

令和5年度 文部科学省 専修学校における先端技術利活用実証研究
専修学校遠隔教育導入モデル構築プロジェクト

**化学分野等における先端技術を活用した実習科目の
遠隔教育モデル構築事業**

事業成果報告書

令和6年2月

学校法人重里学園 日本分析化学専門学校

目次

1.	はじめに	3
2.	事業概要	4
2.1.	事業趣旨	4
2.2.	事業の背景	4
2.3.	事業活動項目	9
2.4.	事業の実施体制	11
2.4.1.	構成機関	11
2.4.2.	実施体制イメージ	11
3.	開発報告	13
3.1.	化学分野等での実験・実習における遠隔教育モデルの検討	13
3.1.1.	遠隔教育モデルの概要	13
3.1.2.	令和4年度の開発・実証結果に基づく課題の分析	14
3.1.3.	定性分析実験への適用	16
3.2.	定性分析 VR トレーニングコンテンツ（ゴーグル版）	18
3.2.1.	開発概要	18
3.2.2.	題材の選出	18
3.2.3.	コンテンツ構成	19
3.2.4.	コンテンツイメージ	21
3.2.5.	実験操作の評価とフィードバック	21
3.2.6.	チュートリアルコンテンツ	22
3.3.	定性分析 VR トレーニングコンテンツ（PC 版）	24
3.3.1.	開発概要	24
3.3.2.	コンテンツ構成	24
3.3.3.	コンテンツイメージ	25
3.4.	e ラーニングコンテンツ	26
3.4.1.	開発概要	26
3.4.2.	コンテンツ構成	26
3.4.3.	コンテンツイメージ	27
3.4.4.	確認問題	28
3.5.	360° VR 映像コンテンツ	29
3.5.1.	開発概要	29
3.5.2.	コンテンツイメージ	29
3.5.3.	動作環境	30

3.6.	中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース化.....	32
3.6.1.	開発概要.....	32
3.6.2.	機能仕様.....	32
3.6.3.	メタバースイメージ.....	34
3.7.	e ラーニング環境.....	35
3.7.1.	開発概要.....	35
3.7.2.	e ラーニングサイトイメージ.....	35
3.8.	遠隔教育モデルガイドラインのとりまとめ.....	37
4.	実証講座.....	39
4.1.	実施概要.....	39
4.1.1.	講座趣旨.....	39
4.1.2.	実施方法.....	39
4.1.3.	対象者属性.....	39
4.1.4.	実施内容・時期.....	40
4.2.	実証講座実施結果.....	41
4.2.1.	講座実施の様子.....	41
4.2.2.	実験実習の成績評価.....	45
4.3.	受講後アンケート調査結果.....	50
4.4.	実施結果まとめ.....	80
5.	メタバース実施検証.....	82
5.1.	実施概要.....	82
5.2.	実施結果.....	83
5.2.1.	実施の様子.....	83
5.2.2.	体験後アンケート調査結果.....	84
5.3.	実施結果まとめ.....	90
6.	成果報告会.....	91
6.1.	開催概要.....	91
6.2.	出席者アンケート結果.....	92
付録	参考資料.....	99

1. はじめに

本校は、開校から今年で42年を迎えるが、2020年に入学した39期生が初めて登校をしたのが4月7日。新型コロナウイルスの感染症拡大によって、我が国に初めて緊急事態宣言が発出されたその日であった。そして、卒業式を迎えた2年後の2022年3月8日、大阪府はまん延防止等重点措置の対象区域に指定されており、まさにこの39期生たちはコロナで始まりコロナで終わる学生生活であった。

本校としても、何としても学びを止めないという教職員の努力によって、慣れない遠隔授業、オンラインでの個別指導を実施。当初予定していた各種行事も延期や計画縮小はあったものの、無事に2年間、予定通りの授業時数を終えることができた。これらの取組は、先取的なものとして、当時文部科学省が制作した「専修学校の遠隔授業オンラインセミナー」動画や、月刊誌「文部科学広報」にも取り上げられた。

しかしながら、教育プロセスにおいて悔恨の念を抱くとするれば、コロナ禍での実験・実習が十分であったかということである。現在の高等学校では、一部工業系を除き化学実験を実施している学校は少数であり、本校に入学する学生も化学実験の経験は乏しい。そのような中、遠隔で授業はできたとしても、実験・実習が対面でできない入学当初の期間は、どれだけ不安な気持ちであったかということを経験すると、十分なフォローができたとは言いがたい。今回の本事業へのチャレンジは、こうした39期生への教育の背景から、この後の入学生に同じ思いをさせたくないという教職員の思いが根底にあることを申し上げておきたい。

このような中で一昨年度から本事業への取組を開始した。もちろん、対面で実験実習を指導する時間が少ない中で、効率よく実験実習を実施するための手法として、国内でも類が無い化学実験のVR化を目的にしているが、開発したeラーニングやVRのコンテンツの試用検証や実証講座を繰り返す中で、危険を抑えた安全教育、常に同じ条件下で実験ができる再現性、表示される手順や解説による理解度の向上、試薬等を利用しない環境負荷の軽減など、多くのメリットが存在することも理解できた。

また、時間的制約がある中で、実証講座に高校生が参加してくれた意義は大きい。教育成果の評価のみならず、今後の展開という点から大いに期待を感じることができた。政府の教育未来創造会議において議論されている、成長分野を担う理工系人材の育成強化において、前期・後期中等教育段階で実験が学習効果につながることはさまざまな機関で実証されているが、時間、経費、人の問題から、化学実験を授業の中で常に実施することは困難とされ、本校に実験実施を依頼される中学校や高校も少なくない。

このように今回の取組が、本校のみならず、高等学校への教育支援、社会人のリカレントやリスキリング教育も含めて、その拡張性が高いことも感じられる取組となった。

2. 事業概要

2.1. 事業趣旨

新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により、集合学習の実施が困難となったことを契機として、専門学校での遠隔教育の導入が急速に進展している。本校でも、特に講義科目等の教育活動で本格的に導入し、在校生を始め講習受講者や関係企業から好評を得ている。一方で、化学分析人材の養成に不可欠な実験実習については、十分な成果を得られていないのが実情であった。

実習科目の遠隔教育については、技術指導を中核とする分野の専門学校での共通課題となっている。映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等の事例を確認できたが、いずれも通常の集合学習と同等の効果を得られているとは言い難い。コロナ禍のような有事の際に学びを止めないため、またより良い技術指導の在り方を検討するため、実習科目の遠隔教育手法の重要性は言うまでもない。

そこで本事業では、専門学校の実習科目をターゲットに、仮想空間上で技術教育を行うためのプラットフォーム・コンテンツを調達・開発した。その上で、これを補完する映像教材等の e ラーニング等を整備し、実験・実習の遠隔教育モデルとしてとりまとめた。本取組により、化学分野のみならず、バイオ・農業・医療・美容などの関連分野の実習科目への遠隔教育の導入を目指す。さらには、専門教育の高度化や、社会人教育・高専連携等の教育対象の拡張などの課題解決にも寄与する。

2.2. 事業の背景

(1) 専門学校での遠隔教育の急速な進展

新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により緊急事態宣言が発令された際、専門学校をはじめとした教育機関では集合学習が実施困難となり、従来形態での教育活動を遂行することが難しくなった。これにより専門学校では現在、急速に遠隔教育の導入が進んだ。

文部科学省による専修学校の新型コロナウイルス感染症対策に関する調査（※1）によれば、1 度目の緊急事態宣言下である令和 2 年 4 月時点では、「遠隔授業を実施」と回答した専門学校は 27.9%（553 校）に留まった。しかし 1 か月後の 5 月時点での調査では、63.2%（1230 校）まで急上昇している。緊急事態宣言解除後の 6 月には対面授業の割合が増加しているものの、「対面・遠隔を併用」「遠隔授業」の割合が約 5 割となっていて、およそ半数程度の専門学校が継続して遠隔教育を実施していることが見て取れる。

(※1) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症対策に関する専門学校の対応状況について
https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00007.html

インターネットの普及により e ラーニングという言葉が聞かれるようになって以来、20 年以上に渡って、専門学校でも遠隔教育に関する議論が行われてきたが、これまでは部分的な活用に留まることが多く、本格的な導入に至った事例は少なかった。その要因は、導入の必要性に対する疑問、高額な導入コスト、遠隔教育ノウハウの不足などが考えられる。しかしコロナ禍の影響により、多くの専門学校では遠隔教育を実施する必要に迫られ、遠隔教育の体制や環境、ノウハウを有することとなり、現在は結果的に遠隔教育の導入要件が満たされた状況にある。緊急事態宣言の発令が繰り返され、コロナ禍の長期化も予想された中で、専門学校群はここで得た遠隔教育の環境・ノウハウを積極的に活用していく必要に迫られた。換言すれば、専門学校の教育手法はパラダイムシフトが加速される状況にあり、より画期的な遠隔教育手法を普及できる環境が整ったと考えることもできる。

(2) 遠隔教育における実験・実習の現状と課題

専門学校での遠隔教育は、知識学習を中心とした講義科目での導入事例が多数見受けられる。本校でも、文部科学省委託事業にて行った e ラーニングによる社会人向け遠隔教育の実績・ノウハウ (※2) を活かし、専門課程に通学する学生を対象に、動画の収録・配信によるオンデマンド授業や、Web 会議ツールを活用したライブ授業を導入した。その結果学生や関係企業からも好評であり、幾つかの課題は残るものの一定以上の教育効果を得られたと考える。

(※2) 日本分析化学専門学校 専修学校リカレント教育総合推進プロジェクト
「e ラーニングを活用した化学分野学び直し講座 実施モデル構築事業」
<https://www.bunseki.ac.jp/disclosure/#02>

一方で、実習科目の遠隔教育については、技術指導を中核とする専門学校全体での共通課題となっている。例えば、文部科学省の調査 (※3) によれば、専修学校の実習科目への対応事例については、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等の事例が見られる。しかし、これらの手法では、学生が実際に技術を実践する時間が極端に少なくなり、また学習者の自発的な学習に依存する部分も大きい。そのため、従来の集合学習による技術指導と同等の効果を得られているとは考えづらい。

(※3) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症対応に係る専修学校における遠隔授業の取組事例集
https://www.mext.go.jp/content/20200529-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf

実際、本校の化学実験の授業では、図に示すように、映像にて実験の流れを講師が演示し、週に1度の登校日に実践するという流れで実習科目の授業を実施した。しかし、必要十分な学習効果に到達できたとは言えない結果であり、現状は更なる試行錯誤を行っている段階にある。

<日本分析化学専門学校のハイブリッド型の技術指導の例（令和2年5月時点）>



オンライン授業で講師が
実験の流れを演示



学生は集合学習で実験を実践

化学分野の本校をはじめ、バイオ・農業・医療・美容などの関連分野の専門学校では、教育内容の特性上、実習科目が極めて重要な位置づけとなっている。新型コロナウイルス感染症の対策も当然のことながら、教育内容・手法の更なる充実や、他の不測の事態への対応という観点からも、遠隔教育環境下での技術指導の在り方の検討は重要な課題である。

(3) VR 技術を活用した技術教育の可能性

ICT 技術の発展に伴い VR 技術に注目が集まり、昨今では特に教育への活用を議論される機会が増えた。教育への活用方法のひとつとして、技能トレーニングが挙げられる。VR 技術を活用した技能トレーニングでは、学習者がバーチャル空間上で技能体験を行うことで、従来のテキストや映像を使った学習よりも高い効果を得られると考えられている。例えば、米カルフォルニア大学による「VR 手術トレーニング」のシステムを使用した効果検証の事例（※4）では、VR 技術を活用した学習者と、テキストによる従来手法での学習者とを比較して、前者の学習成果の評価スコアが 130%ほど優位であったとされる。この事例は一例であり、類似した研究結果が多々見受けられることから、VR 技術を技能トレーニングに活用することで一定以上の学習効果の向上が期待できる。したがって、専門学校における技術教育への VR 技術活用は積極的に試みられるべきである。

（※4）MoguraVR VR 手術トレーニングは“倍以上の効果”、米大学が立証

<https://www.moguravr.com/vr-surgical-training/>

本校で養成する分析化学人材をはじめ、化学分野の人材育成を行う上では実験技術の醸成が不可欠である。その際に上述のような VR 技術を活用し、既存の技術教育を効果的・効率的に実施することができれば、より発展的な技術教育も可能となる。また、危険性の高い実験等をバーチャル空間上で実施することにより、リスクを回避しながら高度な教育を行うこともできる。このような観点から近年、海外の大学を中心に実験技術教育への VR 活用が開始されている。例えば、デンマーク系 IT 企業が開発したバーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」(※5)は、バーチャル空間上で多種多様な実験技術をトレーニングできるシステムで、既にマサチューセッツ工科大学をはじめ 2000 以上の大学・高校等に導入・運用されている実績を持つ。

<バーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」>



バーチャル空間上で実験技術のトレーニングが可能

(※5) バーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」

<https://www.labster.com/>

このような VR 技術を活用した教育システムを取り込む形で、遠隔教育モデルを構築できれば、前述した実習科目の学習効果に関わる課題を解決できる可能性が高い。さらには、従来の集合学習形式での教育と比較しても、より高い学習効果を期待できる。また実験技術は化学分野のみならず、バイオ・農業・医療・美容など多様な分野で求められる技術であり、実験技術を学習ターゲットとした遠隔教育モデルは広範な分野での応用可能性があるという点でも有意義である。

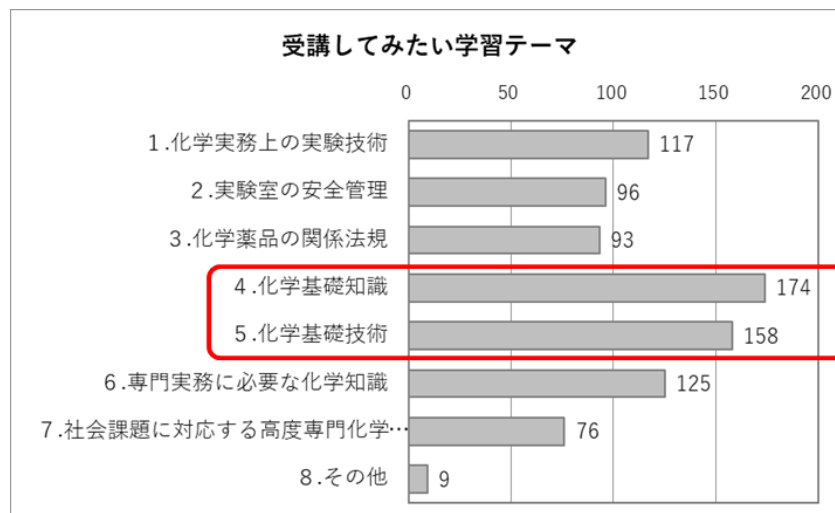
(4) リカレント教育・高専連携教育での応用の見通し

化学分野等の専門学校において、実験技術の遠隔教育モデルが構築されれば、リカレント教育や高専連携教育へも応用できる見通しである。

本校で 2018 年から 2020 年にかけて推進した専修学校リカレント教育総合推進プロジェクト「e ラーニングを活用した化学分野学び直し講座 実施モデル構築事業」では、計 4 回、延べ 500 名以上の社会人（化学系業務従事者等）をターゲットに実証講座を開催した。そ

の受講者アンケート調査結果を見ると、グラフに示すように、受講したい学習テーマとして「化学基礎知識」「化学基礎技術」が多く挙げられており、基礎的な学習内容の学び直しに対して大きなニーズがあることが明らかになった。したがって、化学分野の基礎的な実験技術を学習できる遠隔教育モデルが専門学校で構築されれば、化学業界企業・社会人を対象としたリカレント教育にも活用ができる可能性が高い。

< 化学系業務従事者等の希望する学び直しテーマ（2021年1月） >



日本分析化学専門学校 文部科学省委託事業
「eラーニングを活用した化学分野学び直し講座実施モデル構築事業」
2020年度 実証講座実施結果より

※上記アンケートの「化学基礎技術」は実験技術を取り扱う学習項目。実験室での立ち居振る舞いや、器具・機器類・試薬の基本的な取り扱い方、一般的かつ頻出の実験に係る技能などの学習内容で構成。

また、高専連携教育への応用も期待できる。高等学校段階において「化学」は主要科目の1つであり、その中には言うまでもなく、化学実験を行うような授業も組み込まれている。しかし、授業時間数の不足や器具・機材の不足、教員の対応力不足などを要因として、実験回数を十分に確保できない高等学校も多い。実際、本校に入学する高等学校普通科卒業生は、十分な化学実験の経験がない学生も多く、また近隣の高等学校から連携授業を依頼されることもある。こうした状況下で、化学実験の遠隔教育モデルが構築されれば、化学分野等の専門学校が高等学校に対して連携授業を提供しやすくなり、高専連携の促進にも寄与することを期待できる。

(5) 本事業の目的・実施意義

以上の背景から、本事業では化学分野等における実習科目の遠隔教育の実現を図るべく、VR技術を活用した実習科目の遠隔教育モデルの構築に取り組む。本モデルでは、

実習を遠隔教育と集合学習のハイブリッドで実施することを前提とする。遠隔教育は集合学習の前後で行われる想定で、VR コンテンツや e ラーニングを活用して、実験器具の扱い方や作業の流れ、注目するポイントなどの知識学習を実施する。一方、集合学習では、事前に遠隔教育で学習した内容を前提として、短時間で集中的に実習の実践と個別指導を実施することを想定する。

このモデルを実現するために、本事業ではまず、実習科目「基礎化学実験」をターゲットとして、仮想空間上で化学実験等の技術教育を行うために必要なプラットフォーム・コンテンツを調達・開発する。その上で、これを補完する映像教材等の e ラーニングコンテンツ等を整備し、実験実習の遠隔教育モデルとしてとりまとめる。さらに、関連分野の専門学校への成果活用を見据えて、導入要件や導入方法、コンテンツの開発方法、遠隔教育と集合学習の比率などを整理した導入ガイドラインを作成する。

この取組により、化学分野をはじめ、バイオ・農業・医療・美容などの関連分野の実験実習への遠隔教育の導入を支援すると共に、専門教育の高度化や、社会人教育・高専連携等の教育対象の拡張など、従来手法では難航していた課題の解決にも貢献し、専門学校教育の更なる充実に寄与する。

2.3. 事業活動項目

本事業は令和 3 年度から令和 4 年度の 3 年間に渡って、活動を推進する予定である。各年度に実施予定の事業活動項目を以下に記載する。

(1) 令和 3 年度

令和 3 年度は事業開始初年度として、まず 3 系統の調査を実施し、化学分野における遠隔教育モデルのニーズや、VR 技術等の活用状況・活用意向などについて、現状を明らかにした。その上で、調査結果を踏まえ、遠隔教育モデル素案の設計と、化学実験を遠隔教育で行うための各種コンテンツのプロトタイプ開発等を実施した。

< 取組項目 >

◇調査

- ① 遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態調査
- ② VR 技術を活用した実習等事例調査
- ③ 技術教育手法事例調査

◇開発

- ① 遠隔教育モデルの素案設計
- ② 360 度 VR 映像学習コンテンツ プロトタイプ開発
- ③ 3DCG VR トレーニングコンテンツ プロトタイプ開発
- ④ e ラーニングコンテンツ プロトタイプ開発

⑤ e ラーニングプラットフォーム調整

(2) 令和 4 年度

令和 4 年度では、まず前年度の開発成果を活用し、化学系科目の指導教員や化学系科目履修者の協力を得て、遠隔教育環境プロトタイプの試用検証を行った。この結果を受けて、本事業内で開発する遠隔教育モデルの第一案を策定し、これに沿って各種コンテンツ等の開発を実施した。その上で実証講座を開催し、次年度に向けての課題の洗い出しを行った。

< 取組項目 >

◇開発

- ① 遠隔教育環境プロトタイプ試用検証
- ② 遠隔教育モデル構築
- ② VR コンテンツ運用環境の設計・整備
- ③ VR コンテンツ 本格開発 (360° 映像、3DCG トレーニング 他)
- ④ e ラーニングコンテンツ 本格開発
- ⑤ e ラーニングプラットフォーム拡張開発

◇実施

- ① 第 1 回実証講座 (遠隔教育モデルの効果測定を目的。)

(3) 令和 5 年度

令和 5 年度では、前年度の実証講座での検証結果を受けて、まず遠隔教育モデル及び各種コンテンツ等の改良や拡張開発を実施した。その上で第 2 回実証講座を実施し、遠隔教育モデルの有効性・妥当性等を検証した。この結果を受けて、本事業の最終成果として、化学分野での実験・実習における先端技術を活用した遠隔教育モデルをとりまとめた。

< 取組項目 >

◇開発

- ① 遠隔教育モデルの改良
- ② VR コンテンツ運用環境 改良
- ③ VR トレーニングコンテンツ 拡張開発
- ④ e ラーニングコンテンツ 拡張開発
- ⑤ e ラーニングプラットフォーム改良
- ⑥ 遠隔教育モデルの最終版のとりまとめ

◇実施

- ① 第 2 回実証講座 (遠隔教育モデルの効果の再測定を目的。)
- ② メタバース実施検証 (メタバース機能の運用試験・検証。)

2.4. 事業の実施体制

2.4.1. 構成機関

本事業では以下の 14 機関により実施体制を構築した。

構成機関（学校・団体・機関等）の名称		都道府県名
1	学校法人重里学園 日本分析化学専門学校	大阪府
2	学校法人福田学園 大阪工業技術専門学校	大阪府
3	学校法人大美学園 大阪美容専門学校	大阪府
4	学校法人こおりやま東都学園 郡山健康科学専門学校	福島県
5	学校法人大麻学園 四国医療専門学校	香川県
6	学校法人大阪学園 大阪高等学校	大阪府
7	大阪府立堺工科高等学校	大阪府
8	トライボテックス株式会社	大阪府
9	株式会社 ACCESS	東京都
10	株式会社メディア工房	東京都
11	一般財団法人材料科学技術振興財団	東京都
12	公益社団法人日本化学会	東京都
13	一般社団法人大阪府専修学校各種学校連合会 工業部会	大阪府
14	大阪府職業能力開発協会	大阪府

2.4.2. 実施体制イメージ

本事業の実施体制は、「実施委員会」「分科会」「事務局」により構成する。それぞれの役割の概略を以下に示す。

(1) 実施委員会

本事業の推進主体として設置する。本校が主体となって、行政機関、教育機関、業界企業、業界団体等で委員を構成する。事業活動の方針の策定、分科会への作業指示、作業内容の評価等を担う。

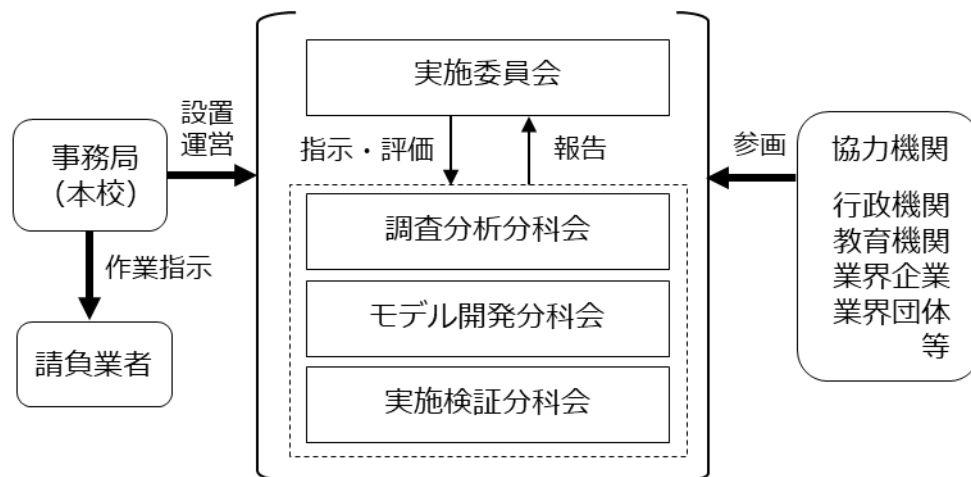
(2) 分科会

実施委員会の下部組織として「調査分析」「モデル開発」「実施検証」の3系統の分科会を設置する。それぞれ構成員は実施委員会から選抜して構成する。実施委員会の指示のもと、各事業活動を進めるにあたって発生する調査票作成・結果分析、環境設計・コンテンツ開発、実証講座企画・運営・結果分析等の実作業を担う。

(3) 事務局

事業推進上発生する各種事務作業を担当する組織として、本校が事務局を担う。また、必要に応じて実施委員会・分科会の指示を受けて、請負業者に対し作業の発注を行う。その際には、請負業者の作業の進捗・品質管理を行う。

以上の実施体制のイメージ図を以下に示す。



3. 開発報告

今年度はまず、前年度の開発・実証成果を分析し、VR技術を活用した遠隔教育モデルの課題の洗い出しを行った。その上で、今年度は新たに国家資格である化学分析技能士3級の試験項目でもある「定性分析実験」を対象として遠隔教育モデルを適用し、そこで必要となる「VRトレーニングコンテンツ」「eラーニングコンテンツ」「360° VR映像コンテンツ」の拡張開発を実施した。また、昨年度の開発実績である「中和滴定 VR トレーニングコンテンツ」について、発展的な拡張開発としてメタバース化を実施した。さらに、本事業で開発した各種コンテンツをオンライン上で運用するための「eラーニング環境」を調達した。さらに、3年間の開発・実証成果を遠隔教育モデルのガイドラインとしてとりまとめた。

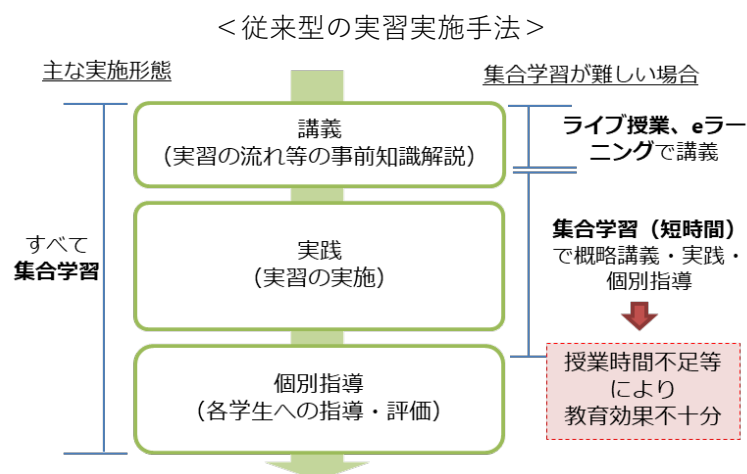
以下にそれぞれの活動について報告する。

3.1. 化学分野等での実験・実習における遠隔教育モデルの検討

3.1.1. 遠隔教育モデルの概要

本事業で構築する遠隔教育モデルは、化学分野等における専門学校専門課程の実験実習を学習ターゲットとする。

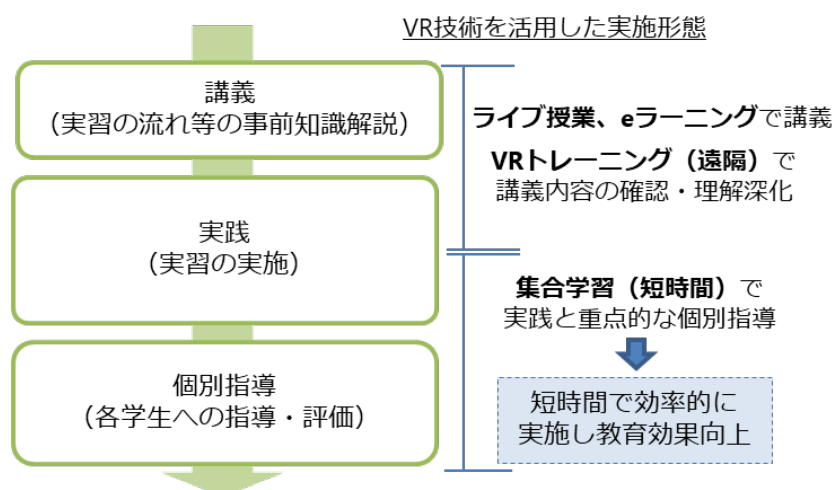
分野を問わず専門学校の実習科目の教育は、基本的に集合学習形態が常であり、長期に渡って繰り返し講義と実践・個別指導を行う中で、技術を習得させるのが一般的であった。昨今の社会情勢から集合学習が実施困難となり、その代替手段とされているのは、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等である。しかし遠隔教育段階での学習者の理解度不足、集合学習の短時間化などを要因として、必要十分な学習効果を得られるとは言えない状況にある。



そこで本事業では、遠隔教育の充実により短時間の集合学習の効果を最大化し、従来手法よりも高い教育効果を得ることを目標として、VR 技術を活用した技能トレーニングを組み込んだブレンディング型の遠隔教育モデルを構築する。

実習科目の授業は大きく「講義」「実践」「個別指導」の 3 段階で進行する。本モデルではまず、「講義」を e ラーニングやライブ授業で実施することを想定する。さらに、VR トレーニングを活用した遠隔教育により「実践」の一連の流れをバーチャル空間で体験させると同時に、実験器具の扱い方や作業の流れ、注目するポイントなど「講義（事前知識解説）」で取り扱う内容に関する理解を深めさせる。その上で集合学習を実施し、「実践」と重点的な「個別指導」を行う。このような形態とすることで、講師は画一的な講義や実践の流れの説明などを行う時間を短縮でき、技術力向上に必要な個別指導に時間を割くことができる。また学習者は充実した事前知識を持って実習に取り組むことができる。これにより、短時間の集合学習で最大限の教育効果を期待できる。

<本事業の遠隔教育モデル>



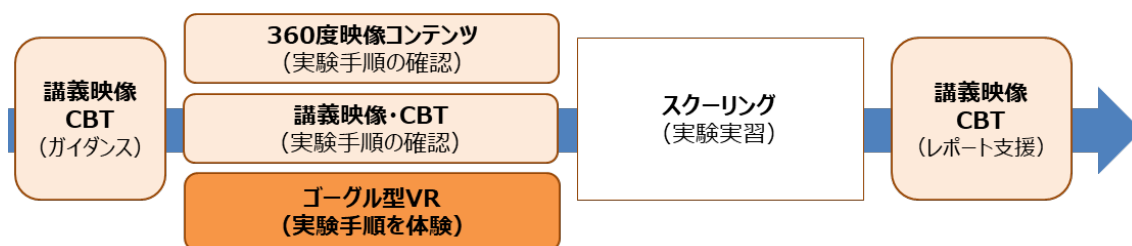
3.1.2. 令和 4 年度の開発・実証結果に基づく課題の分析

本校では遠隔教育モデルの具体的適用先として、まず実験科目「基礎化学実験」の最初の実験である「中和滴定実験」を対象とし、令和 3 年度から令和 4 年度にかけて構成を具体化した。下図の通り、実験実習は実験室でのスクーリングとし、事前学習や事後学習を遠隔教育で実施するハイブリッド型の実験指導を想定した。

まず事前学習として、講義映像と CBT で中和滴定実験のガイダンスや実験手順の解説を行う。さらに、VR 空間上で中和滴定実験全体を体験できる VR ゴーグルタイプの VR トレーニングコンテンツ、中和滴定実験の実演の様子を視聴できる 360 度映像コンテンツにより、中和滴定実験の実験手順等を疑似体験して理解深化を図る。この事前学習を経たのち、

現実の実験室で中和滴定実験の実習を行うという構成である。

< 中和滴定実験学習への遠隔教育モデルの適用イメージ >



令和 3,4 年度には上記の想定で、各種コンテンツの開発に取り組んだ。その開発成果を活用した令和 4 年度の実証講座では、評価結果とアンケート結果の両面から、特に実験全体の手順や各実験機器の大まかな使用手順の学習においては、本事業で開発した e ラーニングコンテンツや VR コンテンツは一定以上の教育効果を期待できることを確認できた。一方で、実証実験の運用実績をもとに検討を行い、大きく以下の 4 つの課題を発見した。これらの課題を踏まえ、これらの課題をできるだけ解決できるよう、具体的な遠隔教育の実施手法とコンテンツの検討・開発を進めた。

課題① 利用時の身体的負担感について

VR コンテンツを体験した教員・学生の多くから、VR ゴーグル自体が重く、立ったまま利用するとなると、長時間の利用はつらいと感じる声が寄せられた。また実証講座受講者 22 名のうち、半数以上が VR 酔いの症状を訴えている。VR 酔いに関しては当初から課題として指摘されており、初期段階から対策を講じてきたところではあるが、実運用を想定すると未だ大きな課題であった。

これを受け、負担感を減じる方策として例えば、座ったまま利用する、休憩時間をこまめに設定する、操作に慣れる時間を設けるなどの運用上の工夫の必要性が認められた。加えて、中和滴定 VR トレーニングコンテンツの体験時間は実時間で 20~30 分程と VR コンテンツにしては比較的長かったことも要因の一つとして推察された。したがって、コンテンツの設計段階から利用時間自体を短縮する導入形態の必要性も認められた。

課題② 操作性・難易度について

VR コンテンツを体験した教員・学生の多くから、操作等に関して「難しすぎた」というフィードバックが寄せられた。実証講座では約 8 割が「操作等が難しかった」とアンケートに回答した。そもそも教員・学生のいずれも VR ゴーグルの利用経験がなく、ゴーグルの装着やコントローラーの持ち方からスタートする中、中和滴定 VR トレーニングコンテンツ自体の操作性も複雑であったため、より一層、操作性に困難性を感じさせる結果にな

ったと推察される。一方、普段からゲームを好む学生や、コンテンツ開発段階から試用検証に加わっていた教員は「操作しやすい」と回答しており、VR 機器の操作への慣れが課題である。

これらを受け、まずは運用面での対策として、VR の操作に慣れるためのチュートリアルを用意して事前に実施したり、VR 機器に慣れる時間を設けたりするなどの必要性が認められた。また、コンテンツ側での対策として、コンテンツの操作性の単純化、進行に必要な操作判定の緩和などの工夫も検討することとした。

課題③ 学習状況管理について

VR ゴーグルの特性上、学生の学習状況は基本的に外部から確認することができない。したがって、例えば VR トレーニング中に学生に不明点や質問がある場合、指導者はその状況を口頭でヒアリングして対応することが基本となる。また誤った実験操作に気づかずに学習を進めている場合でも、指導者がモニタリングできないため指摘することが困難である。

VR ゴーグルの特性上、ある程度やむを得ない部分があるとしても、学習効果の向上のためには適切な指導環境を構築する手法が確立されることが望ましい。本事業では VR トレーニングコンテンツに学生と教員が同時にアクセスして、コンテンツの進捗状況を共有できる機能（メタバース化）を一つの解決策と考え、中和滴定実験 VR トレーニングコンテンツを対象に開発・実証することとした。

