話型鑑賞教育の課題,中国学園大学,中国学園紀要, 10:19-27
- [16]和田咲子,山田芳明 (2008),美術作品鑑賞における対話と作品理解の関係についての一考察,美術教育学,29:645-655
- [17]宇野慶 (2016),美術作品を中心とした視覚媒体を活用した教育の研究-VTS 美術鑑賞教育を日本に適用した教育方法の形成-,玉川大学,玉川大学学術研究所紀要,22:38-40
- [18]平野智紀,三宅正樹 (2015),対話型鑑賞における鑑賞者同士の学習支援に関する研究.美術教育学,36:365-377
- [19]長井理佐 (2014),“身体性”を意識化した“イメージ”との対話-対話型鑑賞への“身体性”的導入をめざして,美術教育学,35:341-352