課題④ 継続的な利用について

事業３年目に取り組む上で、VR コンテンツやe ラーニングコンテンツについて、本事業内に留まらず、専門学校教育や高等学校教育、社会人教育などにおいて、幅広く展開し、継続的に利用させる工夫を懸案とした。

その工夫として、コンテンツの題材を汎用性・一般性が高い学習項目を対象としたり、VR ゴーグルという特定の端末への依存度を軽減するマルチデバイス対応を進めたりすることを検討することとした。さらに、コンテンツの仕様を検討する上でも、例えばゲーム的なシステムや演出を取り入れるなど、学生と親和性の高いコンテンツを検討することとした。

3.1.3. 定性分析実験への適用

中和滴定実験への遠隔教育モデルの適用検討を経て、VR 学習を活用した遠隔教育の効果が期待できる対象についてアンケートを取った結果、国家資格である分析技能士３級の試験項目でもある「定性分析実験」が候補として挙げられた。成果物の継続的な利用・普及という観点からも適切であると判断し、今年度は「定性分析実験」への遠隔教育モデルの

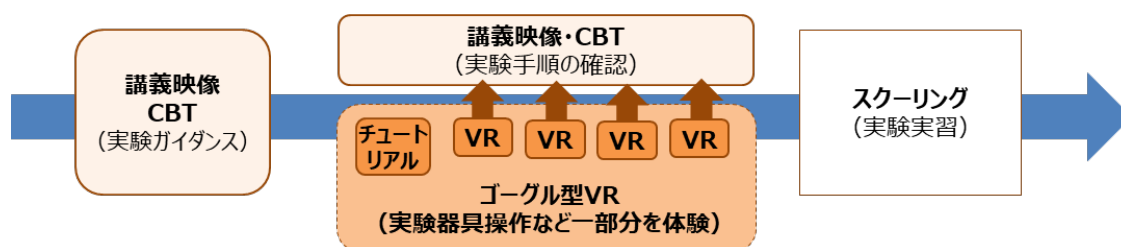
適用を中心的に検討することとした。

基本的な構成は中和滴定実験の際と同じく、実験実習は実験室でのスクーリングとし、事前学習や事後学習を遠隔教育で実施するハイブリッド型の実験指導を想定した。

まず事前学習として、講義映像と CBT で定性分析実験のガイダンスや実験手順の解説を行う。その上で、定性分析実験ではゴーグル型 VR コンテンツを採用しつつも、実験全体を VR 空間上で行うのではなく、特に定性分析実験の実験工程の中でも重要性が高いもの、注意が必要なものなど 4 工程を、それぞれ 3 分程度の短時間で学習できるショート VR コンテンツを採用した。VR 酔いの防止や VR 学習の取り回しの課題の改善がねらいである。

実験全体は講義映像や CBT（確認テスト）などの e ラーニングで学習し、特定の実験操作や手順で VR コンテンツを併用することで、VR 活用の教育効果を維持・向上しつつ運用負荷を軽減することを目指した。

< 定性分析実験学習への遠隔教育モデルの適用イメージ >



3.2. 定性分析 VR トレーニングコンテンツ（ゴーグル版）

3.2.1. 開発概要

今年度開発した VR トレーニングコンテンツは、「定性分析実験」を題材として検討した。前年度までに開発した「中和滴定実験」を題材とした VR トレーニングコンテンツの開発・検証の実績をもとに、新規開発に取り組んだ。

開発にあたっての前提として、定性分析実験ではゴーグル型 VR コンテンツを採用しつつも、実験全体を VR 空間上で行うのではなく、実験の中の一部の工程を VR 空間上で行うショート VR コンテンツを採用することとした。特に定性分析実験の実験工程の中でも重要性が高いもの、注意が必要なものなど、一部の工程を抽出し、それぞれ 3 分程度の短時間で学習できるコンテンツである。これは、VR 酔いの防止や VR 学習の取り回しの課題の改善がねらいである。

本コンテンツは、実験前の事前準備として、e ラーニングでの知識学習と並行して、特定の実験操作や手順の学習の際に VR コンテンツを併用することで、更なる理解の深化を行うために使用される想定である。

本コンテンツを利用する学習者は、HMD タイプ（ヘッドマウントディスプレイ）の VR 端末（Meta Quest 2）を装着して学習を行う。インタラクティブなコンテンツとなっていて、学習者はバーチャル空間上に用意された 3D オブジェクトの実験器具や試薬を操作して、実験を進行させる。

また、VR 端末（Meta Quest2）で利用する 3DCGVR コンテンツはハードウェアの取り回しや VR 酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する一つの解決策として、定性分析 VR トレーニングコンテンツでは、VR ゴーグルで利用するコンテンツに準ずる内容をパソコンで利用できる環境を整備した。こちらについては次節にて報告する。

3.2.2. 題材の選出

令和 5 年度には、定性分析実験の中から、「手順を文で読むだけよりも、実際に手を動かした方がイメージもつきやすいと思われるもの」「熱いものや火を扱う操作など、危険性が高く、VR で事前に手順や注意点を確認することが効果的なもの」という基準で、4 つの作業工程を抽出し、VR トレーニングコンテンツを開発した。対象とした作業工程は以下の通りである。

題材 1 ガスバーナーの操作

- さまざまな実験操作の起点となるガスバーナーの使用方法。ガス調節ねじ、空気調節ねじを調整して、炎の状態を適切に管理する必要がある。

題材 2 ろ過（沈殿の分離）

- ろう斗、ろ紙を使用して、試験管内に生じている沈殿物をろ過する操作。

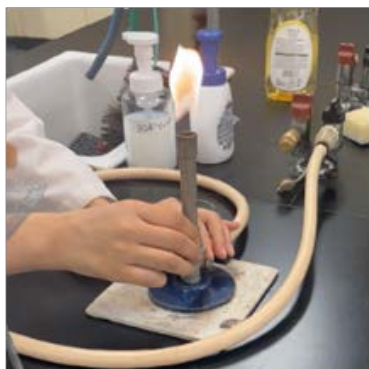
題材 3 加熱処理（蒸発乾固）

- カセロールに入った試料溶液をバーナーで加熱し、水分を蒸発させ乾固する操作。

題材(4) 加熱処理（水浴加熱）

- バーナーで加熱したビーカー内の水に試料溶液の入った試験管を入れて加熱処理する操作。

ガスバーナーの操作



ろ過



蒸発乾固



水浴加熱



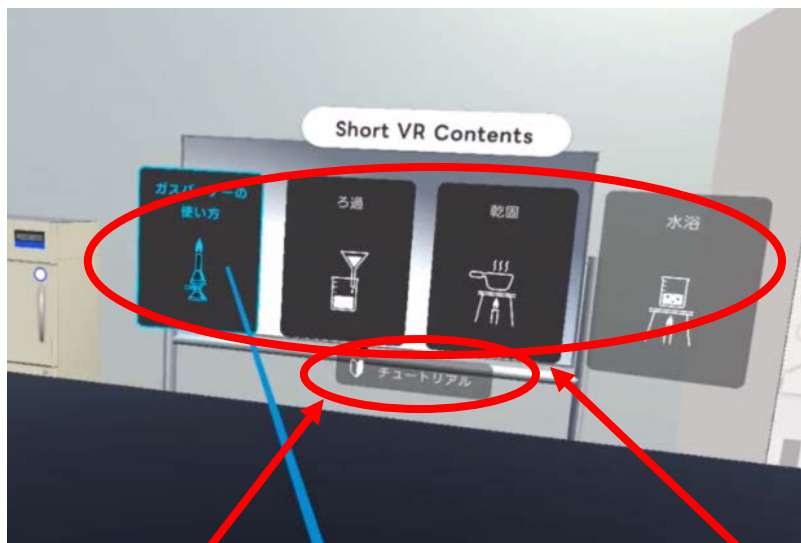
3.2.3. コンテンツ構成

本コンテンツは、VR ゴーグル（Meta Quest2）での利用を前提とするが、アプリケーションをゴーグル端末にインストールする方式ではなく、WEB ブラウザを活用してアクセスする WEB アプリケーション形式を採用している。VR ゴーグルの WEB ブラウザで下記の

URL にアクセスすると、メニューが表示され、上述の 4 つのコンテンツを利用することができる。それぞれの学習時間は約 3 分程度で構成されている。また VR の基本的な操作方法を確認できるチュートリアルも用意されている。

定性分析実験 ショート VR コンテンツ：<https://juriac.com/svrc/>

定性分析 VR トレーニングコンテンツ（VR ゴーグルタイプ）のメニュー



チュートリアルも
用意されている

いずれかを選択して「スタート」を
押すと実験開始

なお、本コンテンツの開発にあたって WEB アプリケーション方式を採用したのは、コンテンツをさまざまなデバイスで活用できるようにするための方策である。デバイスにインストールする方式では、基本的に各デバイス専用に調整・配信する必要があり、例えば次世代の VR ゴーグルが登場したり、後述のようにパソコンで利用できる環境を整えたりする際に、柔軟性に乏しく、開発作業・開発コストが発生する。一方、WEB ブラウザ方式であれば、WEB ブラウザを利用することができる端末であれば、比較的柔軟に活用することができる。先端技術である VR 機器は日進月歩で進化しており、毎年のように新しいデバイスが登場するため、端末の変更に伴ってコンテンツ使えなくなるなどを防止し、利用環境に柔軟性を担保するためにこのような方式とした。

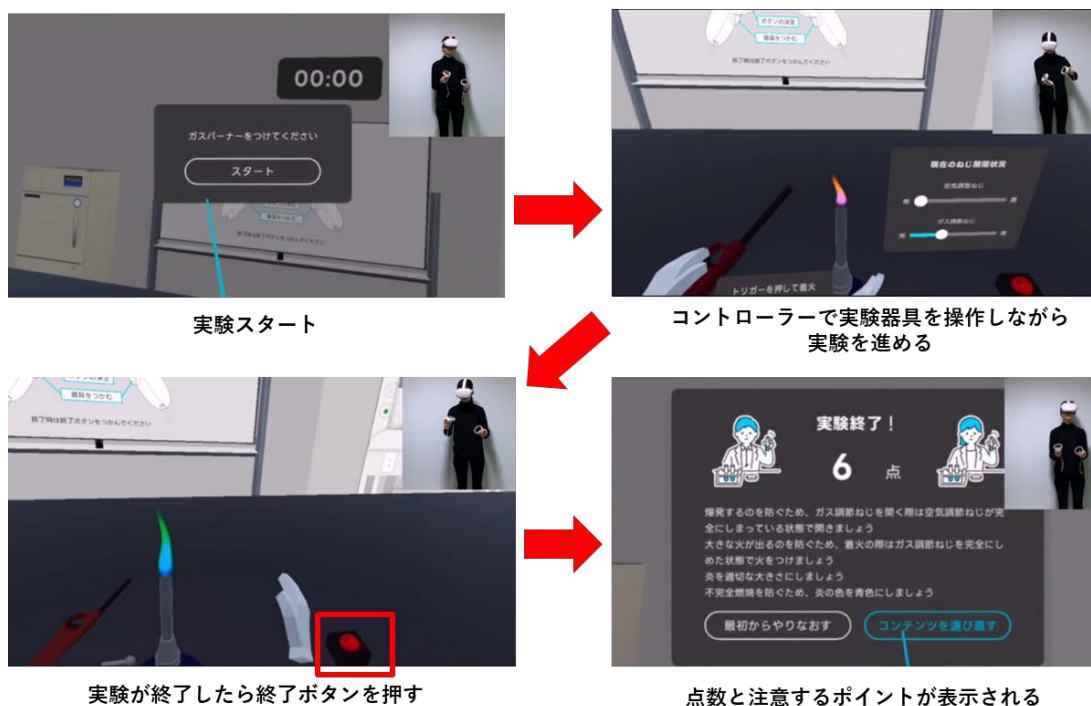
ただし、WEB アプリケーション方式でのデメリットとして、利用時にインターネット回線が必須であることが挙げられる。端末にインストールする方式では、一度アプリケーションのダウンロードとインストールが完了していれば、ネットワーク回線を使用しない機能に限定されるものの、完全にスタンドアローンでの利用が可能である。一方、WEB アプリケーション方式の場合、利用時に毎回、コンテンツの URL にアクセスして WEB アプリ

ケーションをダウンロードする必要がある。コンテンツの容量も大容量化しがちなため、比較的強固なインターネット回線が必須であることが懸案であることに留意したい。

3.2.4. コンテンツイメージ

本コンテンツの学習では、基本的に画像で示すように、学習者が正しく 3D オブジェクトの実験器具等を操作することによって学習が進行するインタラクティブなコンテンツである。コンテンツ終了後に点数とフィードバックを表示する機能も実装されている。点数は 10 点満点とし、操作のプロセスや操作に要した時間を計測して評価し、実験終了時に点数と減点部分になったポイントに対してコメントが表示される。

なお、本コンテンツ内での実験器具の操作は、あくまで VR 端末に付属するコントローラーで行われるものであり、実際の実験器具の操作感とは異なる部分があることに留意する必要がある。



3.2.5. 実験操作の評価とフィードバック

上述の通り、今回のコンテンツでは学習者のモチベーションや学習効果に配慮し、コンテンツ終了後に点数とフィードバックを表示する機能も実装されている。点数化というゲーム性によって学習のモチベーションを向上させ、自発的な学習を促すことがねらいである。

点数は 10 点満点として、実験操作のプロセスや操作に必要なとなった時間を計測して評価

を行う。4 つのコンテンツに対してそれぞれ評価基準が設定されており、例えば「ガスバーナーの操作」の評価基準は以下のようになっている。

この評価基準に基づき、実験終了時に 10 点満点で点数と減点部分になったポイントに対してコメントが表示される仕組みである。

評価項目	配点
元栓を開く際にガス調節ねじが緩んでいないか	+1点
元栓を開く際にコックが開いていないか	+1点
コックを開く際にガス調節ねじが緩んでいないか	+1点
着火ライターに火をつけた際にガス調節ねじが緩んでいないか	+1点
ガス調節ねじを緩める際に空気調節ねじが緩んでいないか	+1点
クリア時、炎の色は青色か	+1点
クリア時、炎の大きさは適切か	+1点
クリアまでにかかった時間	～1分→+3点 1～3分→+2点 3分以上→+1点
クリア時までに1度も着火できなかった	上記項目に係らず 0点

コンテンツ終了後に点数をフィードバック
減点部分になったポイントに対してコメント

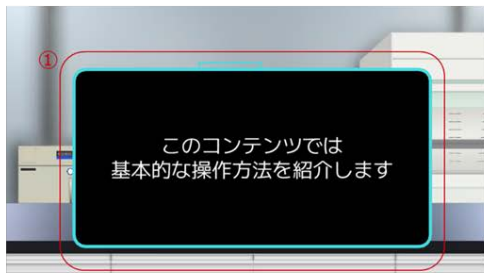


3.2.6. チュートリアルコンテンツ

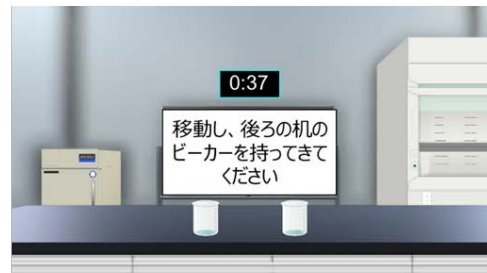
昨年度の実証講座から、学生や教員が VR ゴーグル・コントローラ自体の利用経験が少なく、コントローラでの操作に不慣れなことが利用時の負荷に繋がっていることが明らかになっていた。コンテンツを利用する講座や授業の事前に VR ゴーグルに触れて慣れおく時間を設けるのが一つの解決策ではあるが、限られた授業時間の中で VR 機器の慣れに大きく時間を割り当てるのは、現実的な運用として望ましいとは言えない。

そこで今年度開発した定性分析 VR トレーニングコンテンツでは、VR 機器の基本的な操作を 3 分程度の短時間で学習できるチュートリアルコンテンツを開発した。このコンテンツでは、VR コントローラーの持ち方 (Meta Quest2)、オブジェクト (実験器具など) の掴み方や動かし方、実験室内での移動の仕方など、ごく基本的なコントローラーの操作を学習することができる。さらに本チュートリアルでも、操作の時間を計測して、コンテンツ終了後にはフィードバックを表示する。これによって VR 機器の利用を補助することとした。

操作をポップアップでガイド



指示に従って器具を動かしながら基本操作を学ぶ①



指示に従って器具を動かしながら基本操作を学ぶ②



終了後に結果をフィードバック

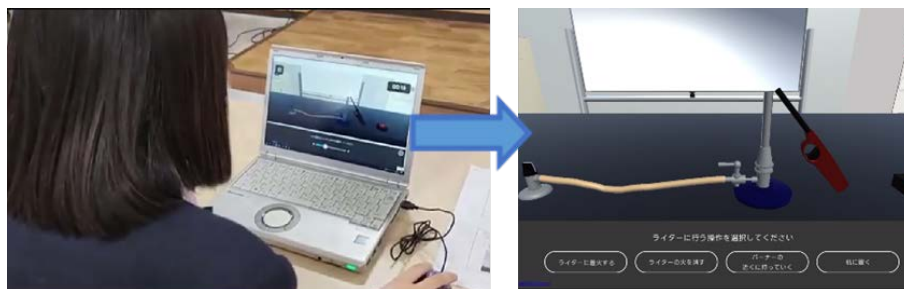


3.3. 定性分析 VR トレーニングコンテンツ（PC 版）

3.3.1. 開発概要

VR 端末（Meta Quest2）で利用する 3DCGVR コンテンツはハードウェアの取り回しや VR 酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する一つの解決策の案として本事業では、VR コンテンツを他のデバイス（特にスマートフォンやパソコン）で利用する形に並行的に展開する方策（マルチデバイス化）を検討している。

その具体的方策として、定性分析 VR トレーニングコンテンツでは、VR ゴーグルで利用するコンテンツに準ずる内容をパソコンで利用できる環境を整備した。

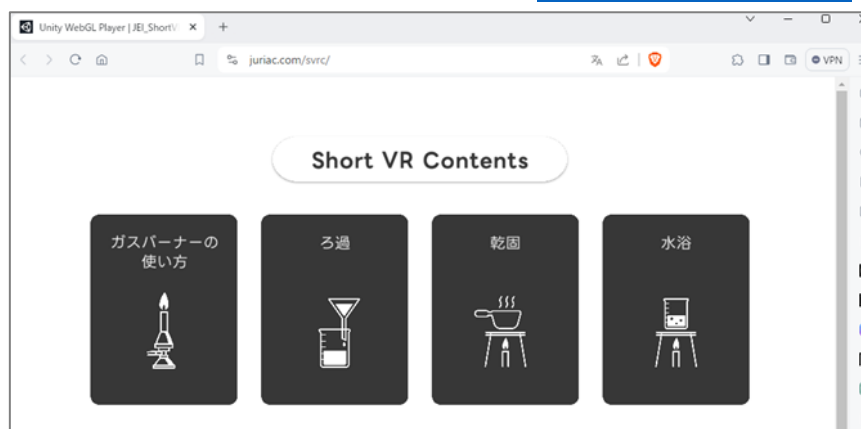


3.3.2. コンテンツ構成

構成や基本的な学習内容は VR ゴーグルタイプとまったく同じく、「ガスバーナーの使い方」「ろ過」「乾固」「水浴」という定性分析実験から抽出した 4 つの実験工程を題材に、それぞれの実験器具等の操作手順を学習できるコンテンツである。

VR ゴーグルと同様に、WEB ブラウザで下記の URL にアクセスすると、メニューが表示され、4 つのコンテンツを利用することができる。

定性分析実験 ショート VR コンテンツ：<https://juriac.com/svrc/>



3.3.3. コンテンツイメージ

VR ゴーグルはコントローラーのトラッキングで実際に手を動かすように実験操作を行うことができたが、パソコンではキーボードやマウスという一般的な入力デバイスを使用する必要があり、それに合わせて操作方法を変更する形で、VR コンテンツタイプに準ずるインタラクティブ性を残したコンテンツとした。

下図に示すように、マウスで実験器具等を選択すると、選択肢が表示される。選択肢を選べると、それに従って実験器具等が動き、実験が進行していく。コンテンツ終了後に点数とフィードバックを表示する機能も同様に、実験終了時に点数と減点部分になったポイントに対してコメントが表示される。



3.4. e ラーニングコンテンツ

3.4.1. 開発概要

本遠隔教育モデルでは、前述の通り、まず実験に関する知識学習を e ラーニングにて実施する想定で、受講者は講義映像教材を視聴しながら自主学習を行う実施形態を検討した。

定性分析実験の解説コンテンツとしては、「安全教育と水の取り扱い」「使用器具」「実験操作」の学習内容を解説する映像教材を開発した。

こうした本校の映像教材は、昨年度までの開発成果である中和滴定実験の講義映像などをはじめ、従来はパワーポイントスライドなどを電子黒板で講師が解説する様子を収録した講義映像を採用していた。定性分析実験のコンテンツでは、国家資格である分析技能士 3 級の試験科目として幅広く展開できる可能性も高いことから、専門学校生に留まらず、高校生や社会人など幅広い学習者を対象に想定して、より化学実験への関心を持ちやすく、継続利用しやすいコンテンツを検討した。

3.4.2. コンテンツ構成

今年度は定性分析実験の解説コンテンツとして、「安全教育と水の取り扱い」「使用器具」「実験操作」の学習内容を解説する映像教材を開発した。内訳は下表に示すとおりである。開発に当たっては、特に「安全教育と水の取り扱い」については中和滴定の講義映像の際の講義内容を基礎として、定性分析実験の中で必要と思われる点を追加・変更する形でカスタマイズを実施した。また「使用器具」「実験操作」に関しては、特に定性分析実験で必要な操作で使用する器具を抽出し、その器具の使用方法や実験の流れを解説している。VR トレーニングコンテンツの内容も意識しながら新規開発を進めた。

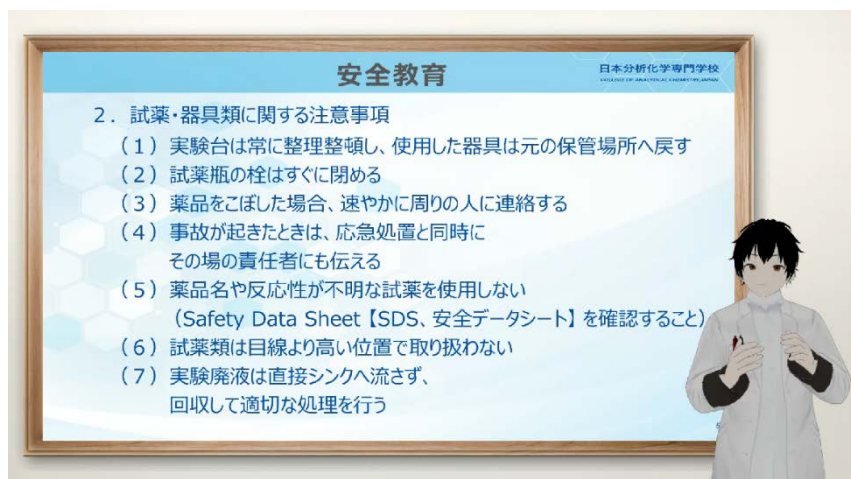
No.	標題	学習項目	時間
1	安全教育と水の取り扱い	① 実験室入室に関する注意事項 ② 試薬・器具類に関する注意事項 ③ 水の取り扱いについて	9 分 50 秒
2	使用器具	① 使用する器具類 ② ガスバーナー関連の器具 ③ 試料加熱時に使用する器具 ④ ろ過で使用する器具	8 分 24 秒
3	実験操作	① 定性分析とは ② 実験の目的（金属の分離） ③ 実験操作の流れ	11 分 38 秒

3.4.3. コンテンツイメージ

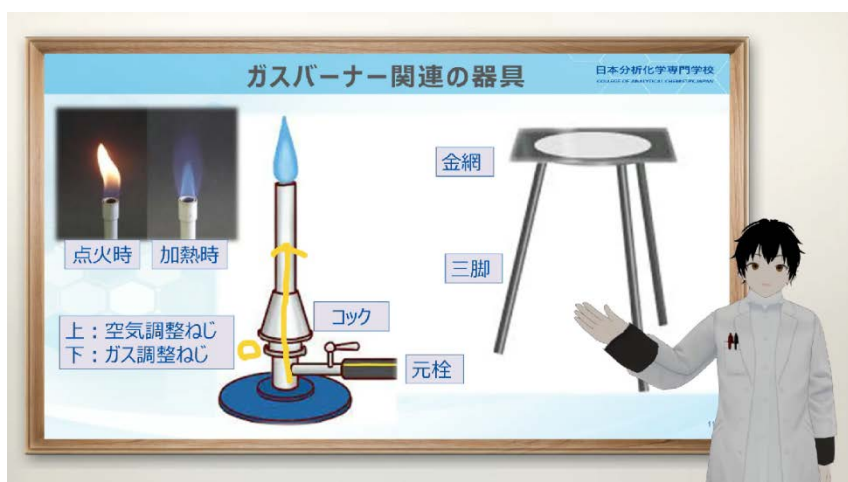
今年度はコンテンツの開発にあたって、専門学校生に留まらず、高校生や社会人など幅広い学習者を対象に想定して、より化学実験への関心を持ちやすく、継続利用しやすいコンテンツを検討することとした。その方法の一つとして、アバターを活用した講義映像を採用した。講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。

このコンテンツでは本校の教員がキャラクターアバターを使用して、アバターの手で指し示したりジェスチャーをしたりしながら、パワーポイントスライドを解説する形で進行する。VTuberなどの形で社会的にキャラクターアバターの浸透が進んでいる状況を背景として、教育に積極的に取り入れることで学習の敷居を下げ、視聴しやすさや馴染みやすさなどを向上させる効果を期待する試みである。

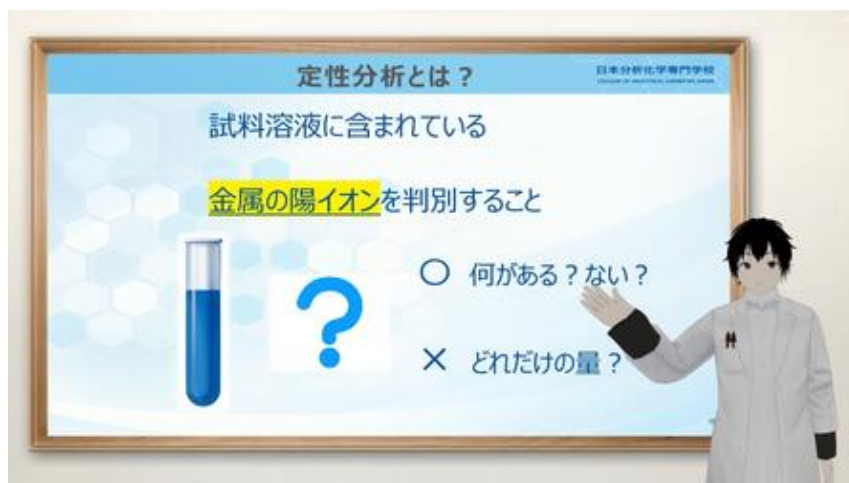
<安全教育と水の取り扱い>



<使用器具>



<実験操作>



3.4.4. 確認問題

定性分析実験に関する知識等の理解度を測定するため、評価試験を実施する想定で、確認問題（CBT）も用意した。「安全教育と水の取り扱い」「使用器具」「実験操作」の学習内容に相当する学習内容から、実験手順の確認や確認反応の確認、安全な実験操作の確認などに関して、事前学習終了後（実験前）と実験終了後に実施する2種類の問題群、計31問を作成した。これらの問題は、eラーニングプラットフォーム上においてCBT（Computer Based Testing）形式により実施することを想定している。

下図のように評価試験問題は基本的に正誤判定形式（一部多肢選択式）で、問題文部、選択肢（「○」「×」「わからない」）、解答、解説で構成される。作成した確認問題一式は巻末の参考資料に掲載する。

**基礎化学実験
eラーニングシステム
(5 / 16)**

器具を洗浄した最後には、イオン交換水をかけてリンスするとうい。

①	☐
②	☒
③	わからない

選択してください。

戻る

CBT 正誤判定画面

正 解

答え：①
水道水で洗浄した後、イオン交換水で器具全体を洗い流しておくことで、次回使用時にも問題なく使用できます。

次へ

戻る

3.5. 360° VR 映像コンテンツ

3.5.1. 開発概要

VR 端末（Meta Quest2）で利用する VR トレーニングコンテンツは一定以上の教育効果を期待できる一方で、ハードウェアの取り回しや VR 酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する解決策の一つとして本事業では、VR コンテンツをスマートフォンやパソコンで利用する形に並行的に展開する方策（マルチデバイス化）を検討することとした。その具体案として中和滴定 VR トレーニングコンテンツと同様に、定性分析 VR トレーニングコンテンツを基にした 3DCG の 360° 映像コンテンツも製作した。

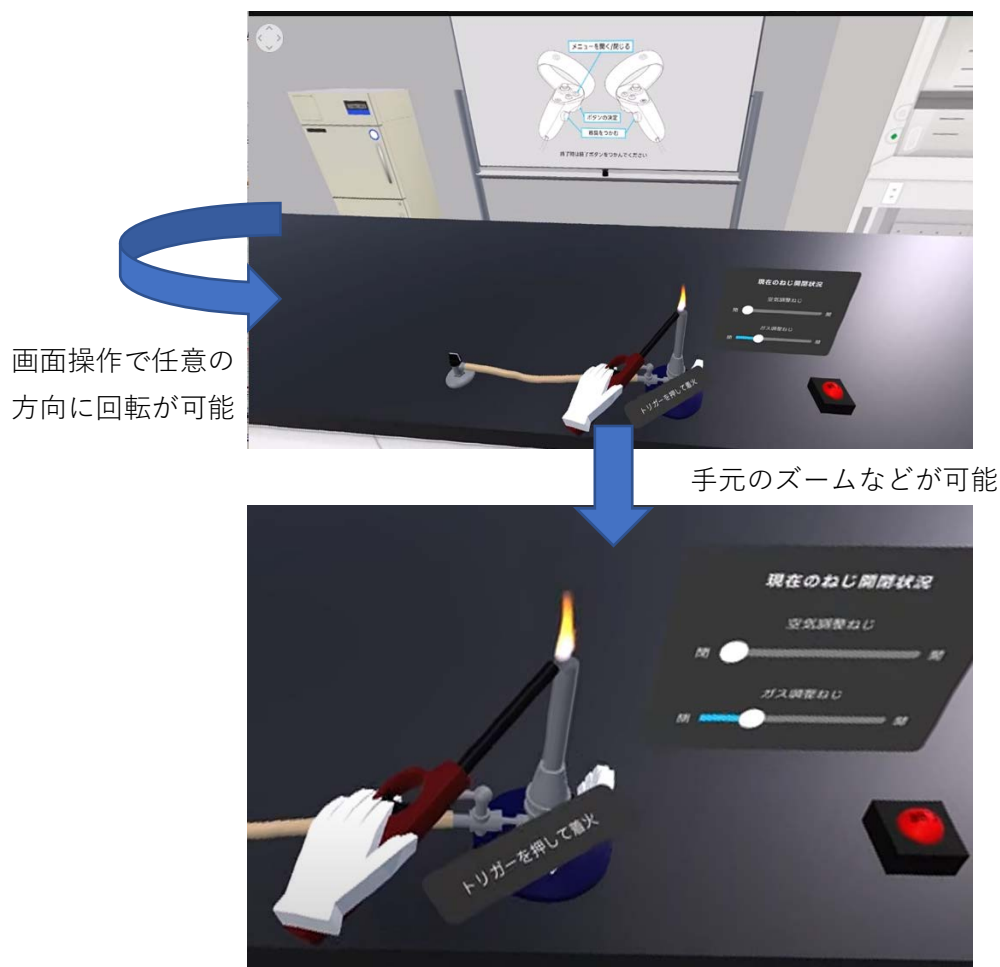
本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提として、映像形式の e ラーニング学習に近いイメージで作成されている。内容構成は基本的に定性分析 VR トレーニングコンテンツ（VR ゴーグルタイプ）と同様で、4 つのショート VR コンテンツの実験手順や実験機器操作などを確認できる。

3.5.2. コンテンツイメージ

本コンテンツは、VR 端末と同じ VR 実験室において、一人称の視点で実験手順等の確認を行うことを目的としたコンテンツである。定性分析 VR トレーニングコンテンツを基に開発しているため、実験の手順や使用する実験機器などは共通している。

一方、前述の VR トレーニングコンテンツとは異なり、3D オブジェクトの操作などを行うことはできない。見回す・ズームするなどには可能だが、実験操作は自動で進行する。

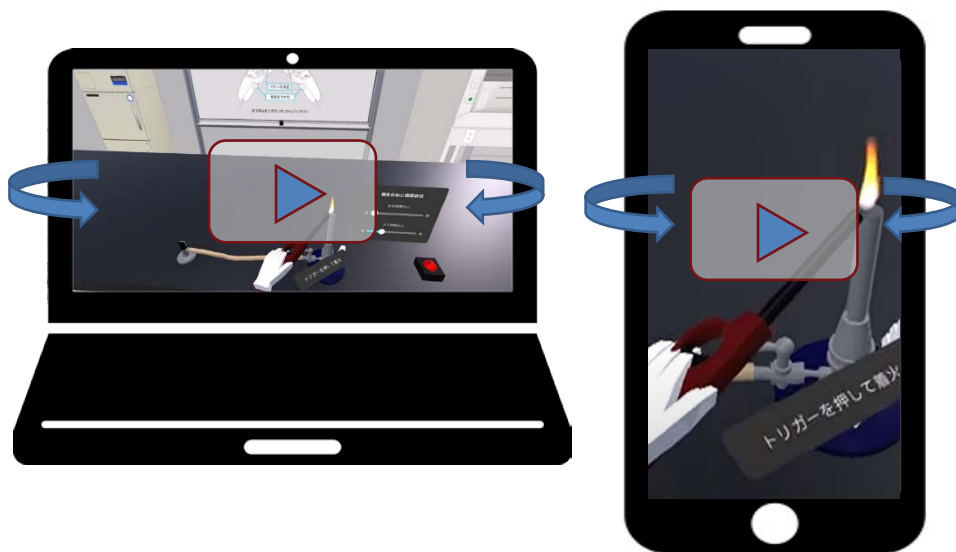
VR 酔いなどの問題が起きた場合の次善策であると同時に、定性分析 VR トレーニングコンテンツ（ゴーグルタイプ）の正しい操作手順を確認することができるため、VR 学習のデモンストレーションやチュートリアルとしても活用できる想定である。



3.5.3. 動作環境

本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提としていて、教員や学生の各自の端末で利用することができる。また、スマートフォンと組み合わせて利用するタイプの簡易的な VR 端末を利用することで、2D の状態で視聴するよりも、より 3DCGVR コンテンツに近い臨場感を得ることもできる。

VR 端末 (Meta Quest2) を利用する際に比べ、機材準備や操作慣熟などの事前準備が少なく手軽に利用できるのが利点で、VR 酔い、端末不足、操作対応困難などによって VR 端末を利用できない場合の代替手段としても活用できる。簡易ゴーグルを使用する場合も、VR 端末と比べると安価であり、高価な機材を調達する必要がないという点でも、運用はしやすい。



市販の簡易 VR ゴーグルなどにより、
より VR に近い臨場感の演出も可能



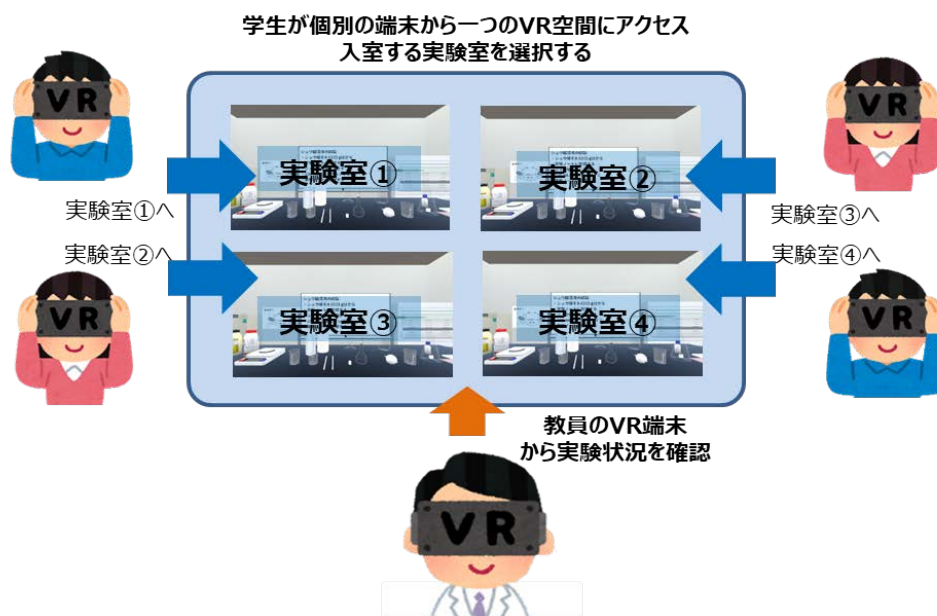
3.6. 中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース化

3.6.1. 開発概要

令和 3 年度から令和 4 年度にかけて開発を進めた中和滴定 3DCGVR コンテンツは、VR 端末を装着しスタンドアローンでの運用を想定したコンテンツであり、学生は各自の端末で学習を進める。VR 端末の特性上、学生が装着してコンテンツを利用している状態では、基本的に外部から学習の進捗状況は確認できない。令和 4 年度に実施した実証講座の中で、このような環境において、特に担当教員が学生の進捗状況をリアルタイムに把握し、必要に応じて助言・指導を行うなどの学習フォローが困難であることが課題として明らかになった。

そこで令和 5 年度には、この課題の解決策の一つとして、コンテンツの拡張開発を実施し「メタバース化」の機能実装に取り組んだ。この機能は、1つの VR 空間（実験室）に学生・教員がアバターで参加し、他の参加者の動きやコンテンツの利用状況が同期される仕組みである。このような環境を実現することで、教員がそれぞれの学生の実験の取組姿勢・進捗状況等を確認したり、教員・学生間や学生同士で指導・アドバイス・相談等のコミュニケーションをしたりすることが可能とすることを目指した。

<中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース機能のイメージ>



3.6.2. 機能仕様

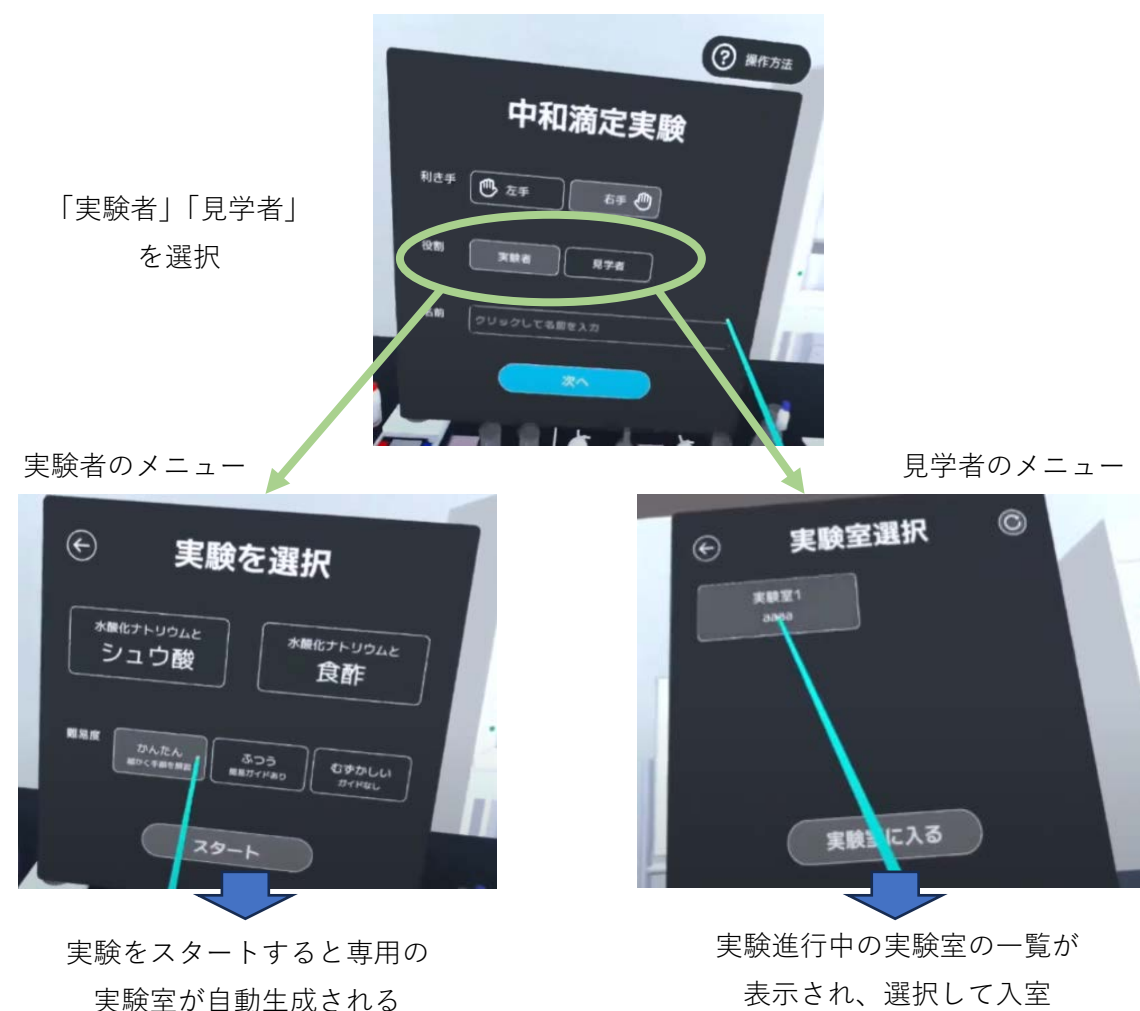
中和滴定 VR トレーニングコンテンツに対し、学生の学習状況を教員等がリアルタイムで随時把握し、適宜指導を行うことができる環境を構築することを目的に、中和滴定 VR

トレーニングコンテンツにオンラインで同時接続する機能を実装した。

1つのアプリケーションに対し、教員や学生が使用する複数台の VR 端末から同時にアクセスすることができる。アプリケーションにアクセスすると「実験者」または「見学者」を選択する。「実験者」は実験操作を進める役割で、学生が利用する想定である。一方、「見学者」は実験室に入室はできるものの、実験操作を見学する役割で、教員や見学の学生が利用する想定である。

「実験者」が実験をスタートすると、自動で専用の実験ルームが生成される。「見学者」のメニューには生成されている実験ルームの一覧が表示されるため、任意のルームを選択すると、当該実験者と同じ実験室に入室することができる。

「実験者」が実験室を退室するとルームが自動的に消滅して実験の進捗状況もリセットされるが、「見学者」は入退室自由で実験の進捗状況には影響しない。

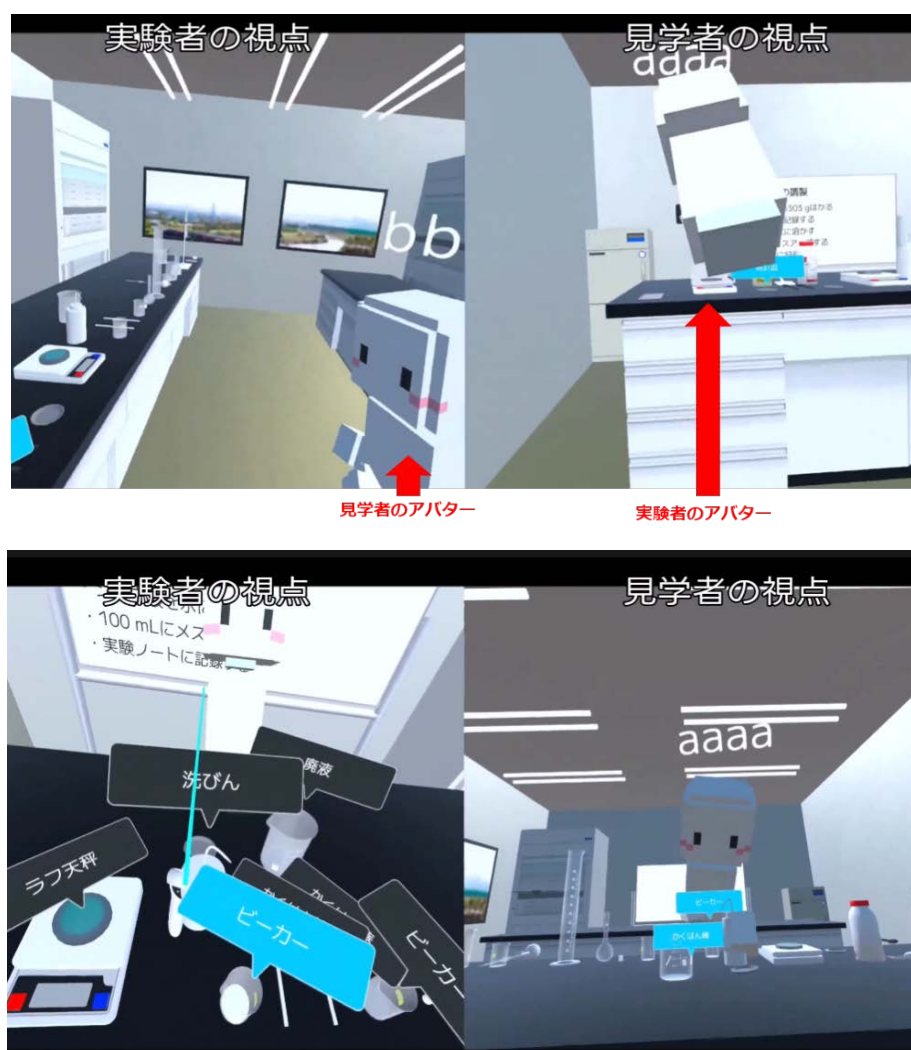


3.6.3. メタバースイメージ

本コンテンツでは下図に示すように、「実験者」が入室すると1つの実験台が設置されたVR実験室が自動生成される。「見学者」の画面には、実験室のリストの一覧が表示され、入室することができる。

このメタバース機能では、各実験室には、教員・学生ともにアバターで入室する。自分以外の入室者がいる場合、下図のように他者のアバターが表示される。身振り手振りなどのジェスチャーも行うことができる。

現時点では音声通信の機能はなくあくまで視覚画面の共有の機能に留まっており、実際の指導の際には学生と指導者が近づいて肉声で会話する必要がある。ただし今後、音声通信などの機能拡張をさらに進めれば、遠隔でリアルタイムでの実験指導も可能である。



3.7. e ラーニング環境

3.7.1. 開発概要

本事業で開発した教育コンテンツ群を運用するため、e ラーニングサイトを整備した。本サイトでは、受講者はスマートフォンやパソコンを使用してサイトにアクセスし、個別に発行される ID とパスワードを入力してログインすることで、主に次の 3 系統の学習を行うことができる。

- ① VR トレーニングコンテンツの利用
- ② 講義映像の聴講（2D 映像、360° 実写映像、360° 3DCG 映像）
- ③ 評価試験（CBT）の受験

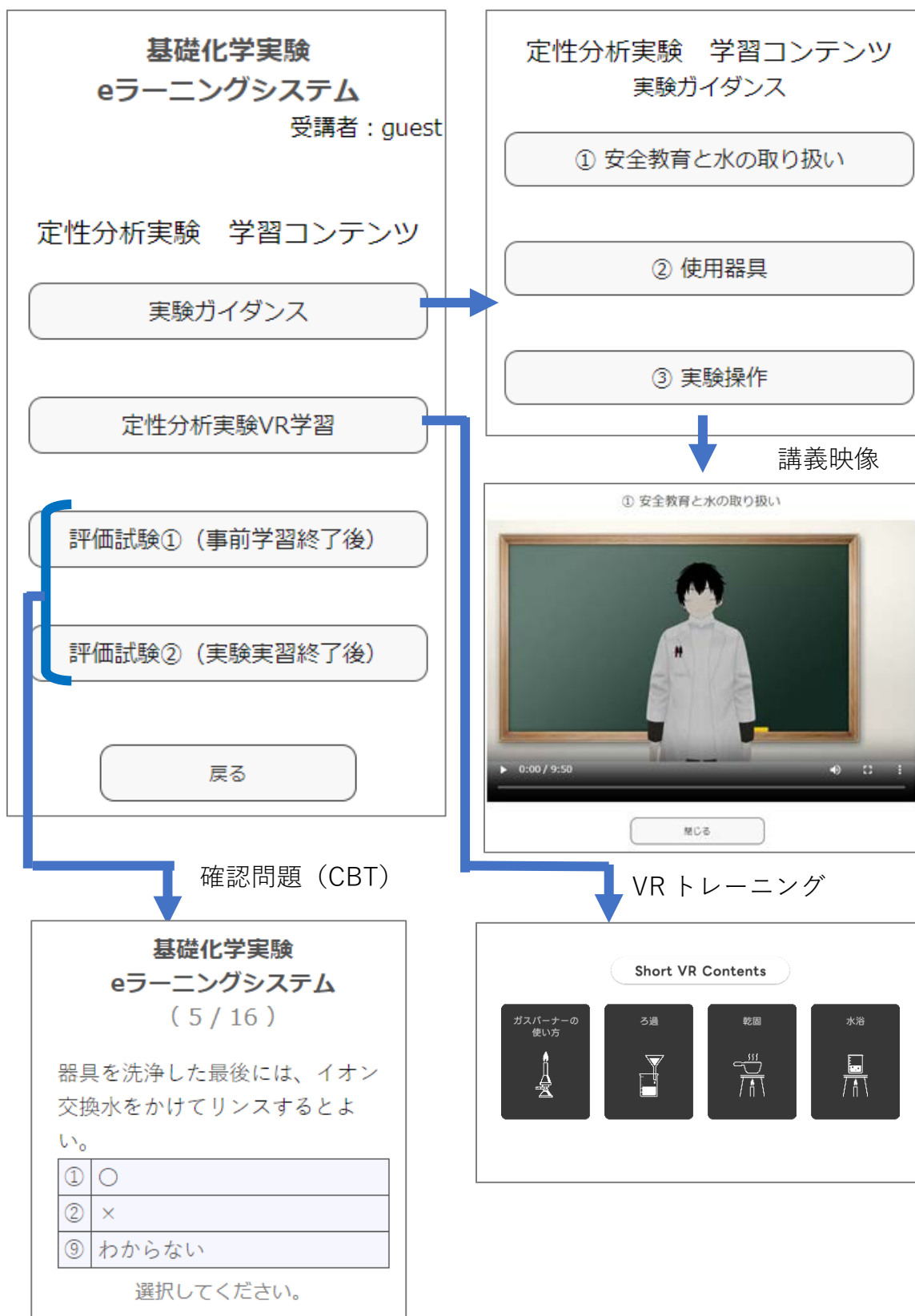
また、受講者の ID ごとの学習履歴が随時蓄積され、指導者はこれを必要に応じて閲覧することができる。

3.7.2. e ラーニングサイトイメージ

以下に e ラーニングサイトのイメージ図を示す。

ログインページ	トップメニュー				
基礎化学実験 eラーニングシステム <table border="1"><tr><td>ユーザーID</td><td> </td></tr><tr><td>パスワード</td><td> </td></tr></table> ログイン ☒ ログインを保存する。 日本分析化学専門学校 COLLEGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY, JAPAN	ユーザーID		パスワード		基礎化学実験 eラーニングシステム 受講者 : guest 中和滴定実験 学習コンテンツ 定性分析実験 学習コンテンツ ログアウト
ユーザーID					
パスワード					

定性分析実験学習コンテンツ



3.8. 遠隔教育モデルガイドラインのとりまとめ

本事業では、令和 3 年度から令和 5 年度にかけて、化学分野等における専門学校専門課程の実験実習を学習ターゲットとして、VR 技術を活用した遠隔教育モデルの検討を行ってきた。その中では、本章の冒頭で報告した通り、まず実験実習の遠隔教育の構造を具体的に検討し、適用する VR 技術や教育コンテンツを検討した。その上で、そこで活用する VR トレーニングコンテンツや 360 度 VR 映像コンテンツ、e ラーニングコンテンツ、e ラーニング環境などを開発した。さらにそれらの開発成果を活用して、教員や専門学校生、高校生の協力を得て実施検証や実証講座を実施し、課題分析とブラッシュアップを重ねてきた。

今年度は本事業の最終的な成果として、上記の検討結果・開発成果等を整理・集約し、化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデルのガイドラインとして、以下に示す目次構成でとりまとめた。

このガイドラインについては本報告書の巻末に掲載するので参照頂きたい。

<遠隔教育モデルガイドライン 目次構成>

第 1 章 目的と概要

第 1 節 遠隔教育モデルの目的

第 2 節 化学分野等の実験実習の遠隔教育の現状と課題

第 1 項 化学分野等の専門学校における遠隔教育の現状と課題

第 2 項 遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態

第 3 項 コロナ禍における技術教育事例の概況

第 4 項 実習等に活用できる VR サービス等の事例の概況

第 2 章 遠隔教育モデルの全体像

第 1 節 概要

第 2 節 活用する遠隔教育手法等

第 1 項 VR トレーニングコンテンツ

第 2 項 360 度 VR 映像コンテンツ

第 3 項 ラーニング（講義映像・CBT）

第 3 章 遠隔教育モデルの適用例

第 1 節 中和滴定実験への適用

第 1 項 構成

第 2 項 主に活用したコンテンツの概要

第 3 項 実証結果

第 2 節 定性分析実験への適用

- 第1項 構成
- 第2項 主に活用したコンテンツの概要
- 第3項 実証結果
- 第4章 VR学習に期待される効果と課題
 - 第1節 期待される効果
 - 第2節 開発・運用に係る課題
- 第5章 VR学習の効果向上に資する先端技術
 - 第1節 概要
 - 第2節 技術事例
 - 第1項 フォトグラメトリ
 - 第2項 Neural Radiance Fields (NeRF)
 - 第3項 Faceteq (フェイステック)
 - 第4項 バイノーラルオーディオ
 - 第5項 ハプティクス
 - 第6項 電気味覚
 - 第7項 嗅覚ディスプレイ
 - 第8項 ニオイセンサー

4. 実証講座

4.1. 実施概要

4.1.1. 講座趣旨

化学実験の遠隔教育モデルの有効性や妥当性の検証、および各種遠隔教育コンテンツ・環境等の運用検証を主な目的とする講座を企画・検討した。今年度は「定性分析実験」を題材に、実験経験のある専門学校生、実験経験のない高校生の協力を得て、今年度開発した教育コンテンツや教育環境を実際に運用して効果を検証する形で実施することとした。

4.1.2. 実施方法

本講座の実施にあたり、VR トレーニングや e ラーニング学習の教育効果を測定するため、日本分析化学専門学校の学生 12 名と大阪高等学校の高校生 12 名との計 24 名の受講者を、以下の 3 グループに分け、それぞれ学習方法を変更して講座を実施した。ただし実験実習終了後、すべての受講者が VR コンテンツを体験できる機会を設けた。

グループⅠ ①4 名、②4 名	e ラーニング、VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行う群
グループⅡ ①4 名、②4 名	e ラーニング、VR コンテンツ（PC 版）で事前学習を行う群
グループⅢ ①4 名、②4 名	定性分析実験の実験テキストなどを使って学習する群

4.1.3. 対象者属性

今回参加した日本分析化学専門学校と大阪高等学校の学生はそれぞれ以下の属性を有する。

【専門学校生（日本分析化学専門学校）】

- ・ 定性分析実験の学習経験あり（ただし、習熟度は低い）
- ・ 授業内で他の実験指導も受講している
- ・ 本講座は、定性分析実験の復習という位置づけ

【高校生（大阪高等学校）】

- ・ 定性分析実験の学習経験なし
- ・ 他の実験指導の学習経験も少ない
- ・ 本講座は、実験実習の体験という位置づけ

4.1.4. 実施内容・時期

各グループの講座の実施の流れを以下に記載する。

【グループⅠ 12/21~12/22】

日程	時間	項目	実施内容
12/19	10:00	目的説明	
	10:10	e ラーニング学習	講義映像を聴講
	10:40	評価試験の実施	各自のスマートフォン等で CBT を実施
	10:50	移動・休憩	
	11:00	VR 説明	VR 機器の操作方法の説明
	11:10	VR 学習	VR コンテンツ（ゴーグル版）で学習
	12:00	アンケート記入	
12/20	10:00	点呼・実験室の説明	
	10:30	実験開始	定性分析実験（第 1 族の分離）を実施
	12:00	実験終了	
	12:10	移動・休憩	
	13:30	VR 説明	VR 機器の操作方法の説明
	13:40	VR 学習	VR コンテンツ（PC 版）で学習
	14:30	アンケート記入	

【グループⅡ 12/21~12/22】

日程	時間	項目	実施内容
12/19	10:00	目的説明	
	10:10	e ラーニング学習	講義映像を聴講
	10:40	評価試験の実施	各自のスマートフォン等で CBT を実施
	10:50	移動・休憩	
	11:00	VR 説明	VR 機器の操作方法の説明
	11:10	VR 学習	VR コンテンツ（PC 版）で学習
	12:00	アンケート記入	
12/20	10:00	点呼・実験室の説明	
	10:30	実験開始	定性分析実験（第 1 族の分離）を実施
	12:00	実験終了	
	12:10	移動・休憩	

	13:30	VR 説明	VR 機器の操作方法の説明
	13:40	VR 学習	VR コンテンツ（ゴーグル版）で学習
	14:30	アンケート記入	

【グループⅢ 12/22】

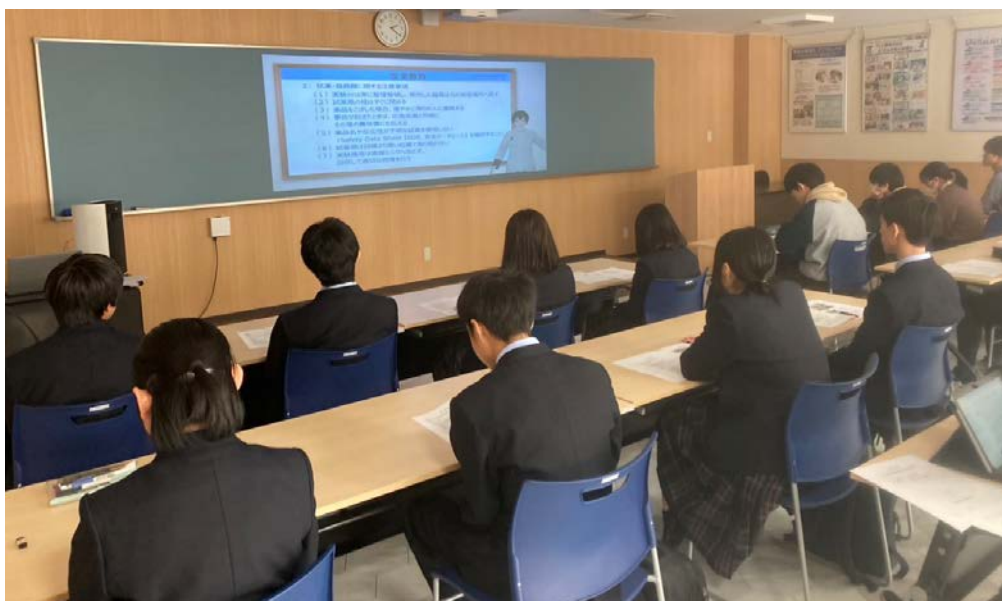
日程	時間	項目	実施内容
12/20	10:00	点呼・実験室の説明	
	10:30	実験開始	定性分析実験（第1族の分離）を実施
	12:00	実験終了	
	12:10	移動・休憩	
	13:30	VR 説明	VR 機器の操作方法の説明
	13:40	VR 学習	VR コンテンツ（ゴーグル版、PC 版）で学習
	14:30	アンケート記入	

4.2. 実証講座実施結果

4.2.1. 講座実施の様子

12/19 から 12/20 にかけて実施した本講座の様子を以下に掲載する。

e ラーニング学習の様子



VR トレーニング（ゴーグル版）での学習の様子①



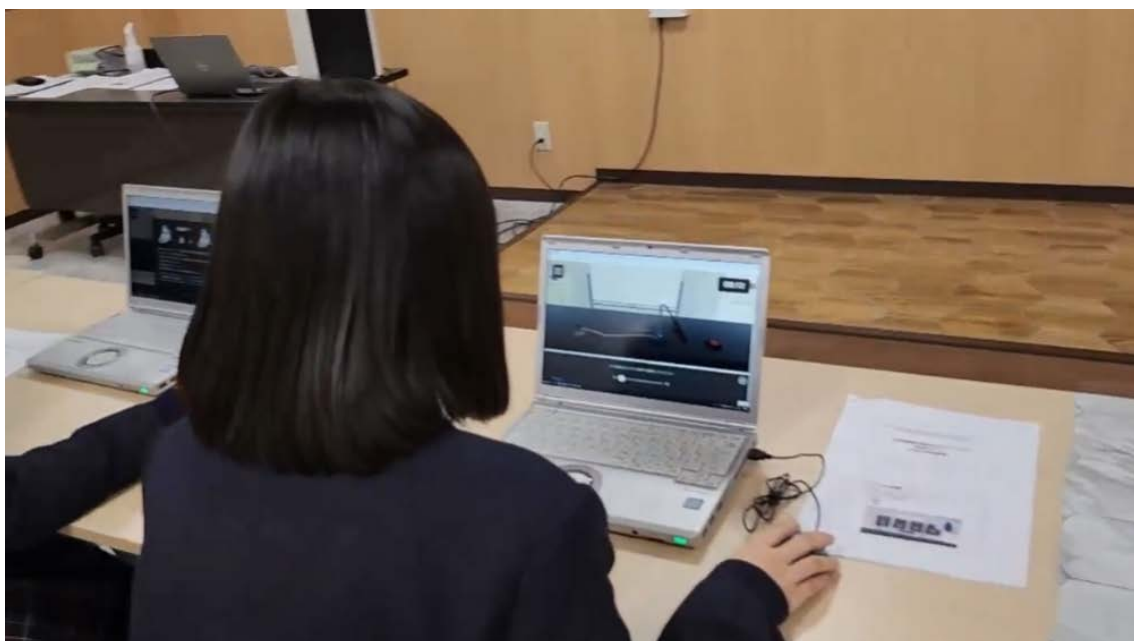
VR トレーニング（ゴーグル版）での学習の様子②



VR トレーニング（パソコン版）での学習の様子①



VR トレーニング（パソコン版）での学習の様子②



実験実習の様子①



実験実習の様子②

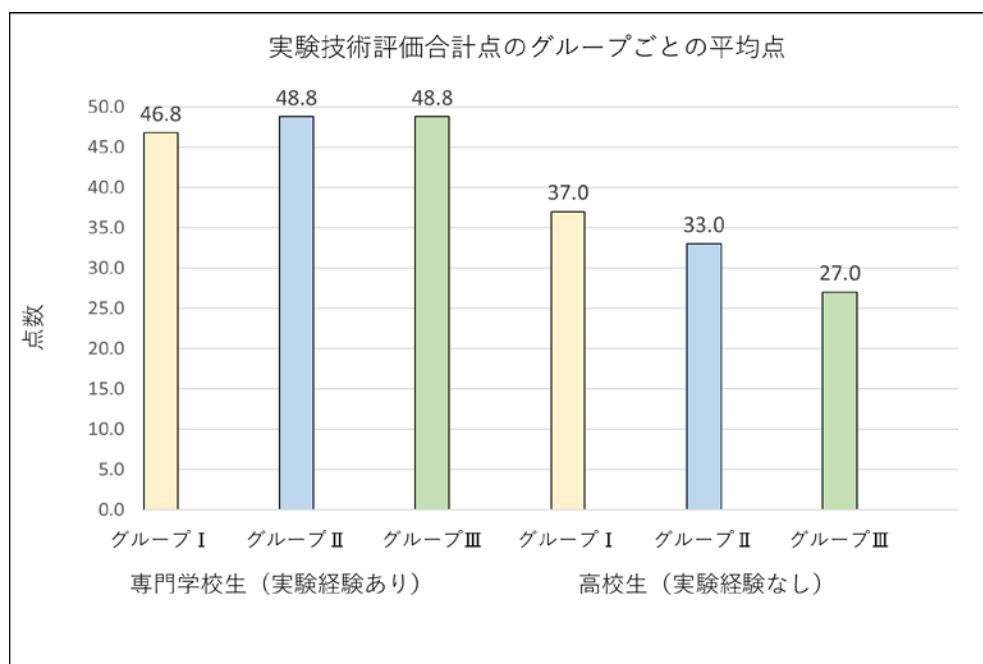


4.2.2. 実験実習の成績評価

以下の 3 項目（定性分析結果、実験時間、実験操作）の観点で評価を行った。

項目	点数	観点
定性分析結果	10 点	・ 金属イオンの判定（イオンの有無）
実験時間	10 点	・ 実験時間を 45 分とし、60 分で打ち切る ・ 45 分を超過した場合は、減点対象とする
実験操作	8 項目 計 30 点	・ 実験操作手順の理解、試薬の扱い方、計り取り、器具の洗浄、ろ過操作、ガスバーナー等
合計点	50 点	

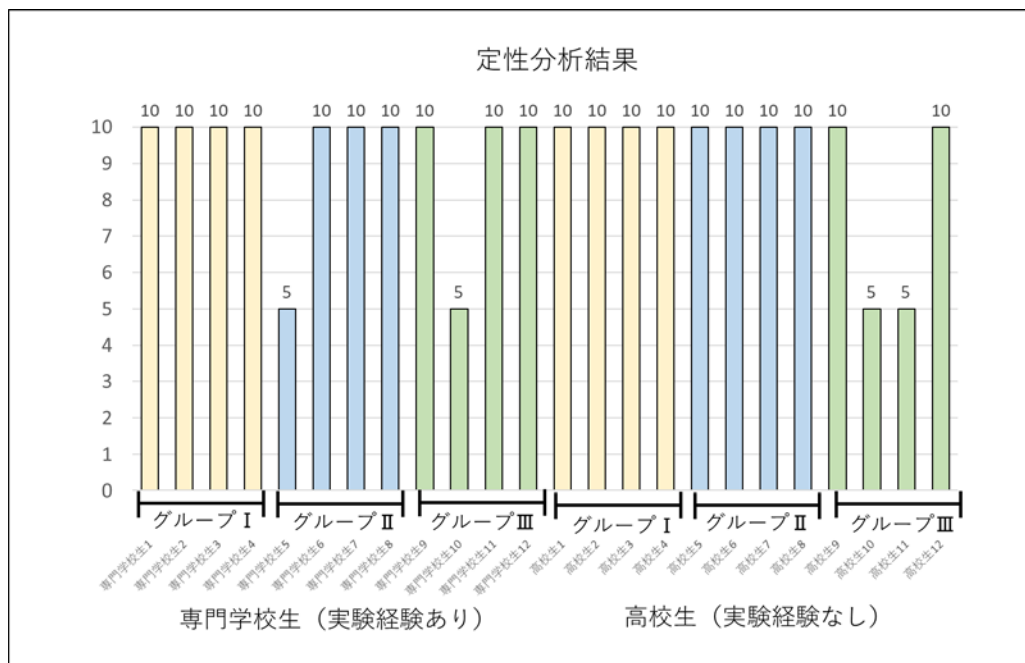
(1) 実験技術評価の合計点



- ・ グループⅠ：e ラーニングと VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・ グループⅡ：e ラーニングと VR コンテンツ（PC 版）で事前学習
- ・ グループⅢ：事前学習なし

定性分析実験の評価合計点の平均をグループ間で比較すると、専門学校生（実験経験あり）ではグループ間に大きな差異は見られない。一方、高校生（実験経験なし）では、VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行ったグループⅠが最も点数が高く、VR コンテンツ（PC 版）で事前学習を行ったグループⅡが続き、いずれも事前学習なしのグループⅢの成績を上回る結果となった。

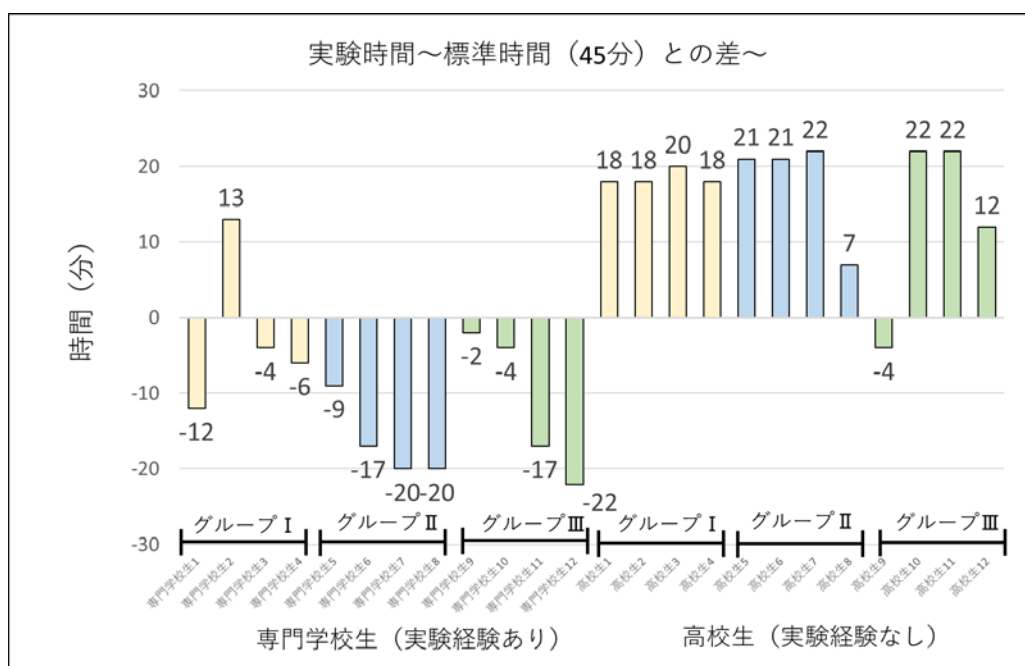
(2) 「定性分析結果」に対する評価結果



- ・グループⅠ：e ラーニングと VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：e ラーニングと VR コンテンツ（PC 版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

「定性分析結果」の成績では、グループ間に大きな差は見られない。

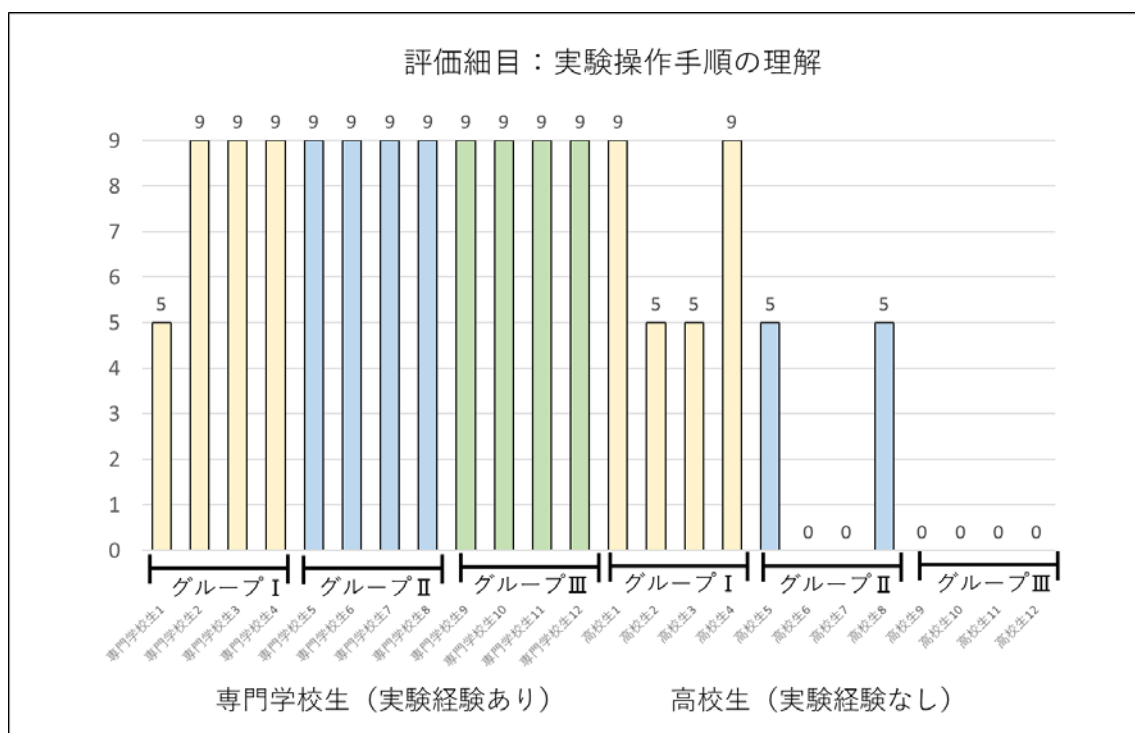
(3) 「実験時間」に対する評価結果



- ・グループⅠ：e ラーニングと VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：e ラーニングと VR コンテンツ（PC 版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

「実験時間」の成績でも、グループ間に大きな差は見られない。

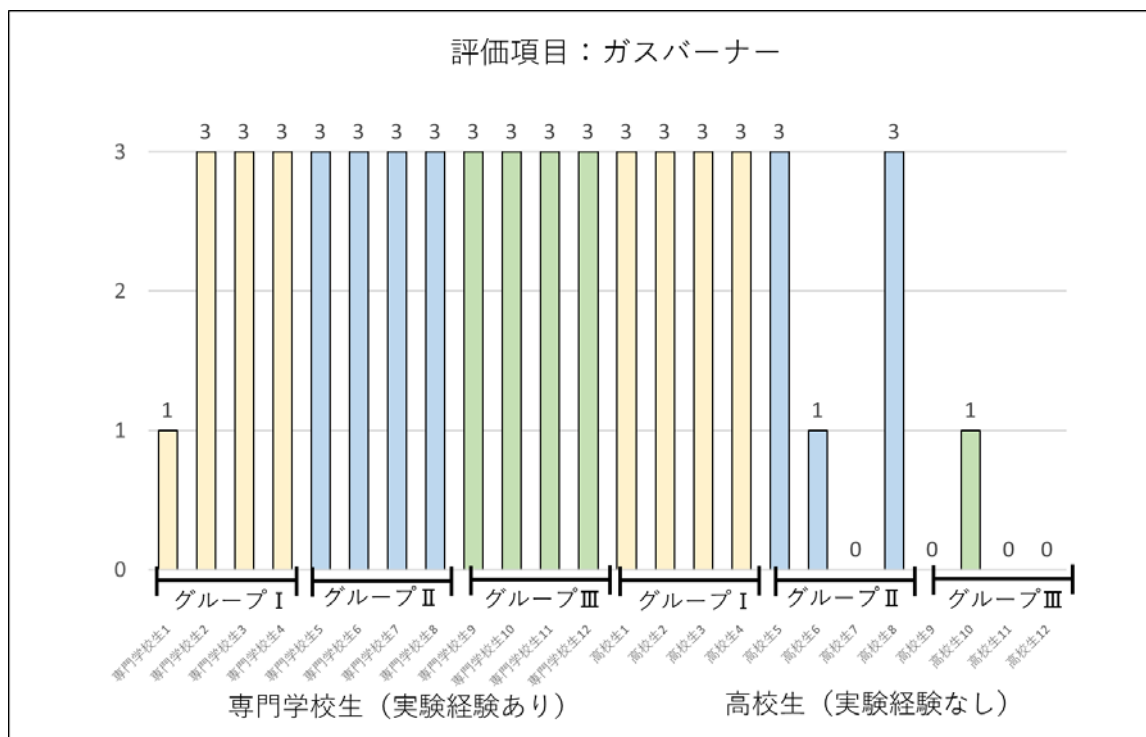
(4) 「実験操作 評価細目：実験操作手順の理解」に対する評価結果



- ・グループⅠ：e ラーニングと VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：e ラーニングと VR コンテンツ（PC 版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

定性分析実験の評価項目 10 項目の中でも「実験操作手順の理解」の項目で、顕著な差が確認できる。高校生（実験経験なし）の評価結果を見ると、VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行ったグループⅠの点数は、事前学習なしのグループⅢだけでなく、VR コンテンツ（PC 版）で事前学習を行ったグループⅡの点数と比べても大きく上回る結果となった。

(5) 「実験操作 評価細目：ガスバーナー」に対する評価結果



- ・グループⅠ：e ラーニングと VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：e ラーニングと VR コンテンツ（PC 版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

定性分析実験の評価項目 10 項目のうち「ガスバーナー」の項目でも、評価結果に差が表れた。高校生（実験経験なし）の評価結果を見ると、VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行ったグループⅠの点数がやはり高く、VR コンテンツ（PC 版）で事前学習を行ったグループⅡ、事前学習なしのグループⅢの点数を上回る結果となった。またグループⅡとグループⅢを比較すると、グループⅡの方が成績が上回る結果となった。

(6) 評価結果の詳細

	学生 No	グループ	合計点	金属イオン 検出	実験時間	実験操作手 順の理解	試薬の扱い	器具の洗浄	ろ過操作	ガスバーナ ー	廃液の扱い	安全対策	実験室内の 行動
専門 学 校 生	1	グループ I	44	10	10	5	3	3	3	1	3	3	3
	2	グループ I	43	10	5	9	3	3	1	3	3	3	3
	3	グループ I	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	4	グループ I	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	5	グループ II	45	5	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	6	グループ II	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	7	グループ II	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	8	グループ II	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	9	グループ III	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	10	グループ III	45	5	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	11	グループ III	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
	12	グループ III	50	10	10	9	3	3	3	3	3	3	3
高 校 生	1	グループ I	40	10	0	9	3	3	3	3	3	3	3
	2	グループ I	34	10	0	5	3	3	3	3	3	1	3
	3	グループ I	34	10	0	5	3	3	3	3	3	3	1
	4	グループ I	40	10	0	9	3	3	3	3	3	3	3
	5	グループ II	36	10	0	5	3	3	3	3	3	3	3
	6	グループ II	29	10	0	0	3	3	3	1	3	3	3
	7	グループ II	28	10	0	0	3	3	3	0	3	3	3
	8	グループ II	39	10	5	5	3	3	3	3	3	1	3
	9	グループ III	28	10	0	0	3	3	3	0	3	3	3
	10	グループ III	24	5	0	0	3	3	3	1	3	3	3
	11	グループ III	23	5	0	0	3	3	3	0	3	3	3
	12	グループ III	33	10	5	0	3	3	3	0	3	3	3

4.3. 受講後アンケート調査結果

本講座では以下の5種の受講後アンケートを実施した。

- ・グループⅠ 12/21 事前学習 受講後アンケート
- ・グループⅠ 12/22 実験実習 受講後アンケート
- ・グループⅡ 12/21 事前学習 受講後アンケート
- ・グループⅡ 12/22 実験実習 受講後アンケート
- ・グループⅢ 12/22 実験実習 受講後アンケート

これらのアンケートは、グループⅠ、グループⅡ、グループⅢで各種コンテンツを利用するタイミングが異なることから、質問の適切なタイミングで行うためにアンケートをわけているが、ほとんどがグループ間で差異なく共通の質問である。

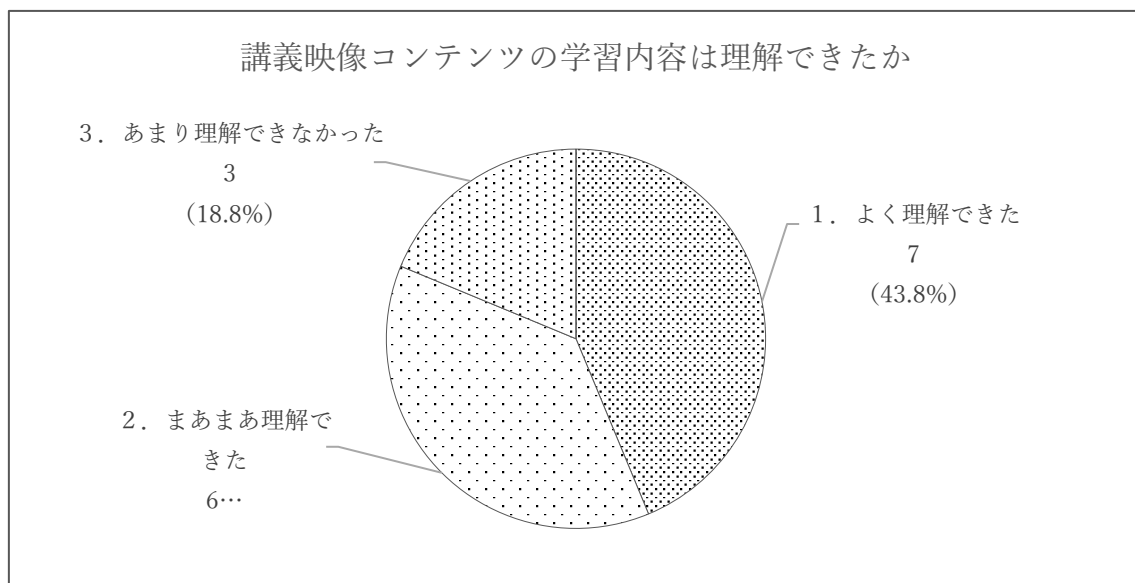
ここでは、本講座の結果全体を概観しやすくする目的で、グループⅠⅡⅢの共通質問を抜粋して合算値を集計したグラフを掲載するが、グループ毎にアンケートのタイミングが異なることに留意されたい。

なお、個別のアンケート結果に関しては、巻末の参考資料に掲載する。

1.e ラーニング（講義映像コンテンツ）について

回答対象：グループⅠⅡ（いずれも事前学習）

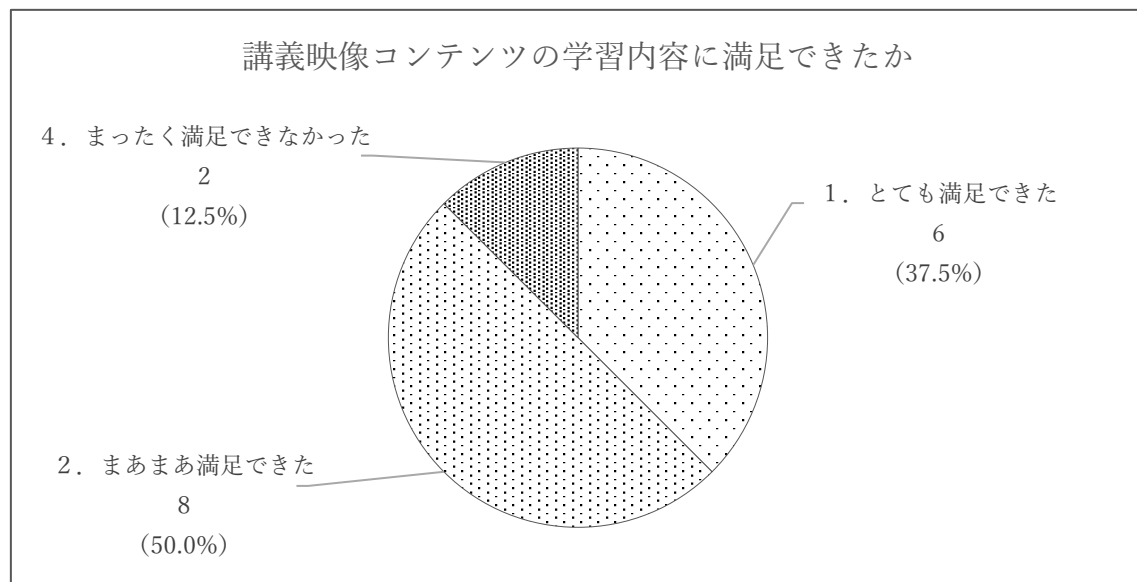
1-(1) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容は理解できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. よく理解できた	7	43.8%
2. まあまあ理解できた	6	37.5%
3. あまり理解できなかった	3	18.8%
4. まったく理解できなかった	0	0.0%
総計	16	

回答対象：グループⅡ（いずれも事前学習）

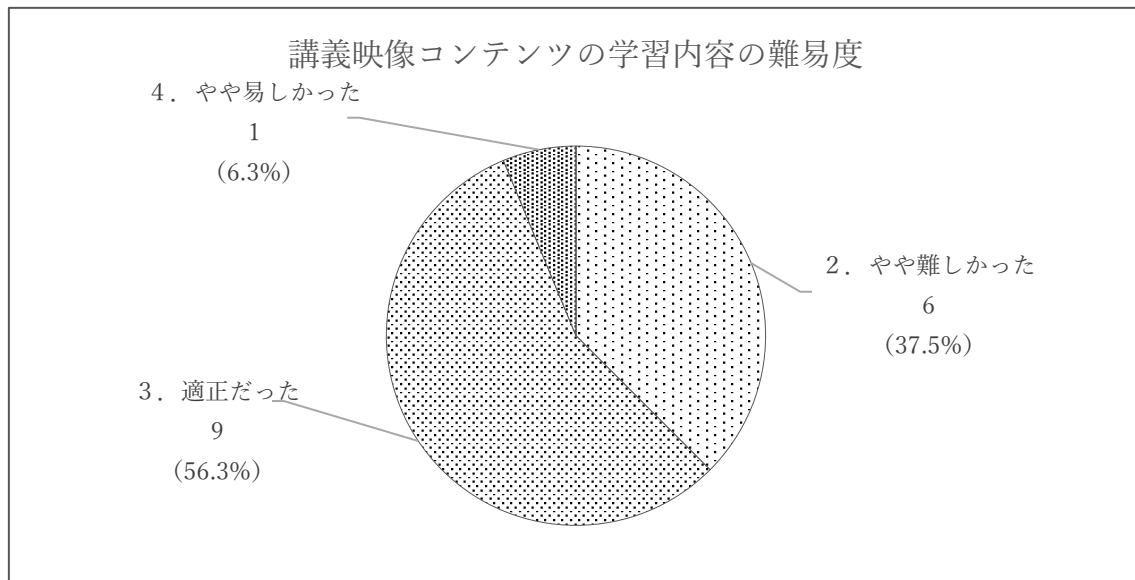
1-(2) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても満足できた	6	37.5%
2. まあまあ満足できた	8	50.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	2	12.5%
総計	16	

回答対象：グループⅠⅡ（いずれも事前学習）

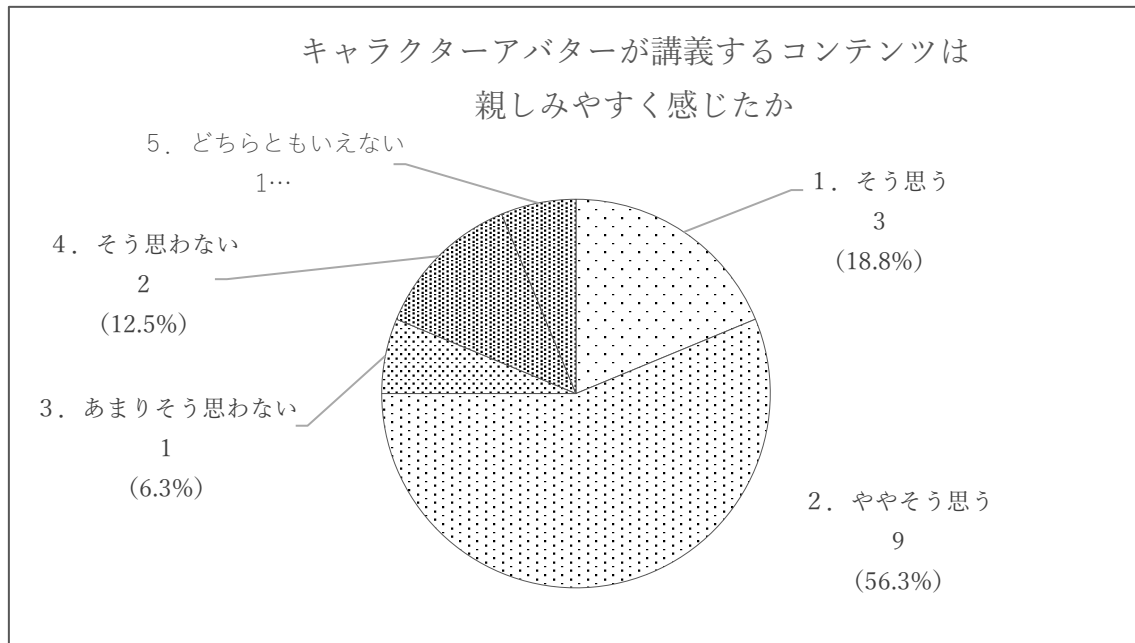
1-(3) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	6	37.5%
3. 適正だった	9	56.3%
4. やや易しかった	1	6.3%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	16	

回答対象：グループⅡⅡ（いずれも事前学習）

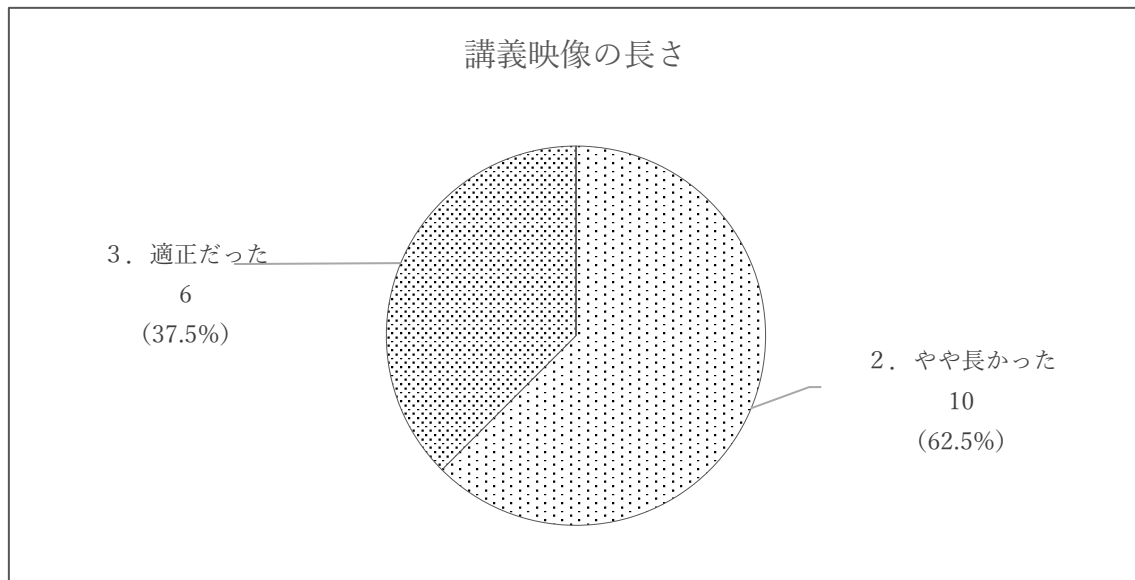
1-(4) キャラクターアバターが講義するコンテンツは親しみやすく感じましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. そう思う	3	18.8%
2. ややそう思う	9	56.3%
3. あまりそう思わない	1	6.3%
4. そう思わない	2	12.5%
5. どちらともいえない	1	6.3%
総計	16	

回答対象：グループⅡ（いずれも事前学習）

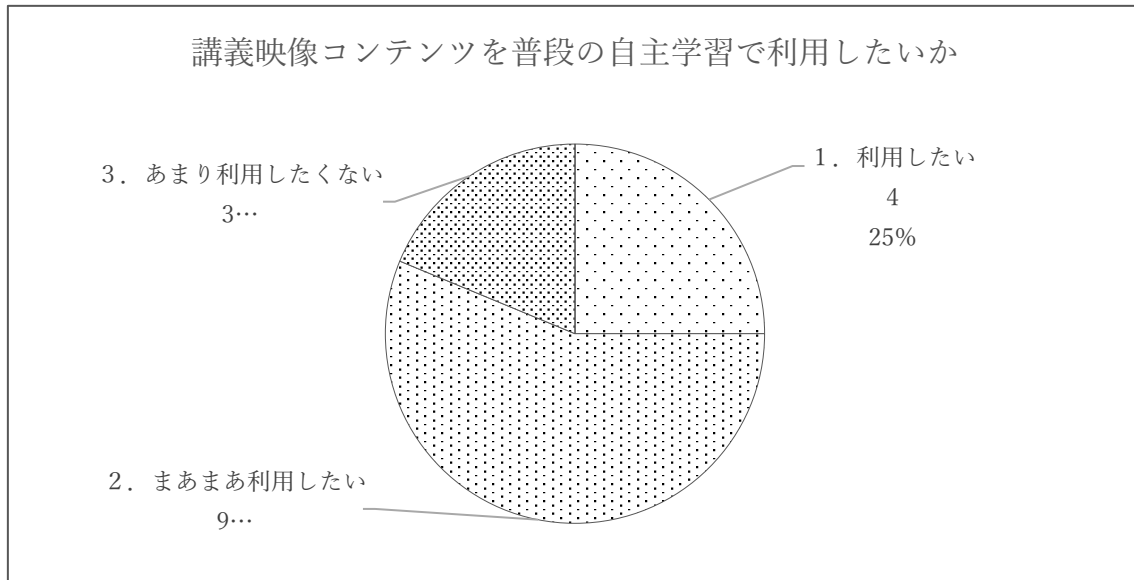
1-(5) 今回の講義映像コンテンツは1本約10分程度としました。講義映像の長さに対する感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	10	62.5%
3. 適正だった	6	37.5%
4. やや短かった	0	0.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	16	

回答対象：グループⅡⅡ（いずれも事前学習）

1-(6) 今回のような講義映像コンテンツを普段の自主学習などでも利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



	回答者	%
1. 利用したい	4	25.0%
2. まあまあ利用したい	9	56.3%
3. あまり利用したくない	3	18.8%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	16	

回答対象：グループⅡ（いずれも事前学習）

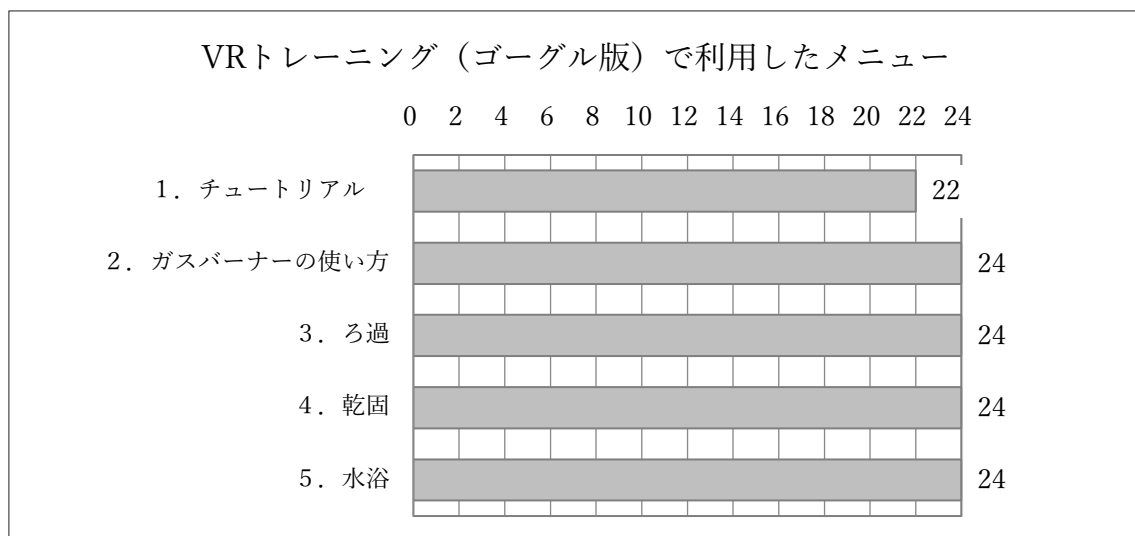
1-(7) 講義映像コンテンツに関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ アバターがあり親しみやすかったです。
- ・ 少し聞きとり辛かった。
- ・ 音声聞きとりにくかったです。
- ・ 声を聞き取れるようにしてほしい。
- ・ 音が聞きずらかっただけで、他は良かったと思う。
- ・ 「講義映像コンテンツ」で話している男の人の声がおもしろかったです。
- ・ もう少し曇った声を聞きとりやすく改善できればさらに伝わりやすくなると思いました。ペンなどで重要な箇所を引いたりするのは良かったと思います。
- ・ 内容がわかりやすく、理解しやすかったです。
- ・ 音声の改善が必要だと感じました。また、なぜそのルールがあるのかなどの詳細がなかったため疑問が残ってしまう可能性があると思います。説明の長さは比較的短く良いと思った。
- ・ 写真だけでなく、実際に実験している映像などがあってもいいと思いました。
(服装例など)
- ・ アバターの情報量がちぐはぐで気持ち悪い。トラッキングで動かすのであれば、一部制限をかけるのではなく、Live2D程度におさえるか、顔や体も動かしたほうが見栄えがいい。・ フェイストラッキングも無理に入れる必要はないと思う。
- ・ スライド上の文字や絵への線や丸は手書ではなく、アニメーション等使用すると、見やすい。手の形も適宜変更をするとみやすい。

2. VR トレーニング（ゴーグル版）について

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

2-(1) VR トレーニング（ゴーグル版）で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。

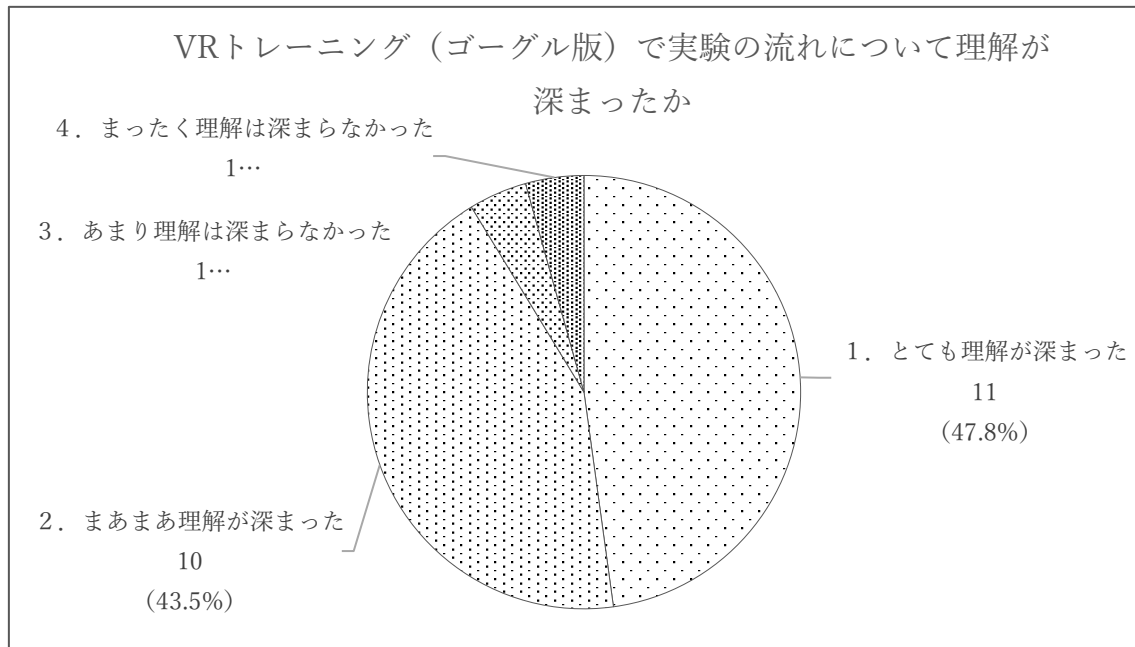


（複数回答）

回答者	
1. チュートリアル	22
2. ガスバーナーの使い方	24
3. ろ過	24
4. 乾固	24
5. 水浴	24
総計	120

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

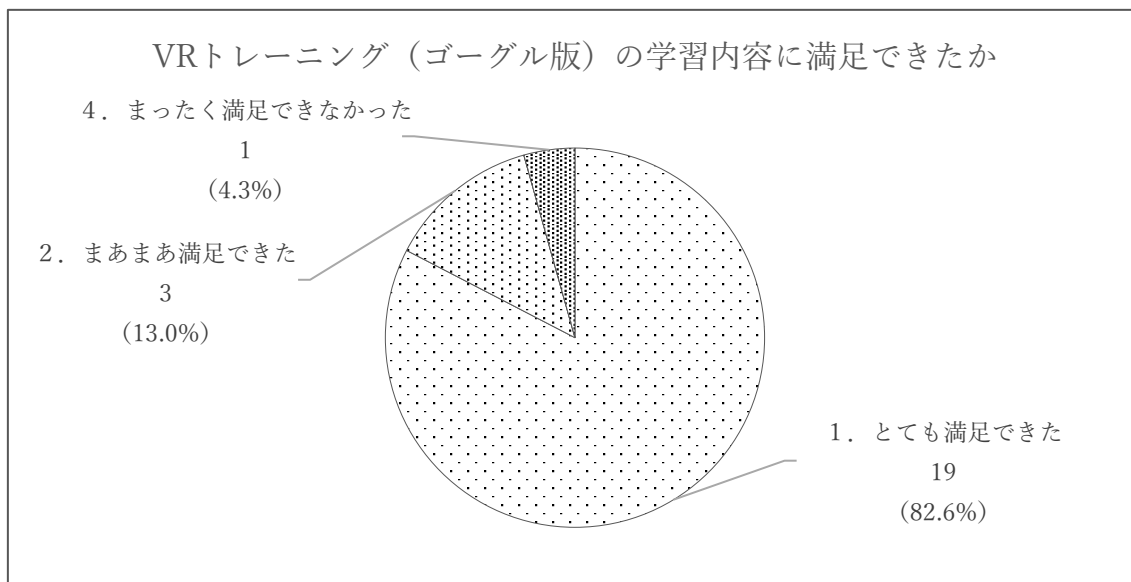
2-(2) VR トレーニング（ゴーグル版）によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても理解が深まった	11	47.8%
2. まあまあ理解が深まった	10	43.5%
3. あまり理解は深まらなかった	1	4.3%
4. まったく理解は深まらなかった	1	4.3%
総計	23	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

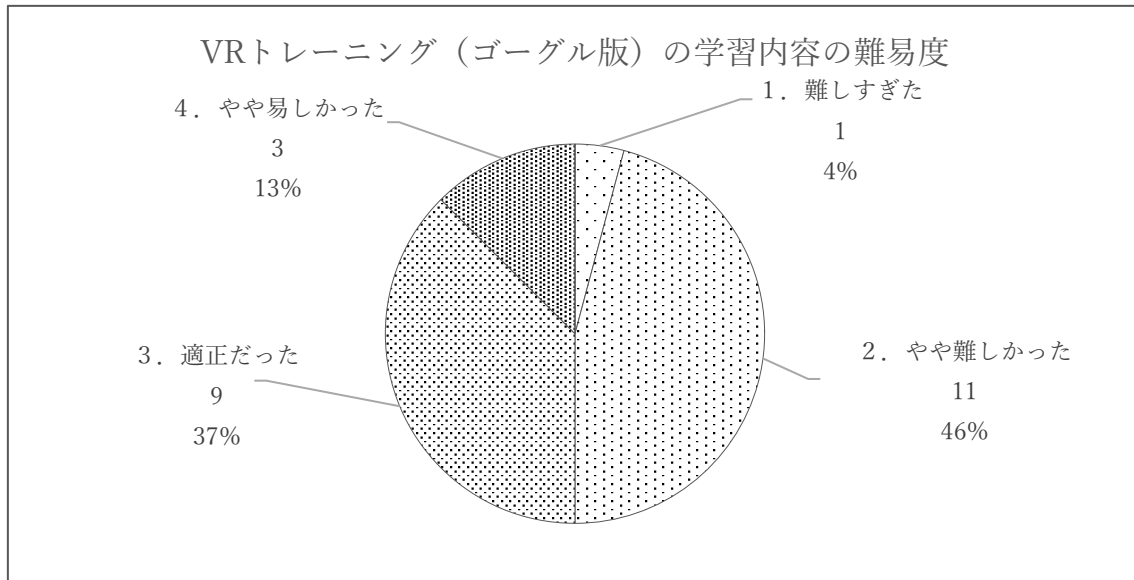
2-(3) VR トレーニング（ゴーグル版）の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても満足できた	19	82.6%
2. まあまあ満足できた	3	13.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	1	4.3%
総計	23	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

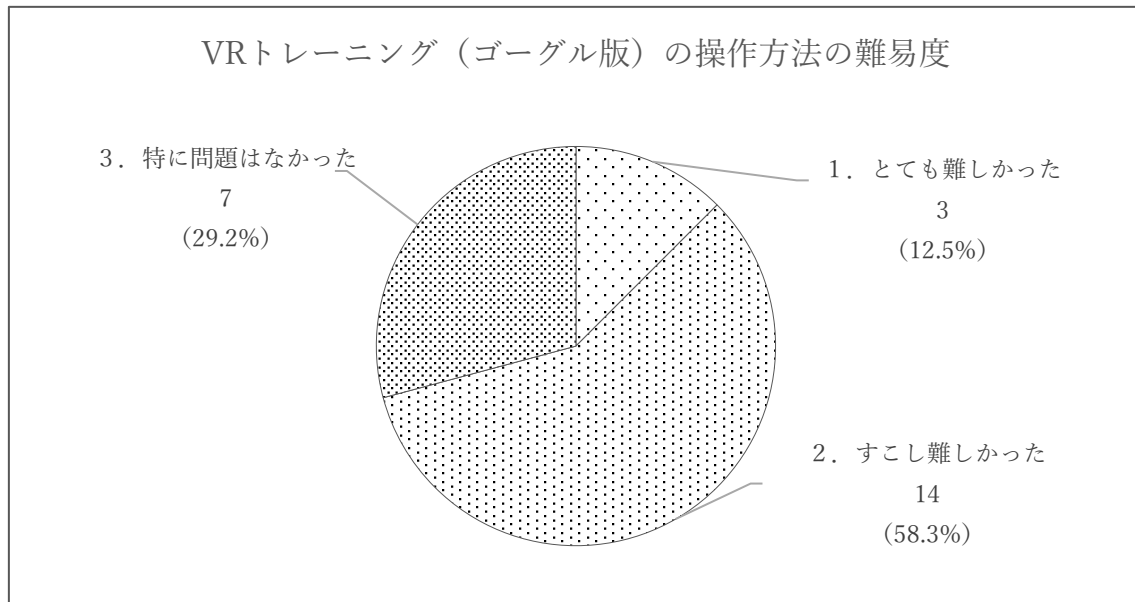
2-(4) VR トレーニング（ゴーグル版）の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 難しすぎた	1	4.2%
2. やや難しかった	11	45.8%
3. 適正だった	9	37.5%
4. やや易しかった	3	12.5%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

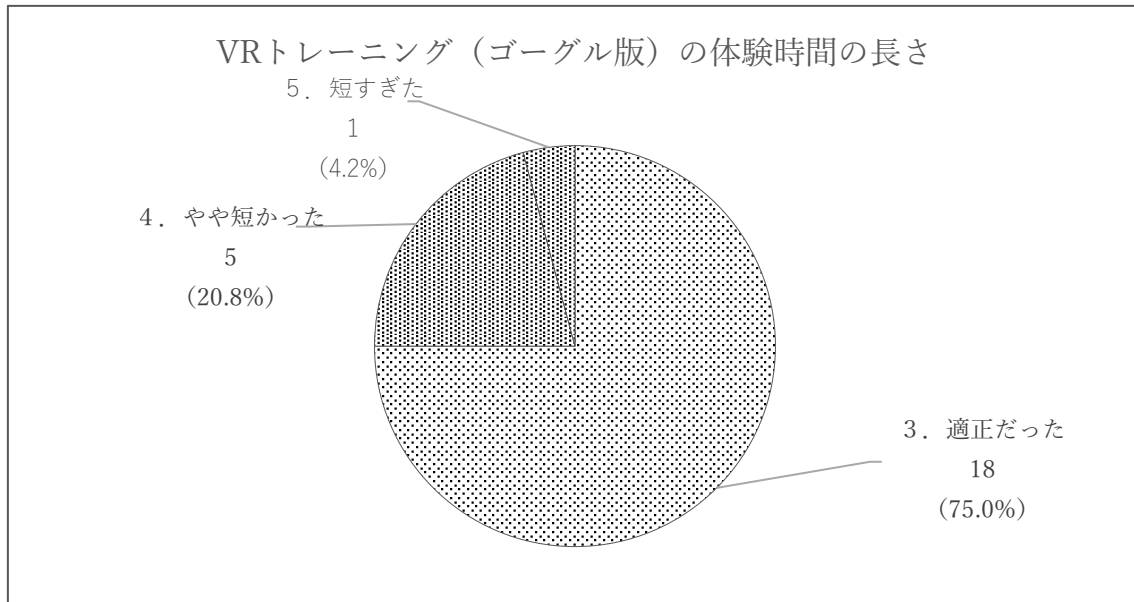
2-(5)トレーニング（ゴーグル版）の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



	回答者	%
1. とても難しかった	3	12.5%
2. 少し難しかった	14	58.3%
3. 特に問題はなかった	7	29.2%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

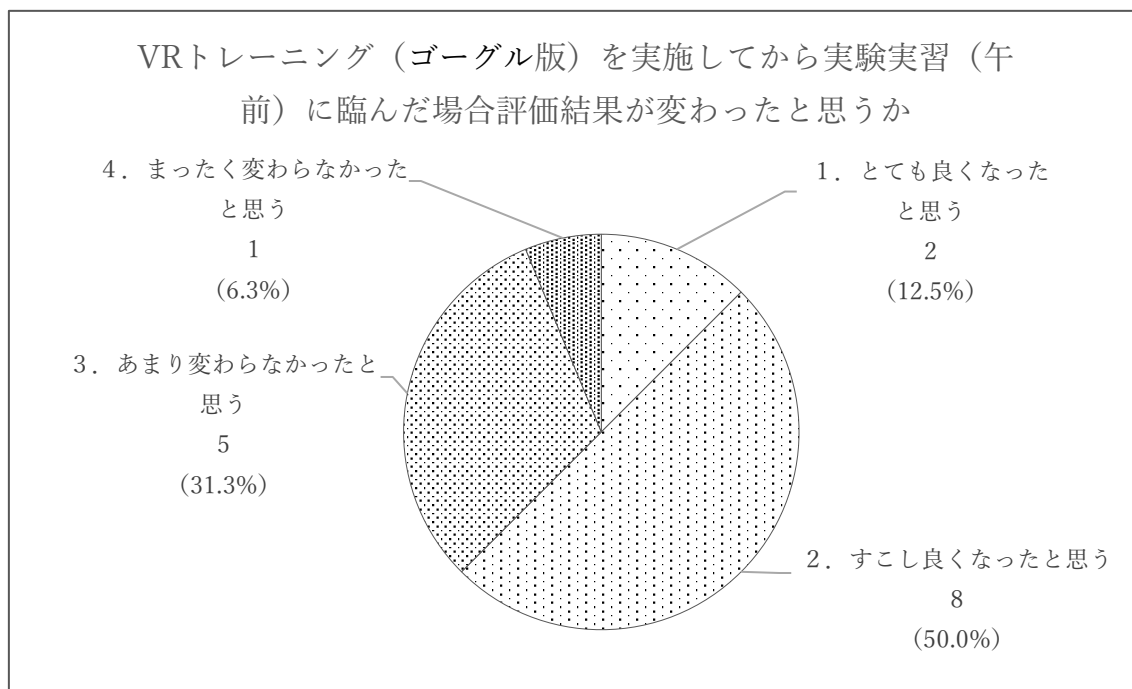
2-(6)今回の VR トレーニング（ゴーグル版）は1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計しました。体験時間の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	0	0.0%
3. 適正だった	18	75.0%
4. やや短かった	5	20.8%
5. 短すぎた	1	4.2%
総計	24	

回答対象：グループⅡⅢ（実験後体験）

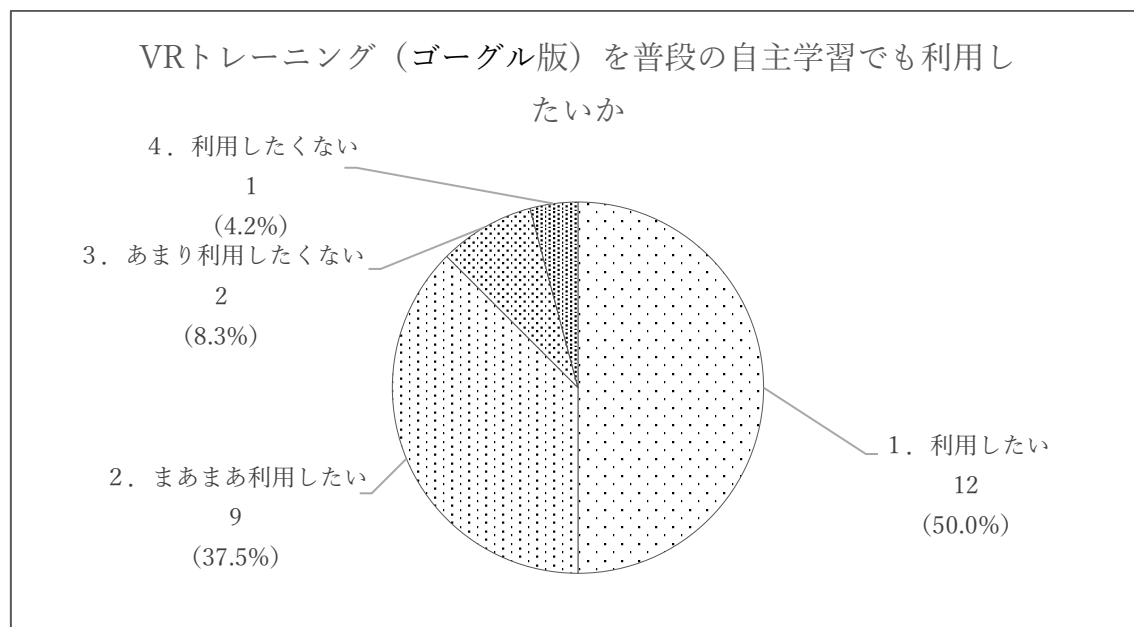
2- (7) 事前に VR トレーニング（ゴーグル版）を実施してから実験実習（午前）に臨んだ場合、評価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	2	12.5%
2. すこし良くなったと思う	8	50.0%
3. あまり変わらなかったと思う	5	31.3%
4. まったく変わらなかったと思う	1	6.3%
総計	16	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

2-(7)今回のような VR トレーニング（ゴーグル版）を普段の自主学習などでも利用したい
 と思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	12	50.0%
2. まあまあ利用したい	9	37.5%
3. あまり利用したくない	2	8.3%
4. 利用したくない	1	4.2%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅠ事前学習、グループⅡ・Ⅲ実験後体験）

2-(9) VR トレーニング（ゴーグル版）に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

グループⅠ

- ・ ゴーグルが重くすこししんどかったけど楽しくできました。
- ・ 手順を見て操作をする時、ミスしてしまう時があったが、VRだったおかげで怪我なく安全にやり直すことができて良かった。
- ・ ガスバーナーのつけ方がむずかしかったです。ろうとの先が、ビーカーについているかや、ろ紙の表裏の見分け等、細かい所の確認が大変でした。学習方法として、とても面白かったです。
- ・ VRに興味がありました。初めてスティックで操作してみて、とても楽しかったです。採点や手順の確認をできるところが良かったです。採点のイラストも萌え系のイラストじゃなくて良かったです。
- ・ 操作性が壊滅的に悪い。ガスをつけずに実際の実験器具でした方が良い。試験管の固形物がふってもまるでとれない。ろかする前にふれば浮いてとれるのに。

グループⅡ

- ・ 割と使いやすく、動きに応じてしっかりと動いてくれたのがよかったです。
- ・ PCよりもやりやすくてよかった。
- ・ PC版よりも「実験している」という感覚が強くて楽しかった。
- ・ ガスバーナーの開閉操作が少しやりづらい。インタラクトしたら手のビームでスライダーを操作できていいのではないかと思った。・ スタートする画面が頭追従だと操作しづらい。ビームがオールなどのオブジェクトに阻害される。スタートを終了ボタンと同様に設置し、これを押すまでは他全てインタラクトできない仕様でもいいと思う。
- ・ もう少し詳しい操作方法がほしいと思いました。
- ・ 思ったよりリアルで楽しかった。
- ・ 体質などの問題が発生するので希望する人に対しての使用などの一部に対して利用する方が良いと感じました。ただ、かなり細かい部分（実沸）も設定として導入されているのはすごく良くできていると感じます。

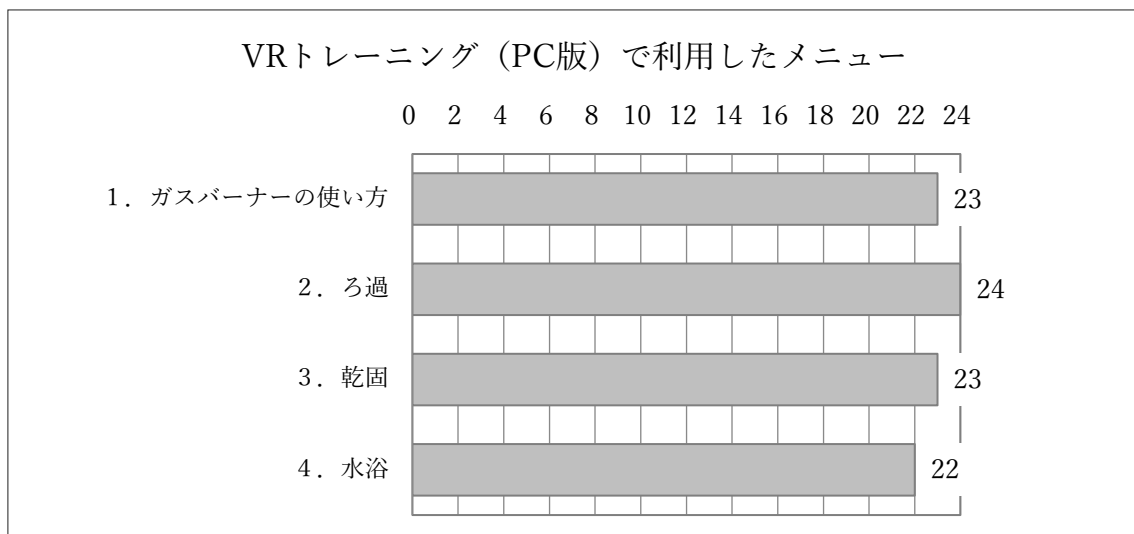
グループⅢ

- ・ 楽しかった。
- ・ チュートリアル後も操作方法は書いていてほしい。カーソルを合わせたら道具の名前が出るようにしてほしい。

3. VR トレーニング（PC 版）について

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

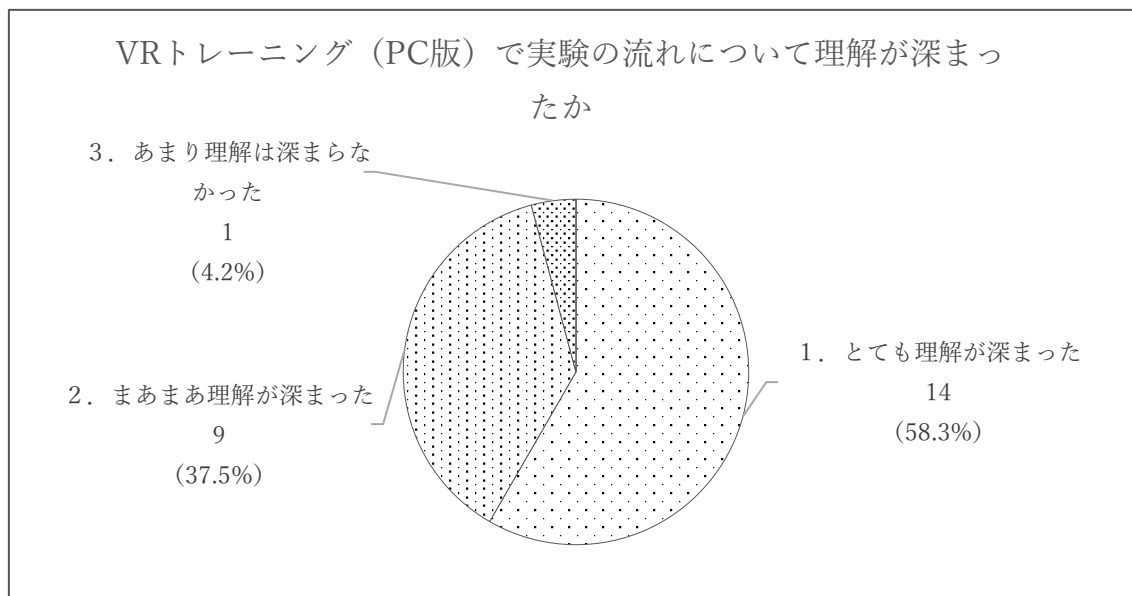
3-(1) VR トレーニング（PC 版）で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



回答者	
1. ガスバーナーの使い方	23
2. ろ過	24
3. 乾固	23
4. 水浴	22
総計	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

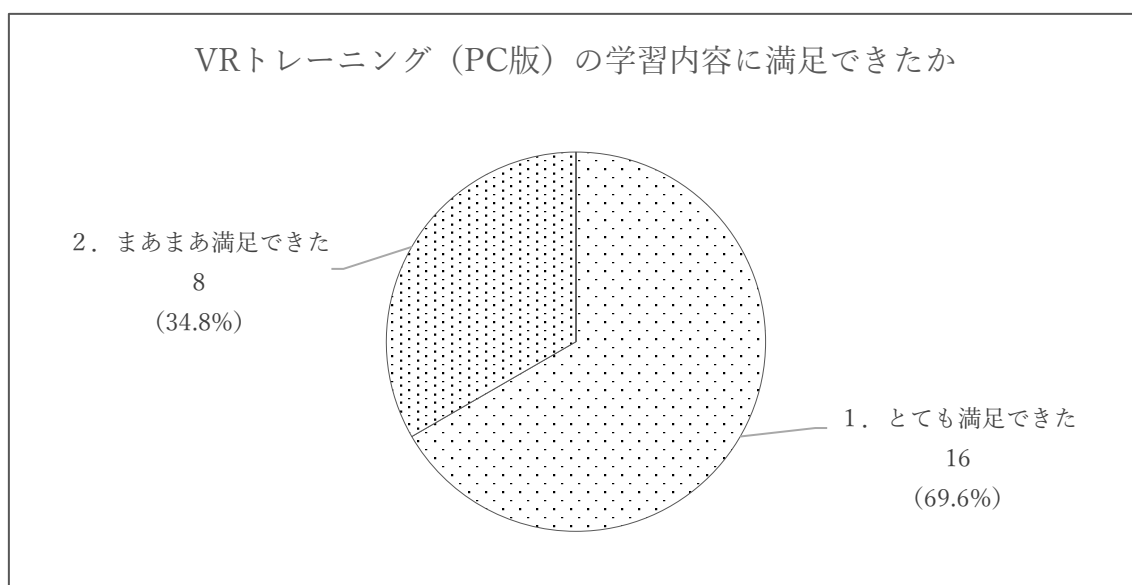
3-(2) VR トレーニング（PC 版）によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても理解が深まった	14	58.3%
2. まあまあ理解が深まった	9	37.5%
3. あまり理解は深まらなかった	1	4.2%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

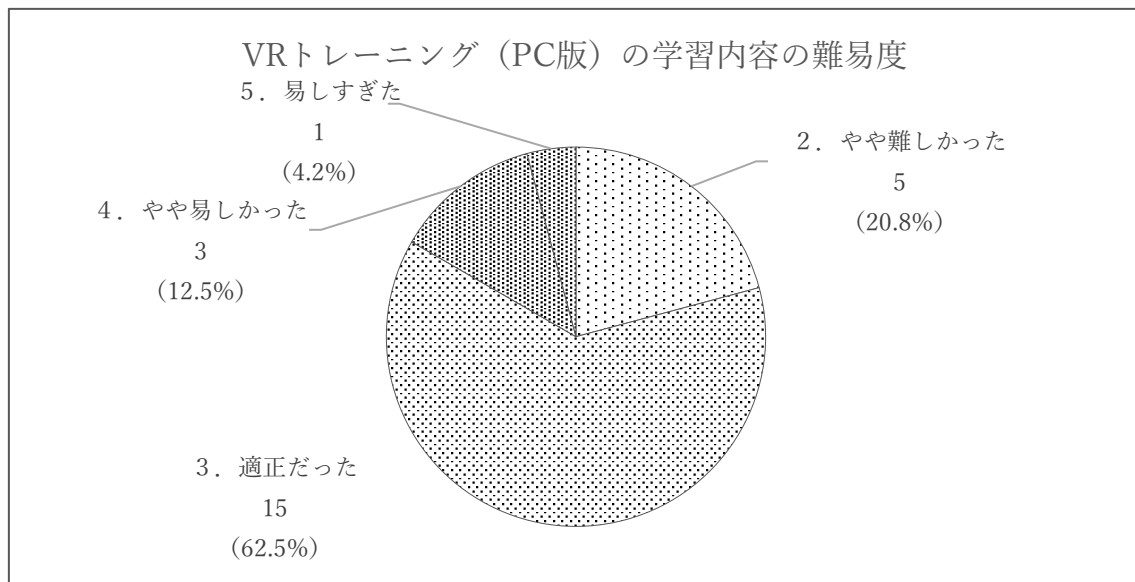
3-(3) VR トレーニング（PC 版）の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても満足できた	16	69.6%
2. まあまあ満足できた	8	34.8%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

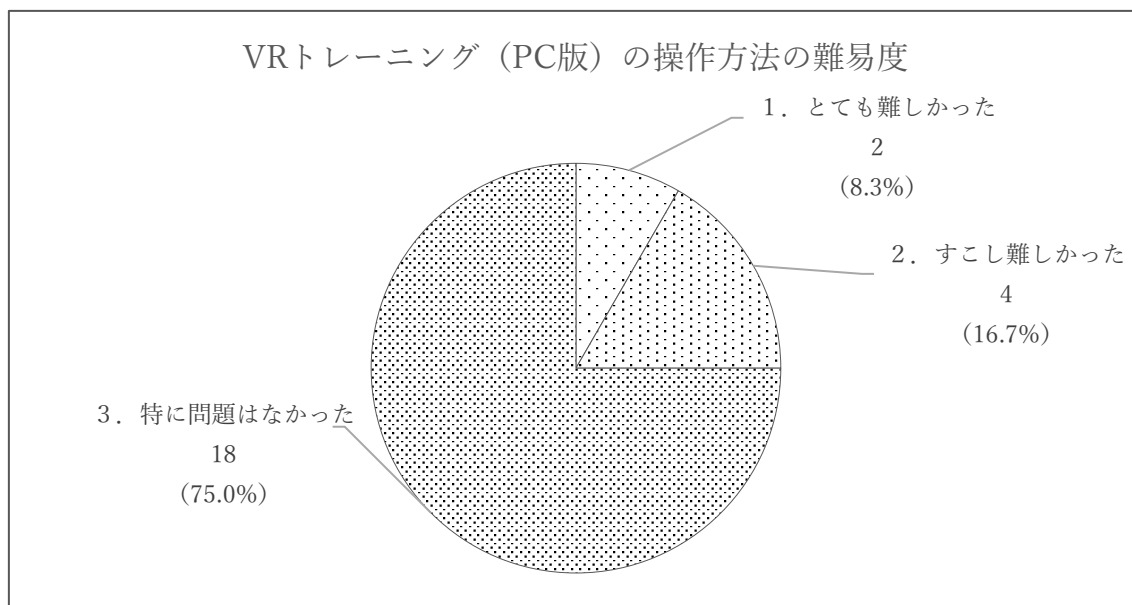
3-(4) VR トレーニング（PC 版）の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	5	20.8%
3. 適正だった	15	62.5%
4. やや易しかった	3	12.5%
5. 易しすぎた	1	4.2%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

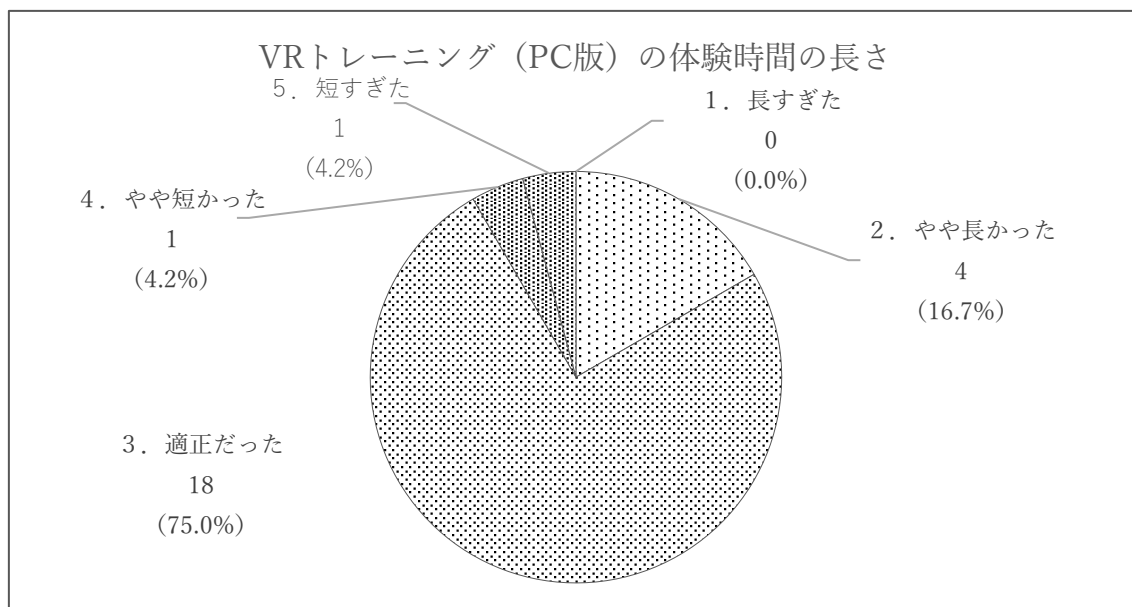
3-(5) VR トレーニング（PC 版）の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても難しかった	2	8.3%
2. すこし難しかった	4	16.7%
3. 特に問題はなかった	18	75.0%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

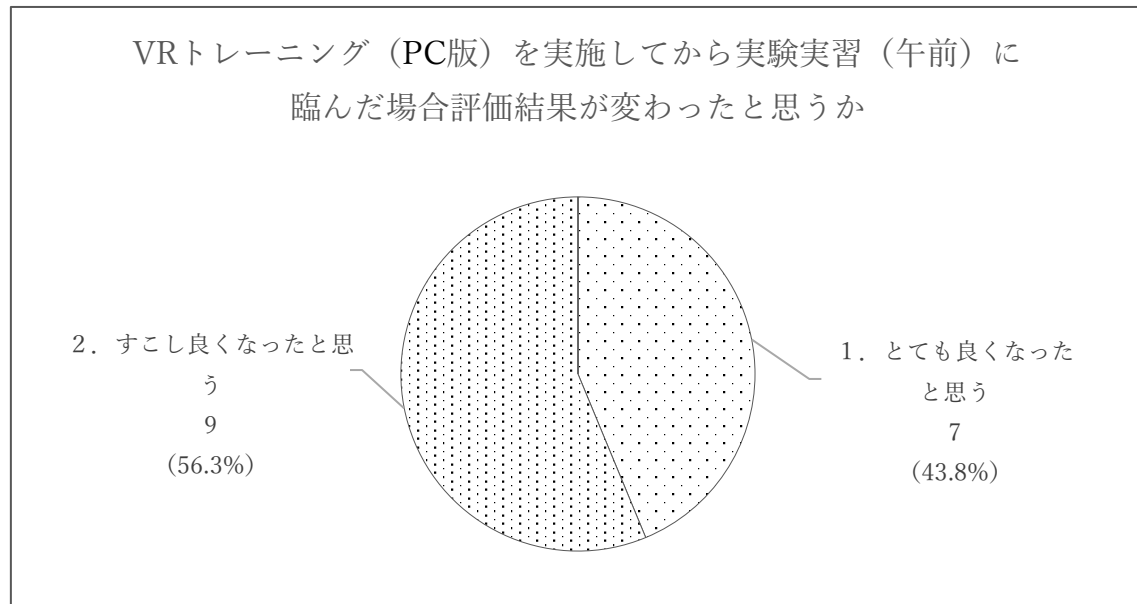
3-(6) 今回の VR トレーニング（PC 版）は 1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計しました。体験時間の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	4	16.7%
3. 適正だった	18	75.0%
4. やや短かった	1	4.2%
5. 短すぎた	1	4.2%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅢ（実験後体験）

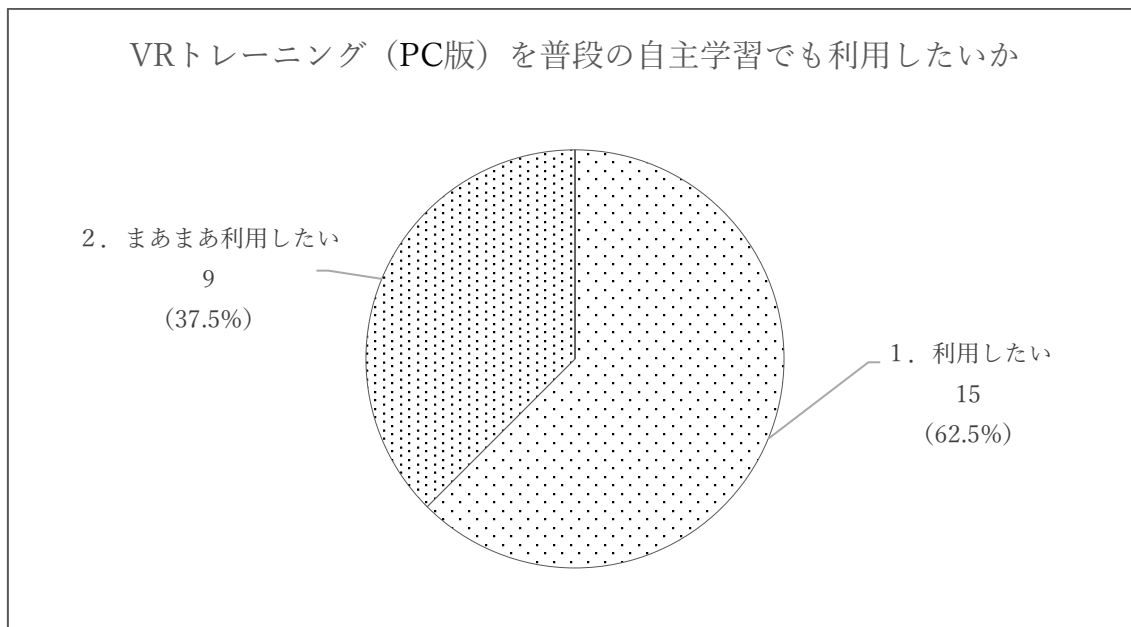
3-(7) 事前に VR トレーニング（PC 版）を実施してから実験実習（午前）に臨んだ場合、評価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	7	43.8%
2. 少し良くなったと思う	9	56.3%
3. あまり変わらなかったと思う	0	0.0%
4. まったく変わらなかったと思う	0	0.0%
総計	16	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

3-(8) 今回のような VR トレーニング（PC 版）を普段の自主学習などでも利用したいと思
いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	15	62.5%
2. まあまあ利用したい	9	37.5%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	24	

回答対象：グループⅠⅡⅢ（グループⅡ事前学習、グループⅠ・Ⅲ実験後体験）

3-(9) VR トレーニング（PC 版）に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

グループⅠ

- ・ 1 つのものを選択したら、何個かの選択肢が出てきて、とても分かりやすかったです。
- ・ PCの方が操作方法がVRよりも簡単でした。点数も昨日のVRよりよかったです。
- ・ 下手にVRゴーグルを使うよりPCでする方が操作がしやすい。ガスバーナーの火の大きさの基準がわかりにくい。
- ・ 操作の選択肢があることで、ゴーグル版よりも操作がしやすかったです。
- ・ 器具の取扱い手順を確認できて良かった。

グループⅡ

- ・ シンプルで楽しかった。
- ・ たのしかったです。
- ・ 溶媒を加熱したときに、おもむろに水が蒸発していつているのがPCで再現できて良かったです。
- ・ 一つ一つの操作を丁寧にしないといけないのが難しかった。
- ・ 実験前の予習に使うには良いと思った。実験終了後にどこがダメだったかを教えてもらえるのが良かった。
- ・ 1年次の最初の授業や自宅学習に利用すべきだと思います。
- ・ 見やすくするために自由に拡大、縮小できればいいと思います。第1族～6族のものも楽しみにしています。
- ・ カーソルをオブジェクト上に持ってきた時に、メニュー画面同様ハイライトのようなのがあったと判定がわかりやすい。

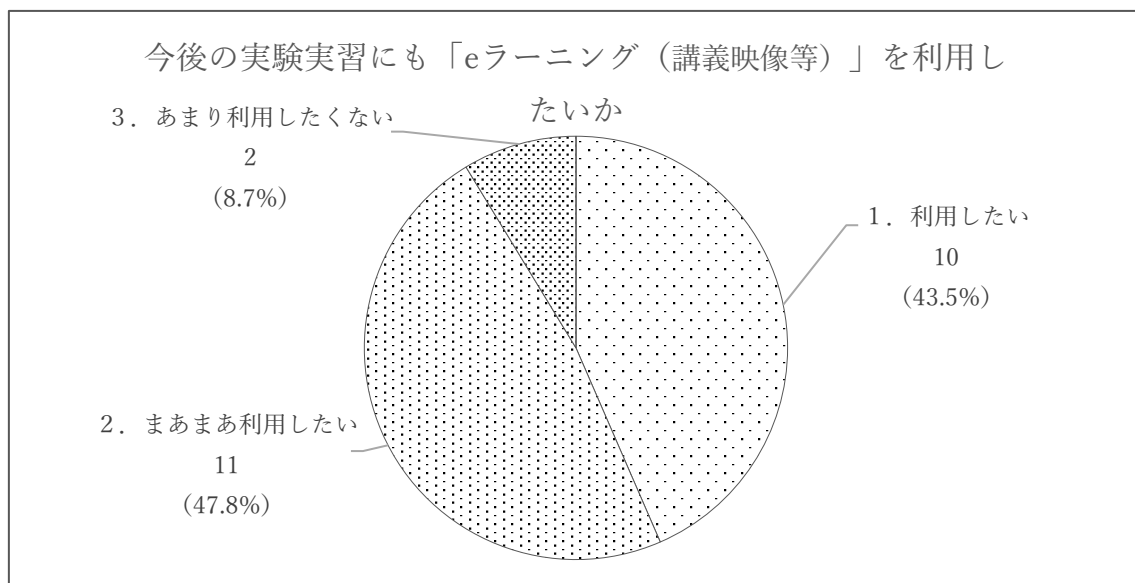
グループⅢ

- ・ 難しかった。
- ・ カーソルを合わせたら道具の名前が出るようにしてほしい。正しい手順を動画で見れるようにしてほしい。

4. 講座全体について

回答対象：グループⅠⅡ

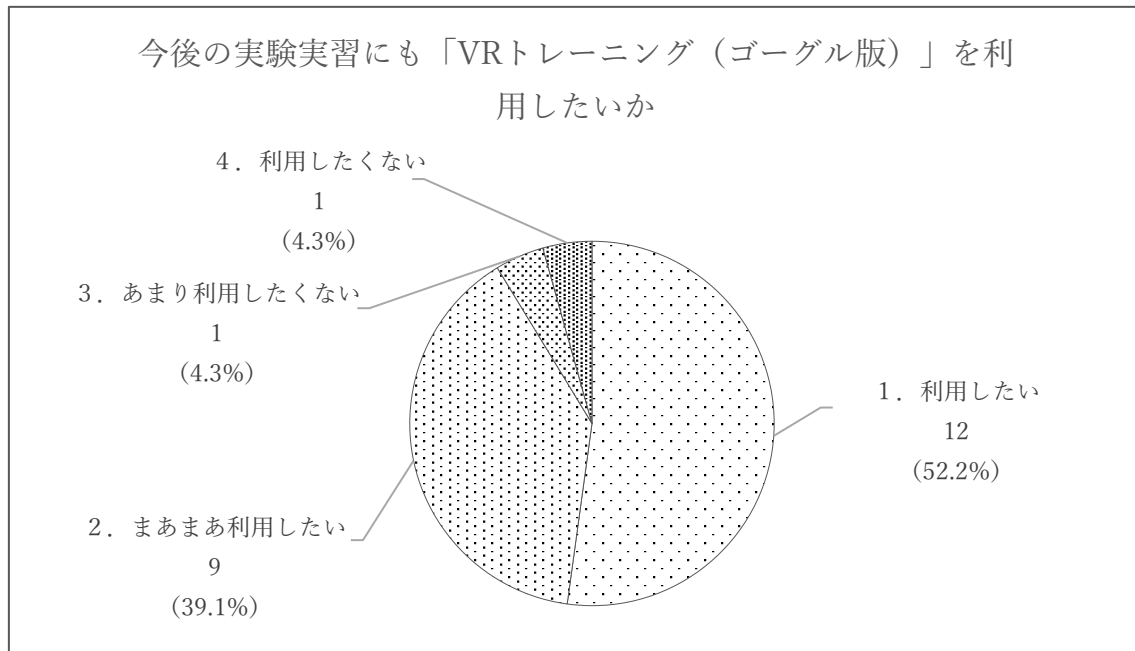
4-(1) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際に、「eラーニング（講義映像等）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	10	43.5%
2. まあまあ利用したい	11	47.8%
3. あまり利用したくない	2	8.7%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	23	

回答対象：グループⅠⅡⅢ

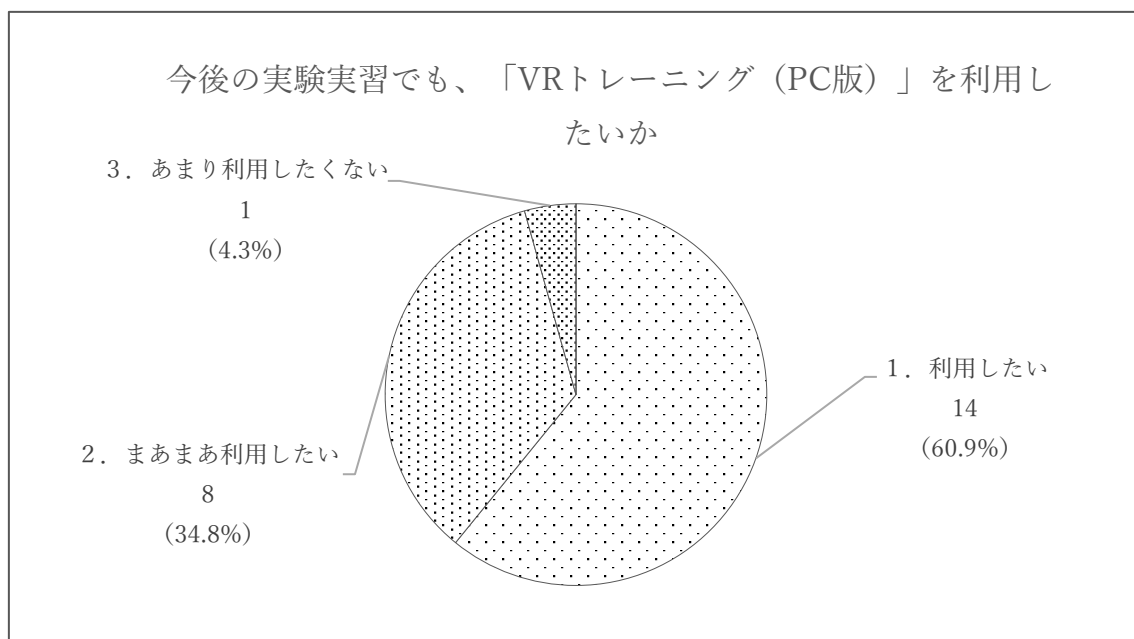
4-(2) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VR トレーニング（ゴーグル版）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	12	52.2%
2. まあまあ利用したい	9	39.1%
3. あまり利用したくない	1	4.3%
4. 利用したくない	1	4.3%
総計	23	

回答対象：グループⅠⅡⅢ

4-(3) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VR トレーニング (PC 版)」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	14	60.9%
2. まあまあ利用したい	8	34.8%
3. あまり利用したくない	1	4.3%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	23	

回答対象：グループⅠⅡⅢ

4-(4) 今回の学習内容や使用したコンテンツ等に関して、ご意見・ご感想などあればご記入ください。

グループⅠ

- ・ とても良かったです。2日間ありがとうございました。
- ・ テキストを読んで実験をするよりも、わかりやすく楽しんで学習することができました。点数の評価があることで、間違えた部分が出るのも、とても良いと思いました。
- ・ V R ゴーグルがとても楽しかった。操作手順、取扱いだけではなく、いろんな実験ができるようになればいいと思った。技能士試験のシミュレーションとか・・・。
- ・ V R ではよってしまい少し気分が悪くなりました。
- ・ ゴーグル版のガスバーナーの点火時にいっこうにねじが開かなかったり、コックが勝手に閉まって火が消えるのがうっとうしかった。特に空気ねじの方がまるで開かない。当たり判定どうなってるの？ガラスのピペットや試験管の位置がわかりにくい。ピペットで滴下したら外によく出ている。いすに座ってする様にした方がいい。ついいつもの様に実験台によりかかってこけかけた。

グループⅡ

- ・ とてもおもしろかったです。
- ・ 一度失敗してからでは遅いので、あらかじめ実験できるというのはとても良いことだと思います。
- ・ V R は直感的なわかりやすさが、良い体験につながると思います。オブジェクトに手を近づけた時の振動は良かったです。3 液の減少ももう少し視覚的にわかりやすくてもいいと思いました。Eラーニングは新しい技術を使いたくて使いました感が大きいので、もっとコンテンツになじませてください。Eラーニングは I p h o n e の C h r o m e だと入れませんでした。
- ・ この活動はとてもいいと思いました。今回の分析では、あまり色の変化がなかったですが、定性分析で色の変化が見えると、実際の実験にも役立つと思います。
- ・ V R よりも P C の方が手軽に利用できるため、教育機関で用いる場合では適切だと思います。ただ、V R の方がより実践的なので、開発を進めるべきだと感じます。短時間での利用であればすぐに導入しても良いと思います。

グループⅢ

回答なし

4.4. 実施結果まとめ

今年度は、「定性分析実験」を題材とするコンテンツ群を活用した遠隔教育モデルについて、その有効性や妥当性を検証することを目的として、①定性分析実験の学習経験のある専門学校生、②定性分析の学習経験のない高校生、計24名を対象に講座を実施した。実施にあたり、受講者を下表の3つのグループに分けて検証を実施した。また実験実習終了後、すべての受講者がVRコンテンツを体験できる機会を設けた。

グループⅠ ①4名、②4名	eラーニング、VRコンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行う群
グループⅡ ①4名、②4名	eラーニング、VRコンテンツ（PC版）で事前学習を行う群
グループⅢ ①4名、②4名	前期に実施した定性分析実験の実験テキストなどを使って学習する群

まず実験実習の評価結果のうち、定性分析実験の評価項目10項目の合計点の平均をグループ間で比較すると、高校生（実験経験なし）の結果に顕著な差異を確認することができた。VRコンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行ったグループⅠが最も点数が高く、VRコンテンツ（PC版）で事前学習を行ったグループⅡが続き、いずれも事前学習なしのグループⅢの成績を上回る結果となった。評価項目の中でも特に「実験操作手順の理解」でその差が顕著に確認できる。高校生（実験経験なし）について、グループⅠの理解度が高く、グループⅡはそれに準ずる結果となった。

これらの結果から、特に実験操作手順の学習などにおいて、本事業で開発したVRトレーニングコンテンツやeラーニングコンテンツなどの有効性を確認することができた。またその中でも、VRゴーグルを使用したVRトレーニングコンテンツが特に有効性が高い事が見て取れる。またその従たるコンテンツであるパソコン版でも、一定の学習理解を促進する効果を期待できることを確認できた。

講座終了後に実施したアンケート調査では、VRトレーニング（ゴーグル版）によって、実験の流れについて理解が深まったかという質問に対し、「とても理解が深まった」「まあまあ理解が深まった」という回答が9割であった。VRトレーニング（PC版）に対しても、ほぼ全員が「とても理解が深まった」「まあまあ理解が深まった」と回答した。またゴーグル版・PC版共に、学習内容に満足できたかという質問には、ほぼ全員が「とても満足できた」「まあまあ満足できた」と回答している。これらの受講者アンケート調査結果からも、定性分析VRトレーニングコンテンツの有効性を確認できた。

講義映像については、グループⅠⅡが視聴してアンケートに回答した。その集計結果を見ると、学習内容を理解できたかという質問には、「よく理解できた」「まあまあ理解でき

た」が 8 割、学習内容に満足できたかという質問には、「とても満足できた」「まあまあ満足できた」が 9 割という結果になった。また実験実習が終了した後に実施したアンケートでは、e ラーニングの学習は役立ったかという質問に対し、9 割が「大いに役立った」「まあまあ役立った」と回答している。また今回の講義映像ではアバターを活用したものを採用したが、キャラクターアバターが講義するコンテンツは親しみやすく感じたかという質問には、「そう思う」「ややそう思う」という回答が 7 割だった。これらの結果から、定性分析 e ラーニングコンテンツも一定以上の教育効果を期待できると考えられる。

また VR トレーニングコンテンツについては、令和 4 年度の中和滴定実験のコンテンツ群を活用した実証講座で操作方法の難易度や VR 酔いに関する問題が指摘されていた。

VR トレーニングの操作方法については今年度、VR 機器の基本的な操作方法を短時間で学習できるチュートリアルコンテンツを開発したほか、体験時間を短縮するためにコンテンツの内容を絞り込んだことで操作の難度を下げることができた。VR 機器に触れた経験のある学生がほぼいなかったため、実証講座の際にはやはり機器操作に苦勞する声も聞かれたが、アンケート調査結果では 3 割ほどが「特に問題なかった」と回答し、「すこし難しかった」は 6 割ほどで、「とても難しかった」という回答は 1 割ほどであった。昨年度の結果と比較すると、継続的に運用すれば学生が VR 機器に慣れていくということを踏まえれば、今年度の結果からは概ね操作難度の問題は解消されたと考える。

また VR 酔いの問題に関しては、体験時間を大幅に削減して長くても 3 分程で 1 コンテンツを完了するようにしたこと、運用時に適宜休息を入れるように指導したことで、今年度は全体のうち 2,3 名が軽い酔いの症状を訴える程度に留まった。令和 4 年度の実証講座では半数以上が VR 酔いを感じたとフィードバックしていたことを踏まえれば、対策は十分に効果を発揮したと考える。

5. メタバース実施検証

5.1. 実施概要

令和4年度までの開発成果である中和滴定 VR トレーニングコンテンツについて、今年度は VR 学習の課題解消と発展的な活用を目指して、メタバース機能の拡張開発を行った。この開発成果を活用して、教員2名と学生7名の協力を得て、中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース機能の実施検証を行うこととした。

メタバース機能が実装された中和滴定 VR トレーニングコンテンツ等を、本校（日本分析化学専門学校）の指導教員および在校生に試用させ、利用に伴う運用課題、使いやすさ、内容構成の有効性・妥当性等に関するフィードバックを得ることとした。なお、参加した教員と在校生計9名のうち、教員1名と学生1名を除く7名は実証講座の参加者であり、定性分析 VR トレーニングコンテンツで VR ゴーグルの利用実績がある教員・学生である。

実施概要は下表の通りである。

開催日時	1/25（水）15:00～16:00
会場	日本分析化学専門学校
参加者	・日本分析化学専門学校 在校生 7名 ・日本分析化学専門学校 教員 2名 計9名
使用機器等	・VR 端末 : Meta Quest 2（Oculus Quest 2）1台／人 ・VR コンテンツ：中和滴定実験VRトレーニングコンテンツ（メタバース）
講座内容	計60分 ・VR 機器操作説明・コンテンツ説明 10分 ・中和滴定 VR トレーニングコンテンツ（メタバース）体験 40分 ・体験後アンケート 10分
評価方法	・VR コンテンツ体験後アンケート

5.2. 実施結果

5.2.1. 実施の様子

VR トレーニングでの学習の様子



VR 空間内で教員が学生に指導をする様子



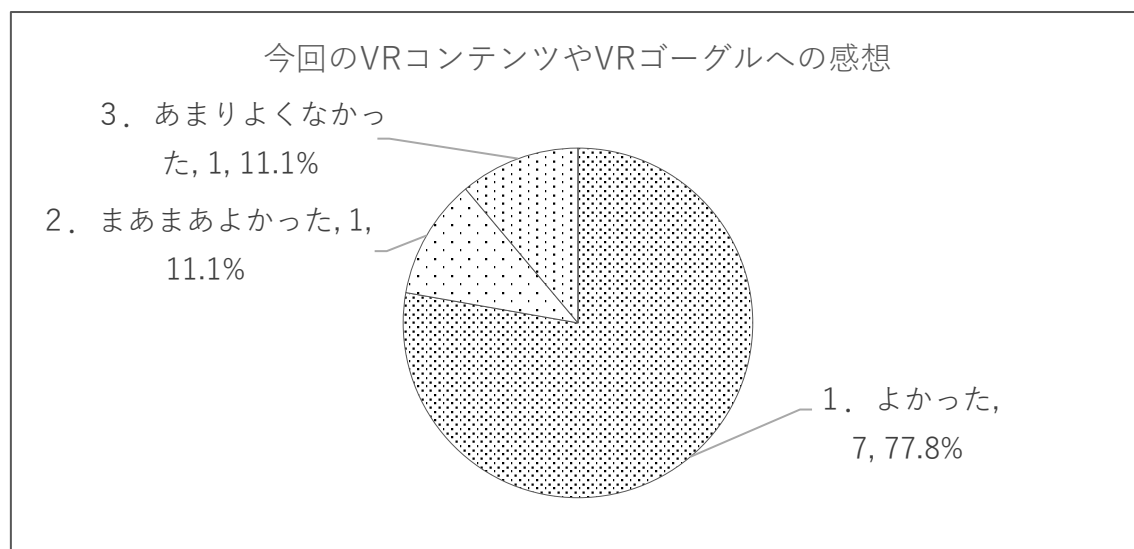
5.2.2. 体験後アンケート調査結果

試用検証に参加した学生・教員に対し、主に以下の 3 項目について、検証終了後、自由記述形式のアンケート調査を実施した。

- ① VR コンテンツや VR 端末を体験した感想について
- ② VR 空間内でのアバターでのコミュニケーションについて
- ③ 体験した VR コンテンツの活用方法のアイデアや改善点について
- ④ 今後の VR コンテンツ等の開発方針へのアイデア等について

試用検証に参加した学生・教員から寄せられた意見について、以下に記載する。

(1) 今回の VR コンテンツや VR ゴーグルの体験はいかがでしたか。率直な感想を選択肢から選んで、具体的な内容を記入してください。



	回答者	%
1. よかった	7	77.8%
2. まあまあよかった	1	11.1%
3. あまりよくなかった	1	11.1%
4. よくなかった	0	0.0%
総計	9	

<自由記述>

(学生)

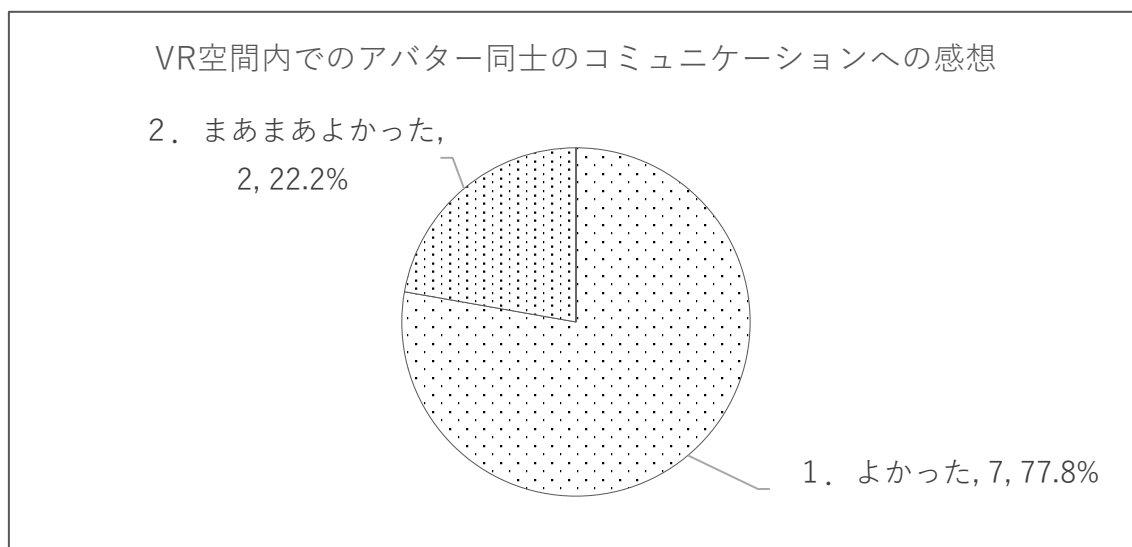
- ・ とても楽しかったです！
- ・ ゲームみたいで楽しかったです。

- ・ゲームのようで楽しかったです。もう 40 分も経ったのかと思いました。
- ・バグなどで進行が難しかったが、楽しく実験を学べるいいコンテンツだと感じた。
- ・これをすればある程度の実験工程を覚えることが出来ると思った。
- ・試薬をはかる場面では、近い値だったら大目にみてほしい。0.0003g あわなくて何度もやりなおした。

(教員)

- ・操作に慣れれば、スムーズに実験者の中に入っていけて、よく見ることができました。
- ・面白かったです。初めて体験させていただきましたが、慣れてくると夢中になります。

(2) VR 空間内でのアバター同士でのコミュニケーションはいかがでしたか。率直な感想を選択肢から選んで、具体的な内容を記入してください。



	回答者	%
1. よかった	7	77.8%
2. まあまあよかった	2	22.2%
3. あまりよくなかった	0	0.0%
4. よくなかった	0	0.0%
総計	9	

<自由記述>

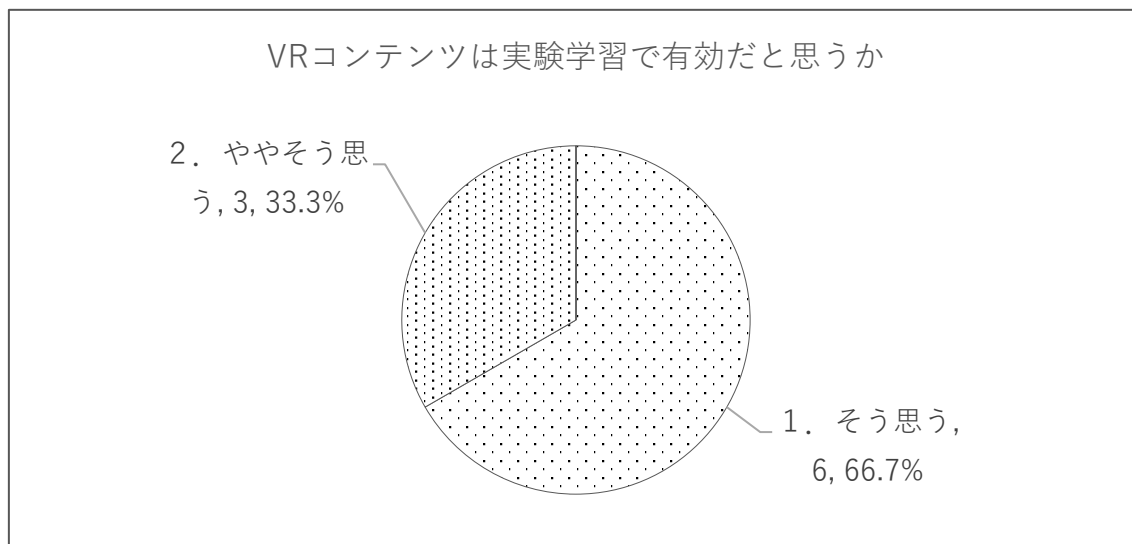
(学生)

- ・前に人がいるという感覚がありました。
- ・かわいい先生の指導がおもしろかったです。
- ・先生がアドバイスしてくれるのが良かった。
- ・VR 空間内でコミュニケーションがとれることによって分からないところもやってもらえるところが良いと思った。
- ・自分の行動を外からみることができるのは面白かった。実際の実験も複数人でやるので、よりリアルだった。
- ・もし先生がログインされたときは、通知があるとわかりやすいと思います。(でも今のままでもいいと思います)

(教員)

- ・リアルタイムで実験者の困っている点を指導できた。
- ・コミュニケーションもとれて良かったです。

- (3) 今回の VR コンテンツや VR ゴーグルの体験に基づき、VR コンテンツは実験学習で有効だと思いますか。また良い点・悪い点などについて気付いたことや考えを記入してください。



	回答者	%
1. そう思う	6	66.7%
2. ややそう思う	3	33.3%
3. あまりそう思わない	0	0.0%
4. そう思わない	0	0.0%
総計	9	

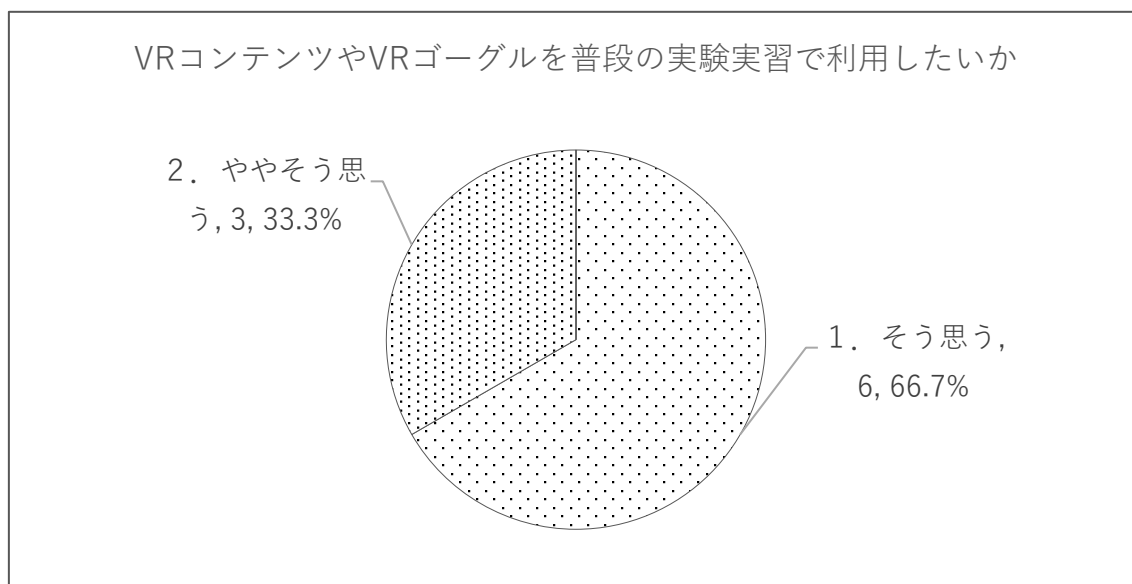
<自由記述>

(学生)

- ・ 良い点：VRがあれば実験の流れを具体的に知ることができると思います。悪い点：精密天秤は、一度入れた後に値が動くため、一度扉を閉めて値を確認する動作を入れたほうが良いと思います。
- ・ 体を動かすことで、紙をみているよりも楽しく学ぶことができる。
- ・ 実際の実験とは違うけど、工程を覚える意味ではとても良いと思う。
- ・ ゲーム感覚で楽しく操作、実験できました。器具の名称が吹き出しで表示されているのが邪魔と感じました。操作を説明してくれる安心感、やり直しができる安心感がありました。
- ・ バグが多いですが、直していけば楽しく学べそうだと思います。
- ・ バグなどで特定のオブジェクトしか持てないのが問題点で、それ以外はそんなに気にならなかった。

- ・ 精密天秤の扉の開閉の反応があまり良くなかった
(教員)
- ・ 一連の操作を楽しく学べると思いました。
- ・ コントローラーの使い方に慣れていけばうまく活用できると思います。

(4) VR コンテンツや VR ゴーグルを普段の実験学習等で利用したいと思いますか。また利用を想定したとき、気になることや懸念などがあれば記入してください。



	回答者	%
1. そう思う	6	66.7%
2. ややそう思う	3	33.3%
3. あまりそう思わない	0	0.0%
4. そう思わない	0	0.0%
総計	9	

<自由記述>

(学生)

- ・ 楽しく学ぶことができるが、疲れる。
- ・ 眼鏡を入れるスペースとバグが改善されれば普段使いしてもいいと思った。機器分析なんかできたらいいなと思った。
- ・ 判定がシビアで時間が長くなってしまった。
- ・ ・ VR の使用方法がわからないときがあったので、確認できるマニュアルみたいなものを机の上かどこかに置いてほしいです。・ 天秤のボタンを押したり扉を開くのが難しかったので、ボタンを押したら選択肢が出てきて、そこから選べるようにしてほしいです。・ 棚が欲しいです。難易度が低いものは、使用しない道具を非表示にしてもいいと思います。
- ・ ゴーグルを外した後にわかったのですが、手や物の距離感がおかしくなるので、私生活に影響がないかが心配です。

- ・ 操作に慣れておらず、時間がかかりましたが、またやってみたいです。あっという間に時間が過ぎたので、VR ゴーグルだけで学習するとなると時間がかかりすぎるかも…。実験台の上にたくさんの器具があり、使用した器具と使用していないものの区別がつきにくかったので、未使用のものはケースなどに入っていたりすると良かったです。とても貴重な体験になりました。ありがとうございました。

(教員)

- ・ 「VR 酔い」 が起こり、実施する時間に制限が出てこざるを得ない。
- ・ 電子天秤の両サイドの扉を開閉する際など細かい操作に苦戦している様子だったので、細かい操作を容易にできるようにすれば利用したいと思います。

5.3. 実施結果まとめ

今年度開発した中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース機能の実施検証に際し、日本分析化学専門学校の教員 2 名と学生 7 名の協力を得た。

運用に関して、今年度開発したメタバース機能には概ね問題は発生せず、想定通りの動作を確認できた。各学生が VR 実験室で中和滴定実験を進める様子を教員が確認し、アバターを介してコミュニケーションをしながら指導することができた。

今回の実施検証では、参加者全員がネットワーク回線に接続した端末を利用し、リアルタイム通信を行う必要があったため、ネットワーク回線を一時的に強化したほか、参加人数を限定するという対応を行った。これによりネットワークトラブルは発生しなかったが、同時利用人数を増やしたり、既存のネットワーク回線を利用したりする際には、ネットワークの安定性が懸案として残ることに留意する必要がある

アンケート調査結果をみると、全員がアバターでのコミュニケーションを「よかった」「まあまあよかった」と回答しており、VR 空間内でのアバターを介したコミュニケーションは参加者から高い評価を受けたことが見てとれる。コミュニケーションで比較的容易に疑問を解消できること、教員から具体的に指導を受けられることなどが評価されたようである。この結果から、学習進捗状況の管理や指導の実現というメタバース機能の拡張開発の目的は達せられたと考える。

VR コンテンツと端末に関する参加者の感想は全体的に肯定的で、特に VR の没入感と実験内容の楽しさが強調された。VR を通じて「実験をゲームのように楽しめた」と評価され、実験の流れへの理解度向上や学習へのモチベーション向上に寄与するとの意見が目立った。一方で操作難度の高さや複雑さ等を指摘する意見も目立った。これについては昨年度の実証講座でも同様の指摘を受けており、実運用段階では改善されることが望ましい。

6. 成果報告会

6.1. 開催概要

(1) 開催目的

令和3年度から令和5年度にかけて事業内で実施した各種調査の結果、VRコンテンツ・eラーニングコンテンツの開発成果、それらを活用した実証講座の実施結果などについて、化学分野を中心に広く周知するため、成果報告会を開催した。

(2) 案内対象・参加者

本調査に協力した専門学校・大学・高等学校・化学系企業等や、関西圏の高等学校等の化学分野教員等に対して開催案内状を送付したところ、13名が参加した。

(3) 開催方法

オンラインミーティングツール「zoom」を使用して zoom ウェビナー形式にて実施した。

(4) 開催日時

2024年02月13日（火）15:00～16:00（1時間）

<ウェビナーの様子>



6.2. 出席者アンケート結果

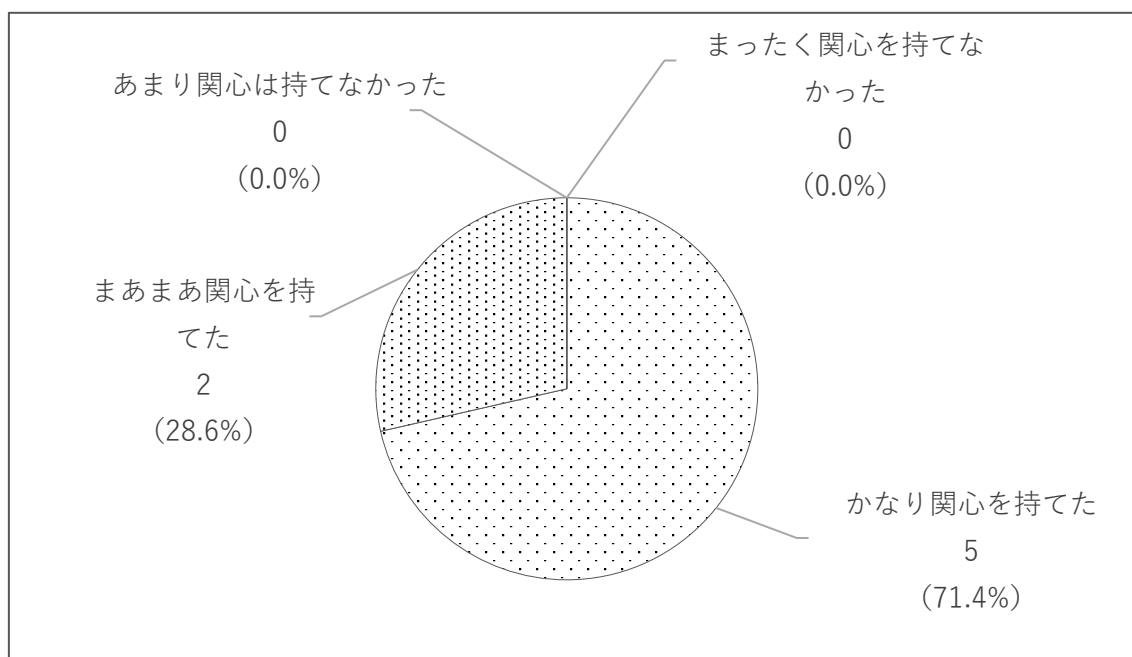
成果報告会の開催後、出席者に対して、以下の質問項目で構成されるアンケートを実施した。以下にその集計結果を掲載する。

- (1) VR 等のコンテンツや遠隔教育モデルへの興味関心
- (2) 化学実験の遠隔教育の実施実績
- (3) 化学実験の遠隔教育に関する課題等
- (4) 化学実験教育への VR 技術等の活用意向
- (5) 今後の事業活動や事業成果への興味
- (6) ご意見・ご感想など（自由記述）

参加者のうち 7 名にアンケートの協力を得た。本校の事業活動成果報告の内容に対して、回答者全員から「かなり関心が持てた」「まあまあ関心が持てた」と回答が寄せられた。また、次年度以降の事業成果についても、参加者全員から「かなり興味がある」「まあまあ興味がある」との回答が寄せられた。自由記述でも本校の活動の将来性や展開・応用の可能性を評価する意見を得ることができた。。

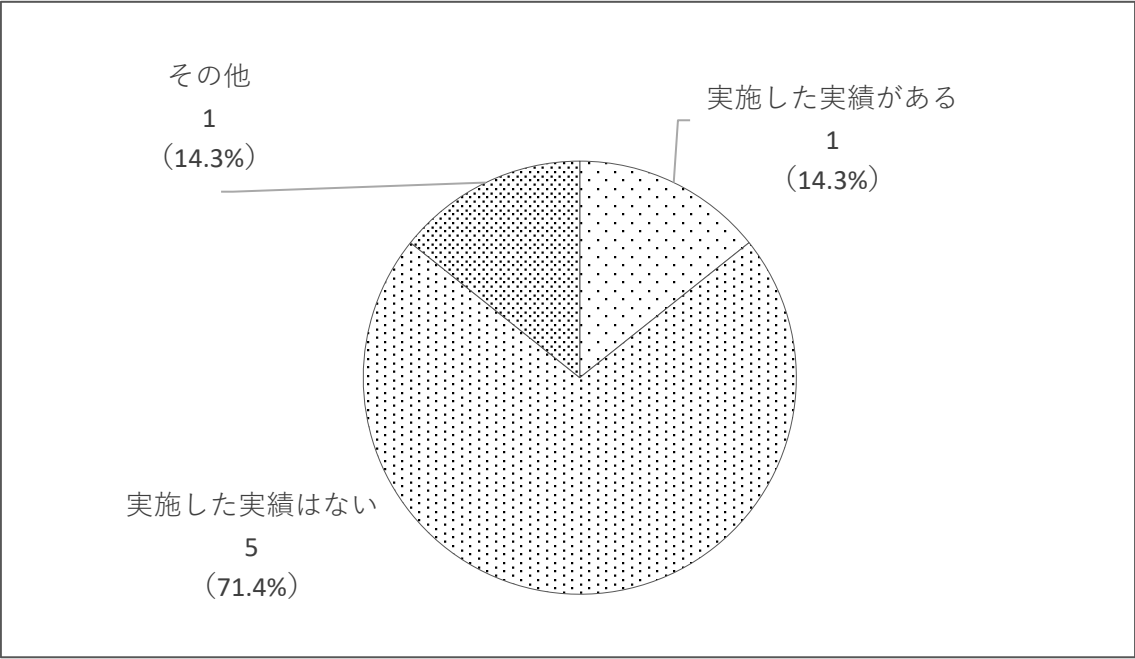
成果報告会の参加者より、昨年度に引き続き大いに興味を持って頂けたと考える。事業終了後も継続して成果の普及・展開に努めていくと共に、本事業協力機関や外部の教育機関・企業などとともに積極的に連携し、本事業の成果の発展に努めていきたい。

(1) 本校の化学分野の教育活動や、事業成果である VR 実験教育コンテンツや e ラーニング教材、それらを活用した遠隔教育モデル等に、興味関心をお持ちいただけましたか。



	回答者	%
かなり関心を持てた	5	71.4%
まあまあ関心を持てた	2	28.6%
あまり関心は持てなかった	0	0.0%
まったく関心を持てなかった	0	0.0%
総計	7	

(2) ご所属機関では、実験・実習の遠隔教育を実施された、または教育に導入された実績がございますか。



	回答者	%
実施した実績がある	1	14.3%
実施した実績はない	5	71.4%
その他	1	14.3%
総計	7	

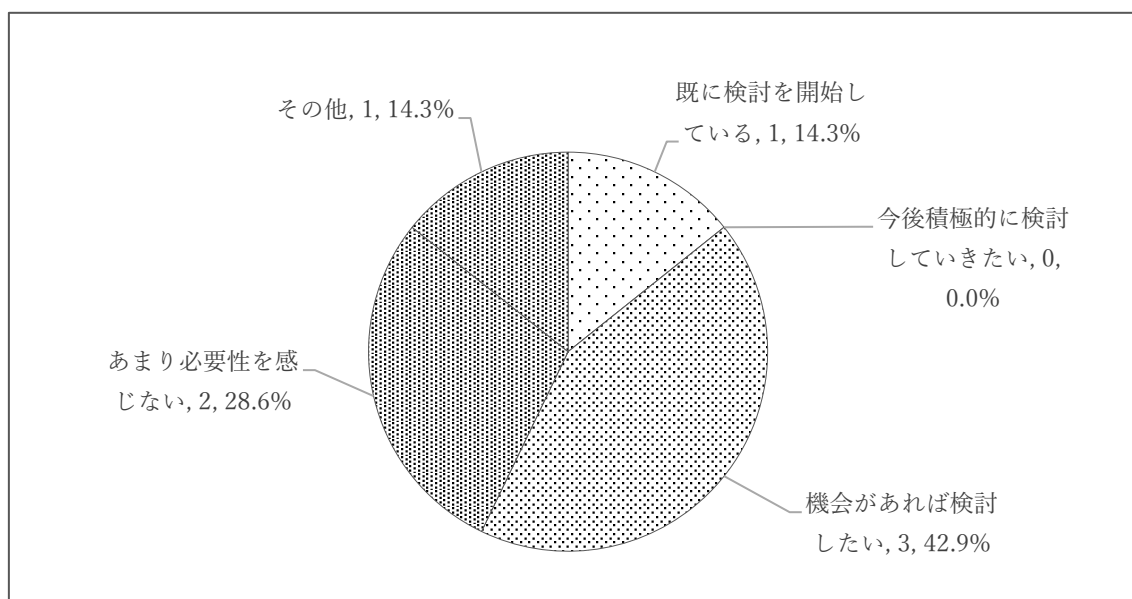
その他の回答

- ・所属機関では実施はないが、子ども対象に web で実験教室を開いたことがある。

(3) 実験・実習の遠隔教育に関して、課題等がございましたらご記入ください。

- ・ 機材などの初期費用
- ・ 本日見ていてアバターを使用するときに声までボカロにする必要はないのではと感じました。声自体は人間の声ではっきりとわかるものがよいと思います。
- ・ 教育効果の上で VR がベストとすれば再生デバイスの準備と費用、端末機器を VR・PC 等から選択制とする場合は教育効果の差を小さくする工夫が課題だと考えます。

(4) ご所属機関における、実験・実習教育への VR 技術等の活用のご意向をお教えてください。

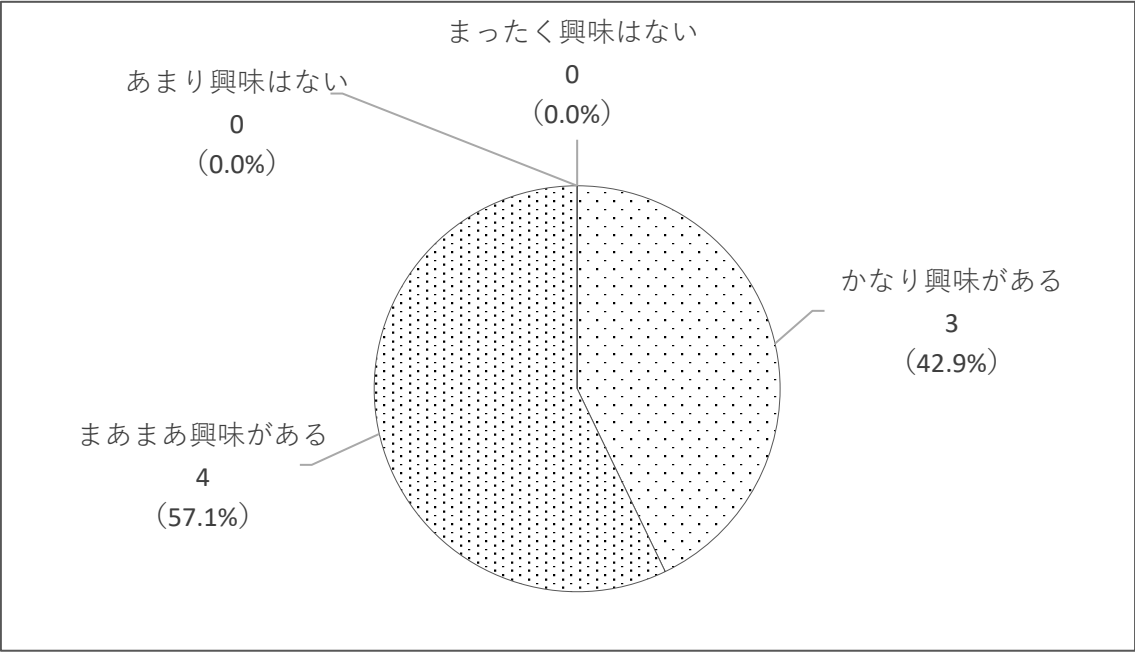


	回答者	%
既に検討を開始している	1	14.3%
今後積極的に検討していきたい	0	0.0%
機会があれば検討したい	3	42.9%
あまり必要性を感じない	2	28.6%
その他	1	14.3%
総計	7	

その他の回答

・すみません。現時点においてはどう回答して良いかわかりません。

(5) 本事業は 3 か年計画であり、本年度が最終年度です。今後、本事業の発展的な事業や活動が実施される場合、その事業活動や事業成果に興味はございますか。



	回答者	%
かなり興味がある	3	42.9%
まあまあ興味がある	4	57.1%
あまり興味はない	0	0.0%
まったく興味はない	0	0.0%
総計	7	

(7) 本事業は3か年計画であり、本年度が初年度です。本事業の次年度以降の事業活動や事業成果に興味はございますか。

- ・ コントローラ型のデバイスではなく触覚フィードバック型のグローブ VR デバイス (Prime X Haptic VR 等々) など活用できると面白いかもしれません。
- ・ よい例を見聞きすることができ、良かった。
- ・ 元中学高校教員です。実験をパソコン上で行うというのは30年ほど前に実践された先生を知っています。そのときに比べてかなりリアルな実験に近くなっているので、予習実験に用いるのはすごく有効だと感じました。例えば、中和実験などは少しやり方を変えるだけで中学生用の実験にもなると思います。
- ・ 将来性を感じる夢のある事業だと思います。高等教育において、通学制の課程での利活用は言うまでもありませんが、通信制課程での技術教育をも可能にし、また関連業務に従事する社会人のリカレント教育を含めて、可能性は多岐に広がっていると考えます。

付録 参考資料

(1) 評価試験問題一覧

(2) 実証講座 受講者アンケート結果

① 集計結果（グループⅠ） 1 日目（1220）報告資料

② 集計結果（グループⅠ） 2 日目（1221）報告資料

③ 集計結果（グループⅡ） 1 日目（1220）報告資料

④ 集計結果（グループⅡ） 2 日目（1221）報告資料

⑤ 集計結果（グループⅢ） 2 日目（1221）報告資料

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

評価試験問題一覧（定性分析実験）

(1) 評価試験①（事前学習終了後）

1.

問題	
問題文	実験室には使用上のルールがある。ルールを守れることで安全が保たれているが、ルールを知らない場合は、その都度理解していけばよい。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	ルールを知らない人は実験室に入ってはいけません。

2.

問題	
問題文	実験室では白衣や保護メガネを着用すること。靴は動きやすく、慣れたものであれば、ヒールやサンダルでもよい。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	ヒールやサンダルを履いて実験室に入ってはいけません。履き慣れているとしても、転倒したり、つまづいたりした場合は、試験をこぼして足に合った場合など、安全を保てません。

3.

問題	
問題文	実験室で急な対応が必要となったとしても、走ってはいけません。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	試験をこぼしたり、ぶつかった相手にかかってしまうこともあり得るため、実験室で急いでも走ってはいけません。

4.

問題	
問題文	試験を使用する際、事前に SDS（安全データシート）の内容を確認しておくことが、万が一の対応時に重要となる。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	SDS には試験の特徴だけでなく、緊急時の対応なども記載されており、自身が使用する試験である以上は事前に確認しておく必要があります。

5.

問題	
問題文	器具を洗浄した最後には、イオン交換水をかけてリンスするとよい。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	水道水で洗浄した後、イオン交換水で器具全体を洗い流しておくことで、次回使用時にも問題なく使用できます。

6.

問題	
問題文	ガスバーナーを使用する際、ガス調整ねじで炎の色を黄色から青色に調整して使用する。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	空気調整ねじで空気（酸素）を加えることで、炎が黄色から青色へと変わり使用できる状態になります。

7.

問題	
問題文	ガスバーナーと共に使用することの多い三脚や金網は、加熱操作を行った後、熱くなっているため火傷に注意する必要がある。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	ガスバーナーを扱う際には、軍手を使用することで火傷を防ぐことができます。

8.

問題	
問題文	蒸発皿を用いて試料溶液を蒸発乾固する場合、溶液が蒸発しきるまでガスバーナーで最後まで加熱する。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	蒸発乾固する際、蒸発皿中の溶液が蒸発しきるまでにガスバーナーから降りし、最後は余热で蒸発させます。

9.

問題	
問題文	試験管ばさみは、試験管内の溶液をガスバーナーなどで直接加熱する際、試験管を保持するために用いる器具である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	加熱する際には、念のため軍手の使用を推奨します。

10.

問題	
問題文	ろ過で用いるろう斗には、ろう斗サイズに応じたろ紙を使用すること。また、ろ紙には裏表があり、ザラザラした面を上にして使用すること。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	ろう斗はガラス製のものを使用することが多いです。細長い足の部分は折れやすいので扱いには注意してください。ろ紙は裏表を間違えると十分にろ過できない場合があるので注意してください。

11.

問題	
問題文	第1族の金属を分族する際、最初に加える適切な試薬を①～③より選択しなさい。
選択肢	A ①塩酸 B ②硫酸 C ③水酸化ナトリウム Z わからない
解答	A ①塩酸
解説	第1族の金属イオン（鉛と銀）に対して、塩酸を加えることで、白い塩化物の沈殿が生じます。

12.

問題	
問題文	第1族の金属を分族するため試料溶液に塩酸を加えたところ、試料溶液が白濁しました。この後に行う操作として適切なものを①～③より選択しなさい。
選択肢	A ①ろ過して沈殿物を分離する B ②バーナーで加熱する C ③蒸発皿で濃縮乾固する Z わからない
解答	A ①ろ過して沈殿物を分離する
解説	白濁した状態を「沈殿が生じている」ともいえます。この沈殿物に目的の第1族の金属イオンが含まれています。ろ過によって液体と沈殿物とに分離されます。

13.

問題	
問題文	第1族の金属を分族するため塩酸を加えたところ、白濁の沈殿ができ、ろ過操作で沈殿物とろ液に分離した。このろ紙に残った沈殿物に対して行う次の操作として適切なものを①～③より選択しなさい。
選択肢	A ①冷水を添加する B ②熱水を添加する C ③アンモニア水を添加する Z わからない
解答	B ②熱水を添加する
解説	沈殿物に熱水を加えることで、鉛と銀とを分離できます。鉛が沈殿物中に含まれている場合、熱水に溶けてろ液として得られます。熱水によるろ過は3回繰り返します。

14.

問題	
問題文	ろ紙に残った沈殿物に熱湯を加えてろ過をした。続けてろ紙に残った沈殿物に対してある試薬を加えるが、この試薬とは何か選択肢①～③より選びなさい。
選択肢	A ①塩酸 B ②硝酸 C ③アンモニア水 Z わからない
解答	C ③アンモニア水
解説	ろ紙に残っているのは、塩化銀です。これを溶かすためにアンモニア水を用います。

15.

問題	
問題文	ろ紙に残った沈殿物をアンモニア水で溶解させた。この溶液には銀イオンが含まれている可能性がある。銀イオンの有無を確認するために加える試薬の組み合わせとして適切なものを選択肢①～③より選びなさい。
選択肢	A ①ヨウ化カリウム＋水酸化ナトリウム B ②ヨウ化カリウム＋硝酸 C ③ヨウ化カリウム＋お湯 Z わからない
解答	B ②ヨウ化カリウム＋硝酸
解説	銀イオンの有無は、硝酸で酸性にした溶液中でヨウ化カリウムと反応して生じるヨウ化銀の沈殿が黄色を呈することで確認できます。

16.

問題	
問題文	試料溶液に塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過して分離した。さらにろ紙に残った沈殿物に対して熱水を加え、ろ液を得た。このろ液中の鉛イオンの有無を確認する際、使用する適切な試薬を選択肢①～③より選びなさい。
選択肢	A ①水酸化ナトリウム B ②クロム酸カリウム C ③硝酸 Z わからない
解答	B ②クロム酸カリウム
解説	クロム酸カリウムが鉛イオンと反応して黄色の沈殿を生じます。ただし、鉛イオンに関しては、最初の加える塩酸で沈殿せずにろ液に入る場合があります。次の第2族で確認できることもあり得ます。

(2) 評価試験②（実験実習終了後）

17.

問題	
問題文	第1族の金属イオン（Ag ⁺ 、Pb ²⁺ ）を分族するために最初に加える試薬は塩酸である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	第1族の分族試薬は塩酸である。実験では6Mの塩酸を使用しました。

18.

問題	
問題文	第1族の金属イオンを含む試料溶液に塩酸を加えたところ沈殿が生じた。これをろ過したろ液に第1族の金属が含まれている。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	ろ過した残留物（沈殿物）に第1族の金属イオンが含まれます。

19.

問題	
問題文	第1族の金属イオンを含む試料に分族試薬の塩酸を添加したところ、沈殿の沈降速度が一番速く、上澄み液がいち早く透明になるものは鉛である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	いずれも白濁するものも、鉛の沈殿は銀よりも速やかに沈降します。

20.

問題	
問題文	第1族の金属イオンの塩化物沈殿はいずれも黄色を示す。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	いずれも白色沈殿を生じます。

21.

問題	
問題文	第1族の金属イオンに塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過で分離した。ろ紙上に残った物質に対して、次に加える液体は常温の水である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	常温の水ではなく、熱水を加えました。

22.

問題	
問題文	第1族の金属イオンに塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過で分離した。ろ紙上に残っている物質に対して熱水を加えると鉛の化合物が溶解する。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	塩化鉛が熱水に溶解してろ紙を通してろ液となります。

23.

問題	
問題文	第1族の金属イオンに塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過で分離した。次に、ろ紙上に残っている物質に対して熱水を加えるが、このろ過は1回で十分である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	熱水でのろ過は鉛イオンをしっかりと溶出するため3回実施しました。

24.

問題	
問題文	第1族の金属イオンに塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過で分離した。ろ紙上に残っている物質は別途加温して準備した熱水でろ過するが、ろ液を繰り返してろ紙上の物質に加えることで、ろ液中の金属イオン濃度が薄まらずに済む。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	熱水でろ過する操作を3回実施する際、毎回新しい熱水を用いると鉛イオンの濃度が低くなり、後の確認反応で検出されない場合があります。

25.

問題	
問題文	分族試薬である塩酸を加えて生じた沈殿物に対して熱水処理を行った後、ろ紙上に残った物質に対してアンモニア水を加えると溶解する。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	ろ紙上の残留物は塩化銀である。これにアンモニア水を添加するとアンミン錯体となり溶解します。

26.

問題	
問題文	沈殿物にアンモニア水を加え溶解した。この溶液に硝酸を添加したところ、黄色沈殿を生じる。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	硝酸とヨウ化カリウムを添加することで、黄色沈殿を生じます。

27.

問題	
問題文	塩酸を加えて生じた沈殿物を放置しておく（光を照射する）と黒色に変色することで、銀イオンの有無を判断できる。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	沈殿物である塩化銀に紫外線が照射されると分解し銀を生じます。これが黒紫色に見えます。

28.

問題	
問題文	分族試薬である塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過し、ろ紙に残った物質に熱水を加えてろ液を得た。このろ液には銀イオンが溶出している。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	銀イオンではなく、鉛イオンが溶出しています。

29.

問題	
問題文	分族試薬である塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過し、ろ紙に残った物質に熱水を加えてろ液を得た。このろ液に鉛イオンが含まれているかを確認するためにクロム酸カリウムを添加する。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	設問の通りです。

30.

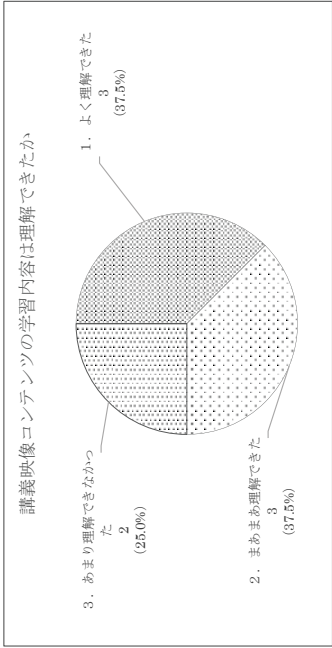
問題	
問題文	分族試薬である塩酸を加えて生じた沈殿物をろ過し、ろ紙に残った物質に熱水を加えてろ液を得た。このろ液にクロム酸カリウムを添加すると白色の沈殿が生じる。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	B ×
解説	クロム酸カリウムを添加すると鉛と反応して黄色の沈殿を生じます。

31.

問題	
問題文	第1族の金属イオンのうち、第1族の分族試薬では沈殿が不十分で、第2族においても検出される金属は鉛である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	鉛イオンは塩酸では十分に沈殿しないため、ろ液に混入して、第2族でも検出されます。

1. eラーニング（講義映像コンテンツ）について

1-① 掲載した講義映像コンテンツの学習内容は理解できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



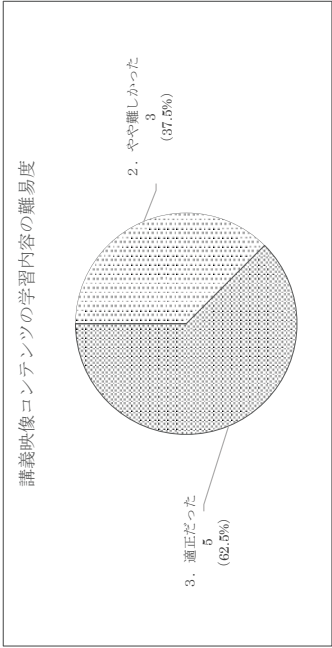
	回答者	%
1. よく理解できた	3	37.5%
2. まあまあ理解できた	3	37.5%
3. あまり理解できなかった	2	25.0%
4. まったく理解できなかった	0	0.0%
総計	8	

文部科学省委託事業
令和5年度「専修学校における先端技術活用実証研究」
化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業

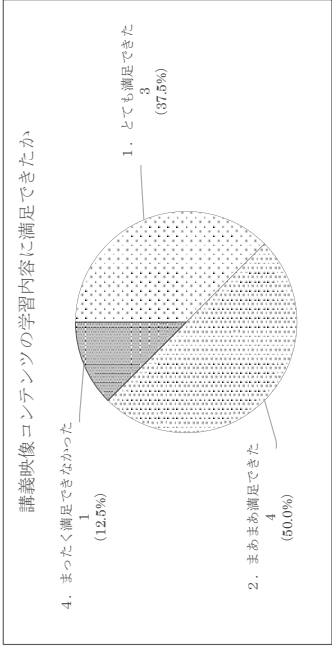
実証講座アンケート報告書
(グループ I) 1 日目 (12/20)

回答数	8 件
-----	-----

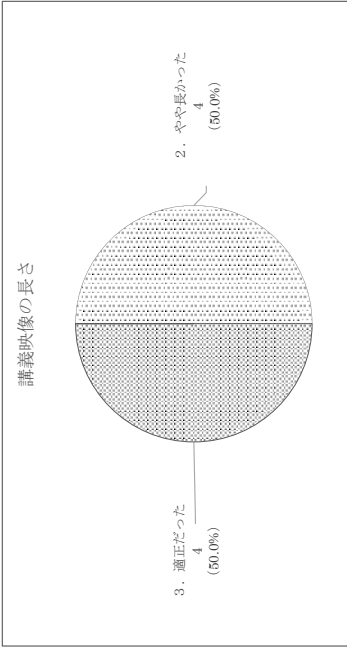
1-③) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



1-②) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。

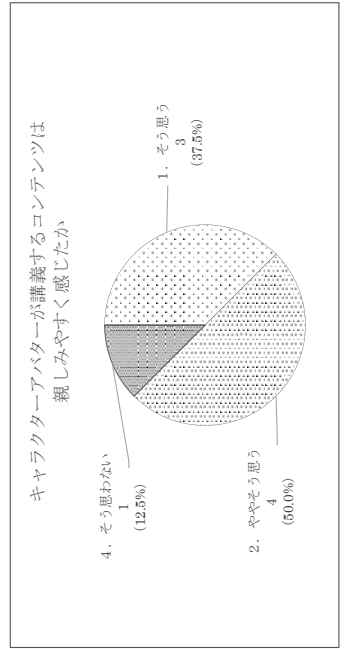


1-⑤ 今回の講義映像コンテンツは1本約10分程度としました。講義映像の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	4	50.0%
3. 適正だった	4	50.0%
4. やや短かった	0	0.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

1-④ キャラクターアバターが講義するコンテンツは親しみやすく感じましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。

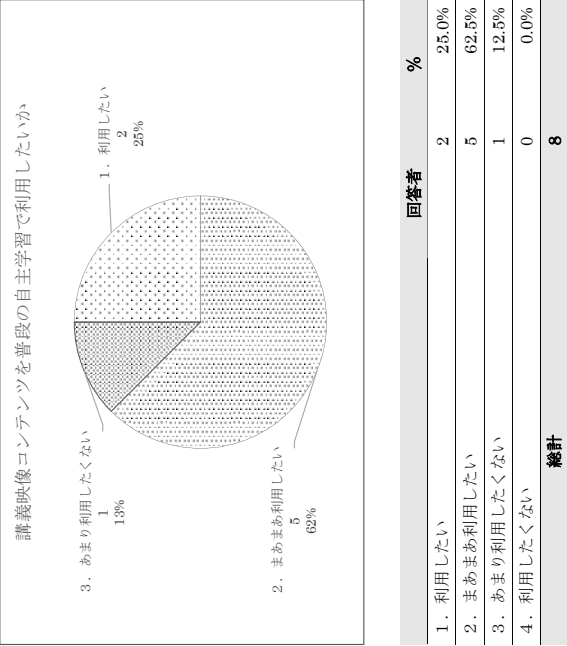


	回答者	%
1. そう思う	3	37.5%
2. ややそう思う	4	50.0%
3. あまりそう思わない	0	0.0%
4. そう思わない	1	12.5%
5. どちらともいえない	0	0.0%
総計	8	

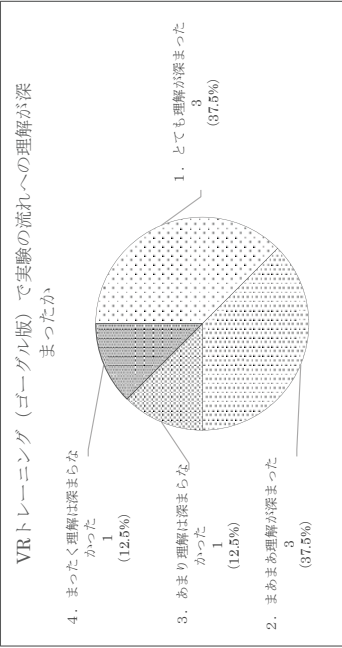
1-(7) 講義映像コンテンツに関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ アバターがあり親しみやすかったです。
- ・ 少し聞きとり辛かった。
- ・ 内容がわかりやすく、理解しやすかったです。
- ・ 音声が聞きとりにくかったです。

1-(6) 今回のような講義映像コンテンツを普段の自主学習などでも利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



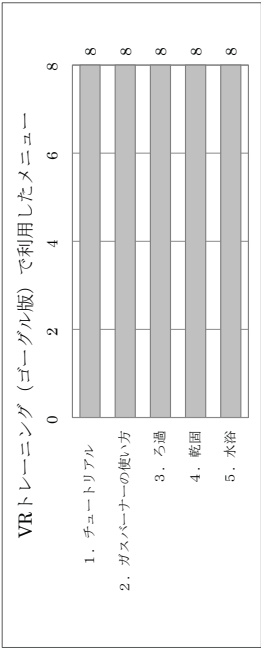
2-②) VRトレーニング（ゴーグル版）によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても理解が深まった	3	37.5%
2. まあまあ理解が深まった	3	37.5%
3. あまり理解は深まらなかった	1	12.5%
4. まったく理解は深まらなかった	1	12.5%
総計	8	

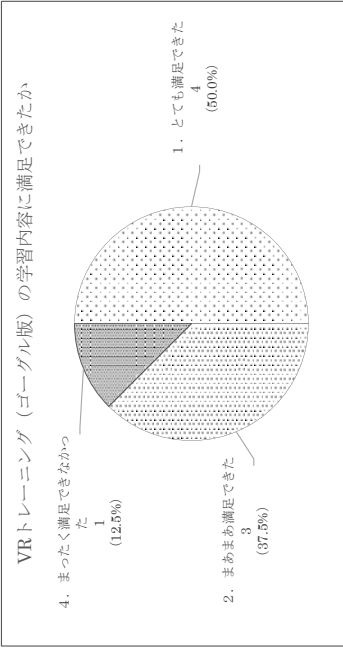
2. VRトレーニング（ゴーグル版）について

2-①) VRトレーニング（ゴーグル版）で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



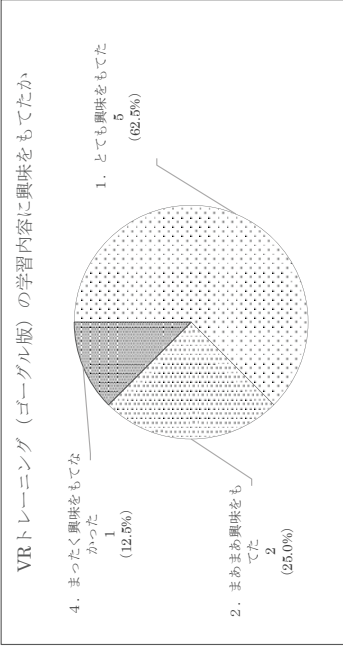
	回答者
1. チュートリアル	8
2. ガスバーナーの使い方	8
3. ろ過	8
4. 乾固	8
5. 水浴	8
総計	8

2-(4) VRトレーニング（ゴーグル版）の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



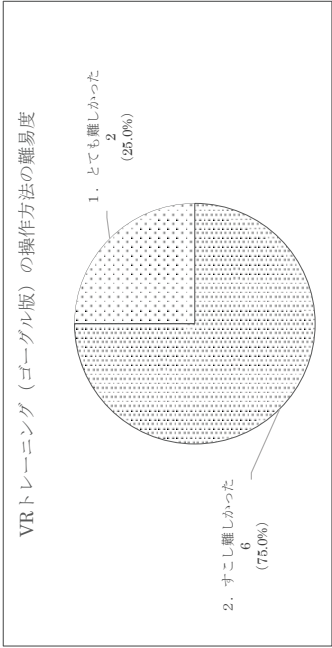
	回答者	%
1. とても満足できた	4	50.0%
2. まあまあ満足できた	3	37.5%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	1	12.5%
総計	8	

2-(3) VRトレーニング（ゴーグル版）の学習内容に興味をもてましたか。当てはまる選択



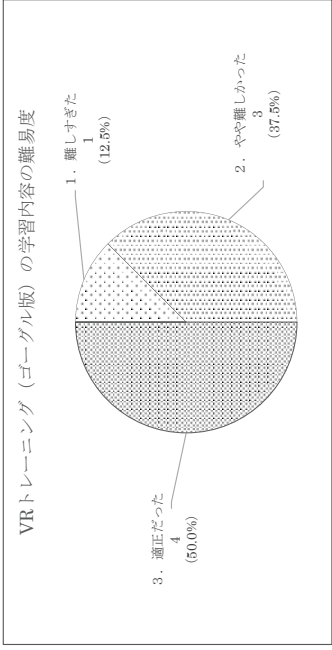
	回答者	%
1. とても興味をもてた	5	62.5%
2. まあまあ興味をもてた	2	25.0%
3. あまり興味をもてなかった	0	0.0%
4. まったく興味をもてなかった	1	12.5%
総計	8	

2-(6) トレーニング (ゴーグル版) の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



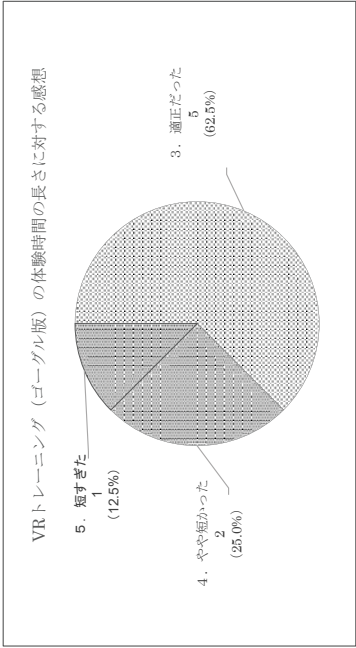
	回答者	%
1. とても難しかった	2	25.0%
2. すこし難しかった	6	75.0%
3. 特に問題はなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(5) VR トレーニング (ゴーグル版) の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



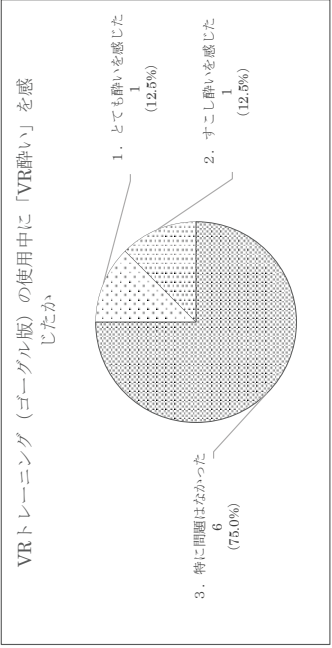
	回答者	%
1. 難しすぎた	1	12.5%
2. やや難しかった	3	37.5%
3. 適正だった	4	50.0%
4. やや易しかった	0	0.0%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(8) 今回の VR トレーニング (ゴーグル版) は1実施あたり体験時間を約3分程度として設計しました。体験時間の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	0	0.0%
3. 適正だった	5	62.5%
4. やや短かった	2	25.0%
5. 短すぎた	1	12.5%
総計	8	

2-(7) VR トレーニング (ゴーグル版) の使用中に「VR酔い」を感じましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。

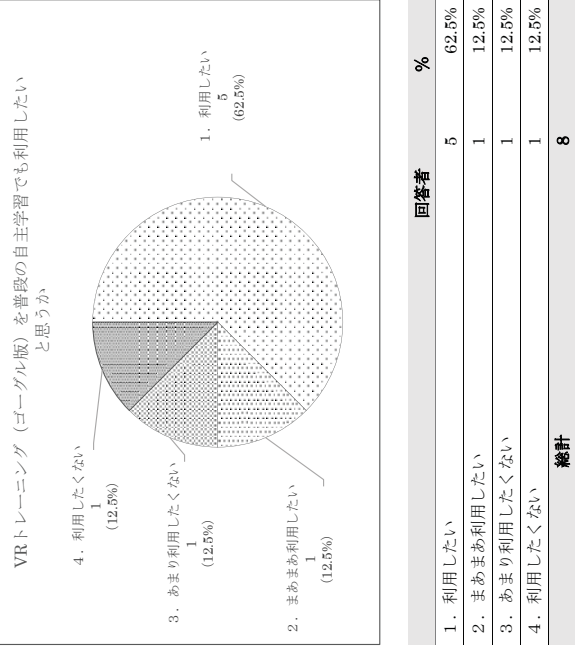


	回答者	%
1. とても酔いを感じた	1	12.5%
2. すこし酔いを感じた	1	12.5%
3. 特に問題はなかった	6	75.0%
総計	8	

2-(10) VR トレーニング (ゴーグル版) に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

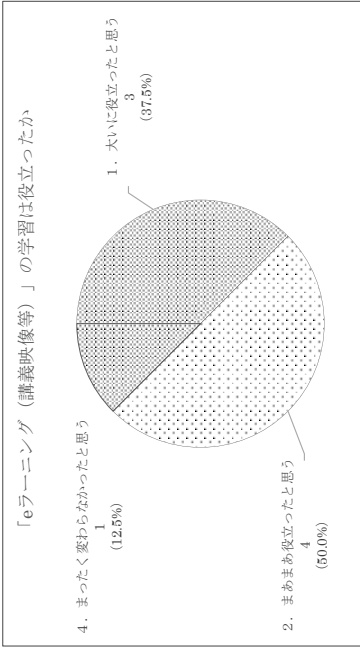
- ・ アバターがあり親しみやすかったです。
- ・ ゴーグルが重くすこししんどかったけど楽しくできました。
- ・ 手順を見て操作をする時、ミスしてしまう時があったが、VRだったおかげで怪我なく安全にやり直すことができて良かった。
- ・ ガスバーナーのつけ方がむずかしかったです。ろうとの先が、ピーカーについているかや、ろ紙の表裏の見分け等、細かい所の確認が大変でした。学習方法として、とても面白かったです。
- ・ VRに興味がありました。初めてスティックで操作してみても楽しかったです。採点や手順の確認ができるところが良かったです。採点のイラストも萌え系のイラストじゃなくて良かったです。
- ・ 操作性が機械的に悪い。ガスをつけずに実際の実験器具でした方がよい。試験管の固形物がふってもまるでとれない。ろかする前にふれば浮いてとれるのに。

2-(9) 今回のような VR トレーニング (ゴーグル版) を普段の自主学習などでも利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



1. 実験実習（午前）について

1-(1)実験実習を行う上で「eラーニング（講義映像等）」の学習は役立ちましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 大いに役立ったと思う	3	37.5%
2. まあまあ役立ったと思う	4	50.0%
3. あまり変わらなかったと思う	0	0.0%
4. まったく変わらなかったと思う	1	12.5%
総計	8	

文部科学省委託事業
令和5年度「専修学校における先端技術活用実証研究」

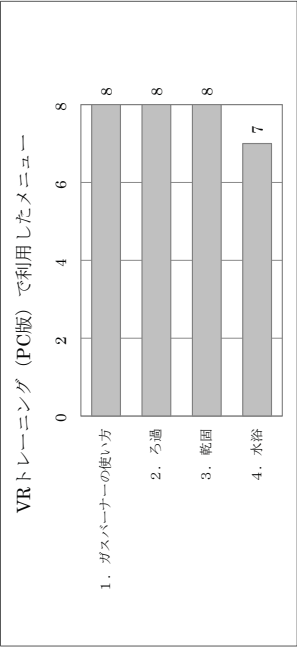
化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業

実証講座アンケート報告書
(グループ I) 2 日目 (12/21)

回答数	8 件
-----	-----

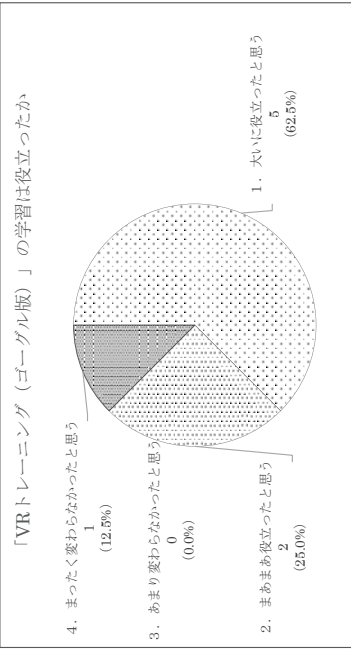
2. VR トレーニング (PC 版) について

2-① VR トレーニング (PC 版) で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



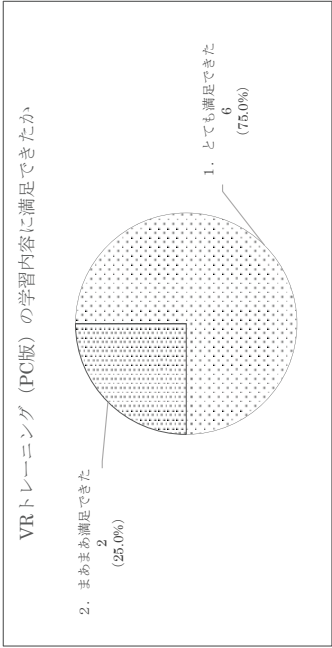
	回答者
1. ガスバーナーの使い方	8
2. ろ過	8
3. 乾固	8
4. 水浴	7
総数	8

1-②実験実習を行う上で「VR トレーニング (ゴーグル版)」の学習は役立ちましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



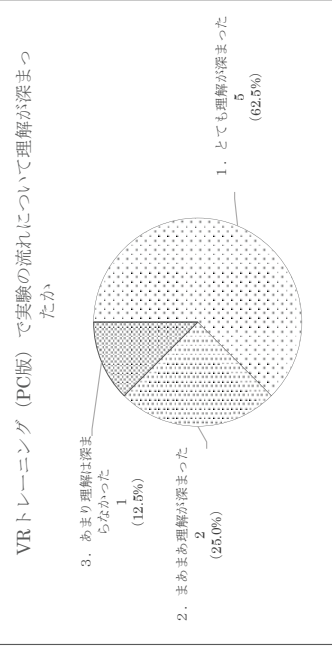
	回答者	%
1. 大いに役立ったと思う	5	62.5%
2. まあまあ役立ったと思う	2	25.0%
3. あまり役立ちなかったと思う	0	0.0%
4. まったく役立ちなかったと思う	1	12.5%
総計	8	

2-③) VR トレーニング (PC 版) の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



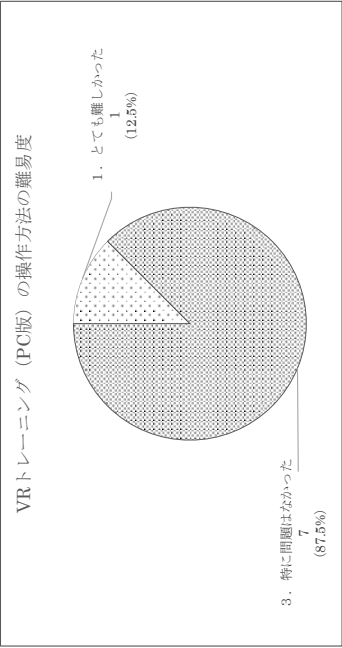
	回答者	%
1. とても満足できた	6	75.0%
2. まあまあ満足できた	2	25.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	8	

2-②) VR トレーニング (PC 版) によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



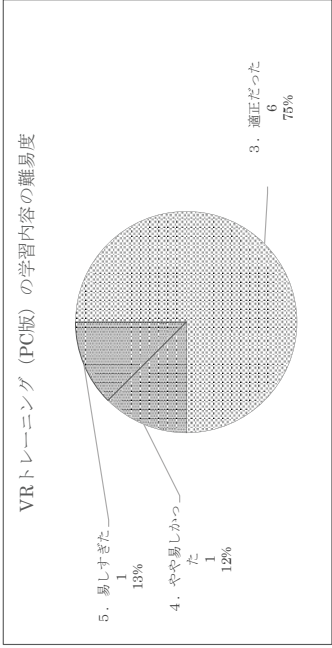
	回答者	%
1. とても理解が深まった	5	62.5%
2. まあまあ理解が深まった	2	25.0%
3. あまり理解は深まらなかった	1	12.5%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(5) VR トレーニング (PC 版) の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



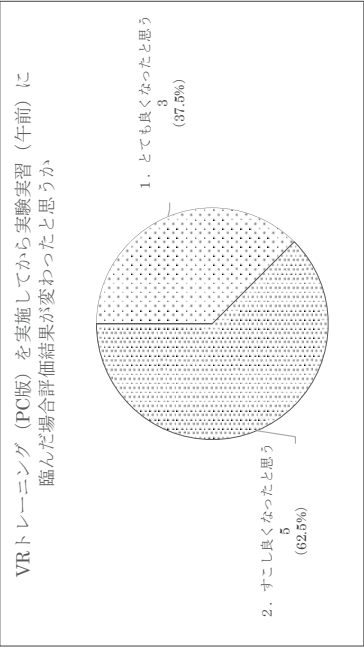
	回答者	%
1. とても難しかった	1	12.5%
2. すこし難しかった	0	0.0%
3. 特に問題はなかった	7	87.5%
総計	8	

2-(4) VR トレーニング (PC 版) の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



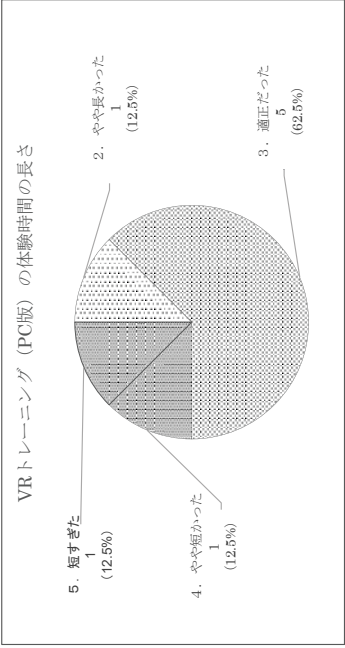
	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	0	0.0%
3. 適正だった	6	75.0%
4. やや易しかった	1	12.5%
5. 易しすぎた	1	12.5%
総計	8	

2-(7) 事前に VR トレーニング (PC 版) を実施してから実験実習 (午前) に臨んだ場合、評価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	3	37.5%
2. すこし良くなったと思う	5	62.5%
3. あまり変わらなかったと思う	0	0.0%
4. まったく変わらなかったと思う	0	0.0%
総計	8	

2-(6) 今回の VR トレーニング (PC 版) は 1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計しました。体験時間の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。

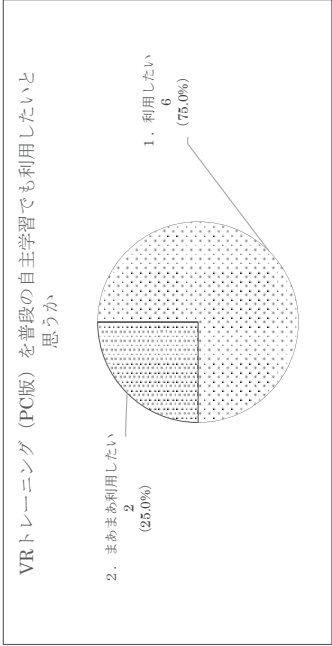


	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	1	12.5%
3. 適正だった	5	62.5%
4. やや短かった	1	12.5%
5. 短すぎた	1	12.5%
総計	8	

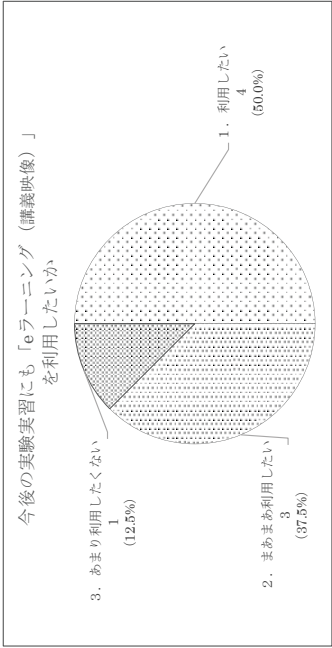
2-(6) VR トレーニング (PC 版) に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ 1 つのものを選択したら、何箇かの選択肢が出てきて、とても分かりやすかったです。
- ・ PC の方が操作方法がVR よりも簡単でした。点数も昨日のVR よりよかったです。
- ・ 下手にVR ゴーグルを使うよりPC の方が操作がしやすい。ガスバーナーの火の大きさの基準がわかりにくい。
- ・ 操作の選択肢があることで、ゴーグル版よりも操作がしやすかったです。
- ・ 器具の取扱い手順を確認できて良かった。

2-(8) 今回のような VR トレーニング (PC 版) を普段の自主学習などでも利用したいと思いませんか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



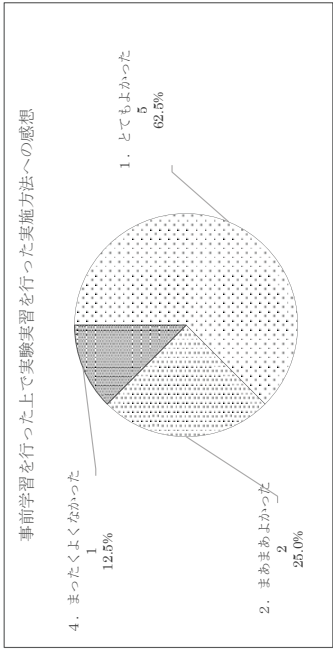
3-(2) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「eラーニング（講義映像等）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	4	50.0%
2. まあまあ利用したい	3	37.5%
3. まあまあ利用したくない	1	12.5%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

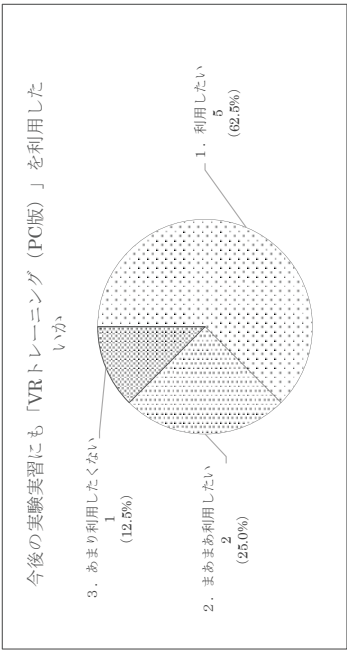
3. 講義全体について

3-(1) 今回の講義では事前に「eラーニング（講義映像等）」「VRトレーニング（ゴースル版）」で事前学習を行った上で、実験実習を行っていただきました。実施方法への感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください



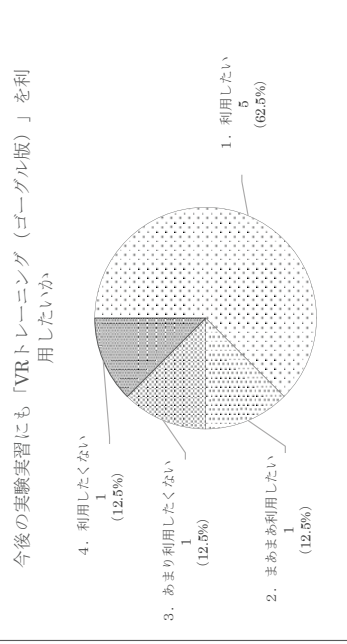
	回答者	%
1. とてもよかった	5	62.5%
2. まあまあよかった	2	25.0%
3. あまりよくなかった	0	0.0%
4. まったくよくなかった	1	12.5%
総計	8	

3-(4) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VRトレーニング (PC版)」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	5	62.5%
2. まあまあ利用したい	2	25.0%
3. あまり利用したくない	1	12.5%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

3-(3) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VRトレーニング (ゴーグル版)」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



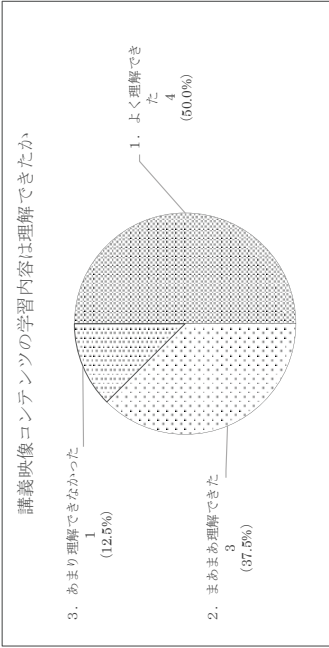
	回答者	%
1. 利用したい	5	62.5%
2. まあまあ利用したい	1	12.5%
3. あまり利用したくない	1	12.5%
4. 利用したくない	1	12.5%
総計	8	

3-(5) 今回の学習内容や使用したコンテンツ等に関して、ご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ とても良かったです。2 日間ありがとうございました。
- ・ VRではよってしまい少し気分が悪くなりました。
- ・ ゴーグル版のガスバーナーの点火時にいっこうにねじが回らなかったり、コックが勝手に閉まって火が消えるのがうっとうしかった。特に空気ねじの方がまるで開かない。当たり判定どうなってるの？ガラスのビペットや試験管の位置がわかりにくい。ビペットで滴下したら外によく出ている。いすに座ってする様にした方がいい。ついでに実験台によりかかっけてあげた。
- ・ テキストを読んでも実験をするよりも、わかりやすく楽しんで学習することができました。点数の評価があるので、間違えた部分がわかるのも、とても良いと思いました。
- ・ VRゴーグルがとても楽しかった。操作手順、取扱いだけではなく、いろんな実験ができるようになればいいなと思った。技能士試験のシミュレーションとか・・・。

1. eラーニング（講義映像コンテンツ）について

1-① 視聴した講義映像コンテンツの学習内容は理解できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. よく理解できた	4	50.0%
2. まあまあ理解できた	3	37.5%
3. あまり理解できなかった	1	12.5%
4. まったく理解できなかった	0	0.0%
総計	8	

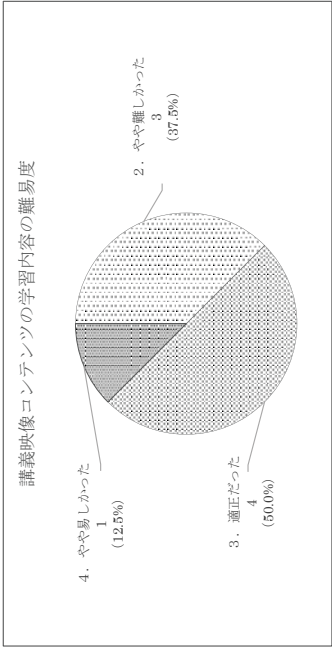
文部科学省委託事業
令和5年度「専修学校における先端技術活用実証研究」

化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業

実証講座アンケート報告書
(グループⅡ) 1 日目 (12/20)

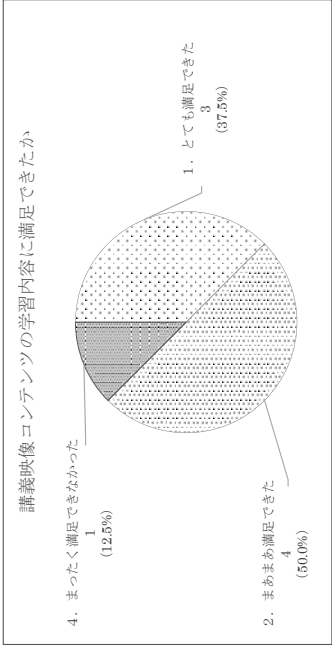
回答数	8 件
-----	-----

1-③) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



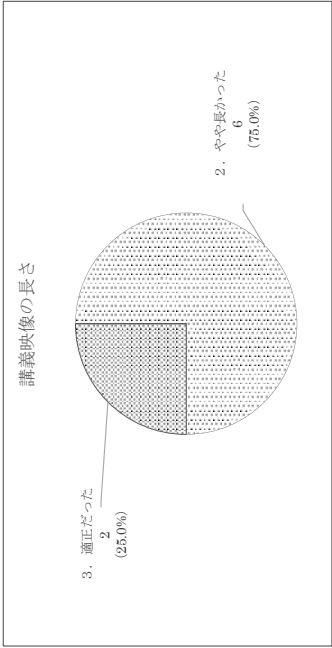
	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	3	37.5%
3. 適正だった	4	50.0%
4. やや易しかった	1	12.5%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

1-②) 視聴した講義映像コンテンツの学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



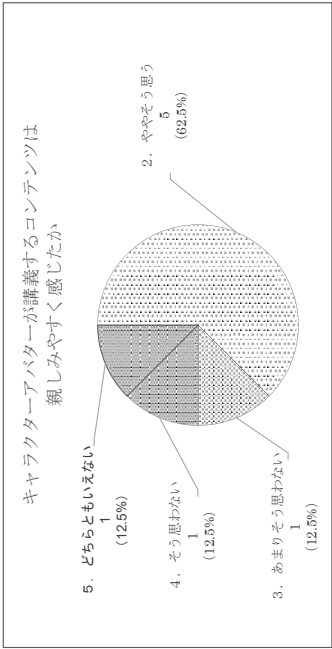
	回答者	%
1. とても満足できた	3	37.5%
2. まあまあ満足できた	4	50.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	1	12.5%
総計	8	

1-⑤ 今回の講義映像コンテンツは1本約10分程度としました。講義映像の長さに対する
ご感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	6	75.0%
3. 適正だった	2	25.0%
4. やや短かった	0	0.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

1-④ キャラクターアバターが講義するコンテンツは親しみやすく感じましたか。当ては
まる選択肢を1つ選んでください。

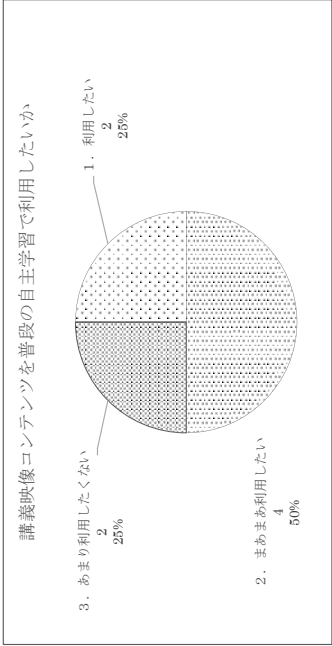


	回答者	%
1. そう思う	0	0.0%
2. ややそう思う	5	62.5%
3. あまりそう思わない	1	12.5%
4. そう思わない	1	12.5%
5. どちらともいえない	1	12.5%
総計	8	

1-(7) 講義映像コンテンツに関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

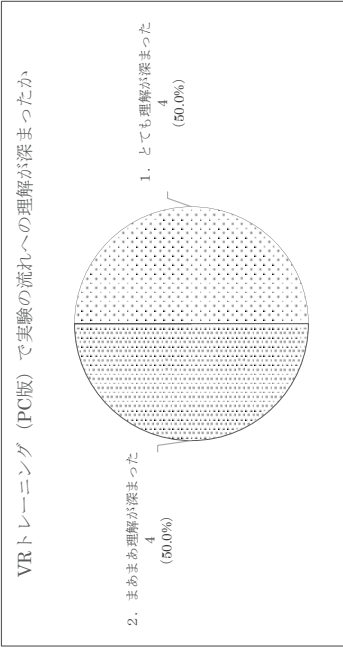
- ・ 「講義映像コンテンツ」で話している男の人の声がおもしろかったです。
- ・ もう少し曇った声を聞きとりやすく改善できればさらに伝わりやすくなると思います。
- ・ ペンなどで重要な箇所を引いたりするのは良かったと思います。
- ・ 声を聞き取れるようにして欲しい。
- ・ 音が聞きづらかっただけで、他は良かったと思う。
- ・ 音声の改善が必要だと感じました。また、なぜそのルールがあるのかなどの詳細がなかったかで疑問が残ってしまう可能性があります。説明の長さは比較的短く良いと思った。
- ・ 写真だけじゃなくて、実際に実験している映像などがあっていいと思いました。(服装例など)
- ・ アバターの情報量がちぐはぐで気持ち悪い。トラッキングで動かすのであれば、一部制限をかけるのではなく、Live2D程度におさえるか、顔や体も動かしたほうが見栄えがいい。
- ・ フェイストラッキングも無理に入れる必要はないと思う。
- ・ スライド上の文字や絵への線や丸は手書ではなく、アニメーション等使用すると、見やすい。
- ・ 手の形も適宜変更するとみやすい。

1-(6) 今回のような講義映像コンテンツを普段の自主学習などでも利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



	回答者	%
1. 利用したい	2	25.0%
2. まあまあ利用したい	4	50.0%
3. あまり利用したくない	2	25.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

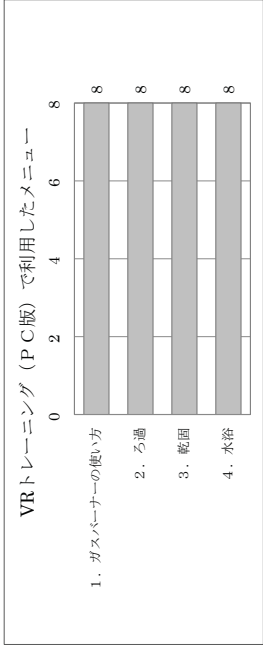
2-②) VRトレーニング (PC版) によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても理解が深まった	4	50.0%
2. まあまあ理解が深まった	4	50.0%
3. あまり理解は深まらなかった	0	0.0%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	8	

2. VRトレーニング (PC版) について

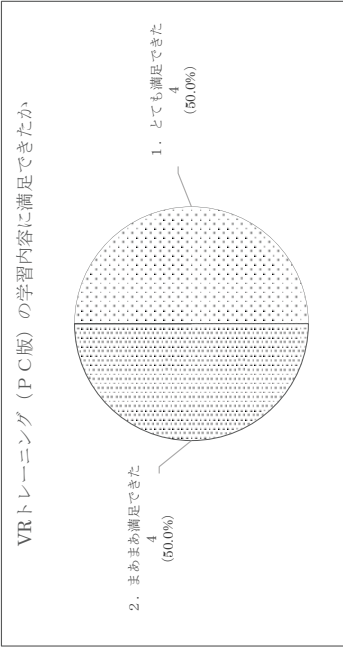
2-①) VRトレーニング (PC版) で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



(複数回答)

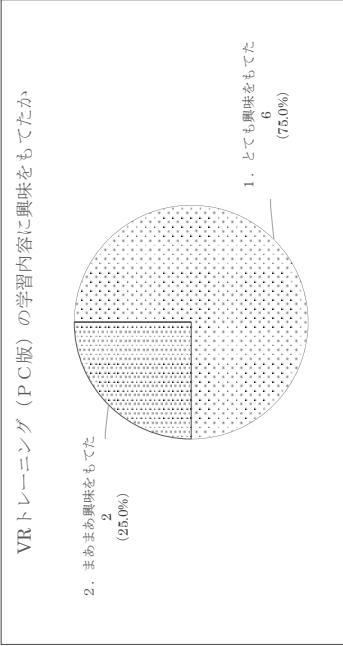
	回答者
1. ガスバーナーの使い方	8
2. ろ過	8
3. 乾固	8
4. 水浴	8
総計	8

2-(4) VR トレーニング (P C 版) の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



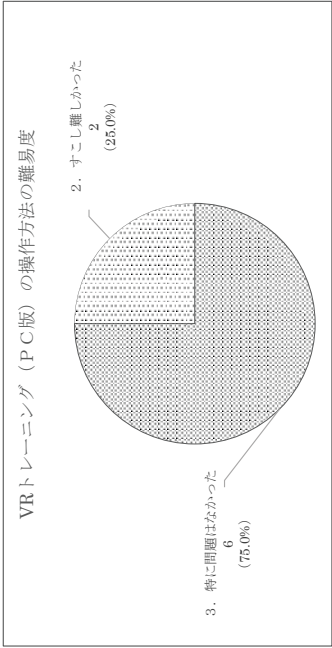
	回答者	%
1. とても満足できた	4	50.0%
2. まあまあ満足できた	4	50.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(3) VR トレーニング (P C 版) の学習内容に興味をもてましたか。当てはまる選択



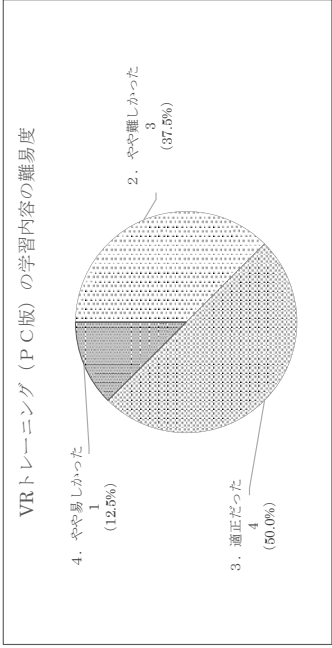
	回答者	%
1. とても興味をもてた	6	75.0%
2. まあまあ興味をもてた	2	25.0%
3. あまり興味をもてなかった	0	0.0%
4. まったく興味をもてなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(6) トレーニング (P C版) の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください



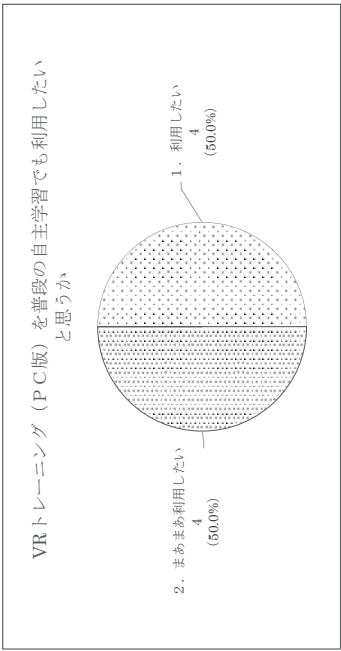
	回答者	%
1. とても難しかった	0	0.0%
2. すこし難しかった	2	25.0%
3. 特に問題はなかった	6	75.0%
総計	8	

2-(5) VRトレーニング (P C版) の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



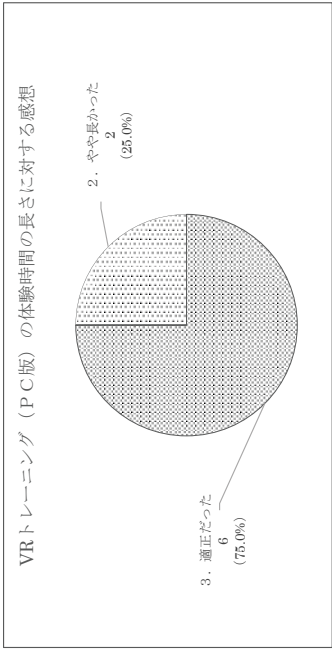
	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	3	37.5%
3. 適正だった	4	50.0%
4. やや易しかった	1	12.5%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(8) 今回のような VR トレーニング (P C 版) を普段の自主学習などでも利用したいと思
いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	4	50.0%
2. まあまあ利用したい	4	50.0%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

2-(7) 今回の VR トレーニング (P C 版) は 1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計
しました。体験時間の長さに対する感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選ん
でください。



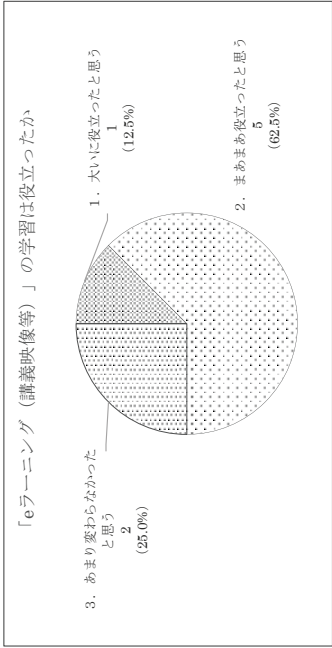
	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	2	25.0%
3. 適正だった	6	75.0%
4. やや短かった	0	0.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(9) VR トレーニング (P C版) に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ シンブルで楽しかった。
- ・ たのしかったです。
- ・ 溶解を加熱したときに、おもむろに水が蒸発しているのがP Cで再現できて良かったです。
- ・ 一つ一つの操作を丁寧にしないといけないのが難しかった。
- ・ 実験前の予習に使うには良いと思った。実験終了後にどこがダメだったかを教えてもらえるのが良かった。
- ・ 1 年次の最初の授業や自宅学習に利用すべきだと思います。
- ・ 見やすくするために自由に自由に拡大、縮小できればいいと思います。第 1 族～6 族のものも楽しんでいます。
- ・ カーソルをオブジェクト上に持ってきてきた時に、メニュー画面同様ハイライトのようなのがあると判定がわかりやすい。

1. 実験実習（午前）について

1-(1) 実験実習を行う上で「eラーニング（講義映像等）」の学習は役立ちましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 大いに役立ったと思う	1	12.5%
2. まあまあ役立ったと思う	5	62.5%
3. あまり役立ちなかったと思う	2	25.0%
4. まったく役立ちなかったと思う	0	0.0%
総計	8	

文部科学省委託事業
令和5年度「専修学校における先端技術活用実証研究」

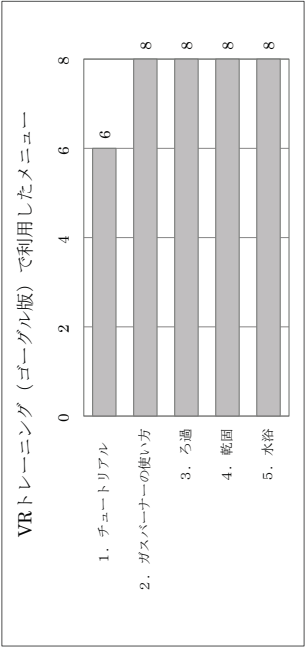
化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業

実証講座アンケート報告書
(グループⅡ) 2 日目 (12/21)

回答数	8 件
-----	-----

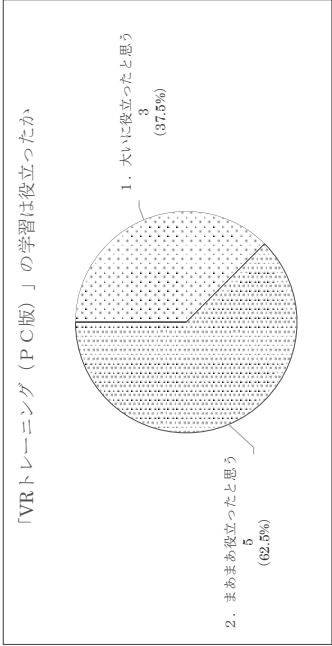
2. VR トレーニング (ゴーグル版) について

2-① VR トレーニング (ゴーグル版) で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



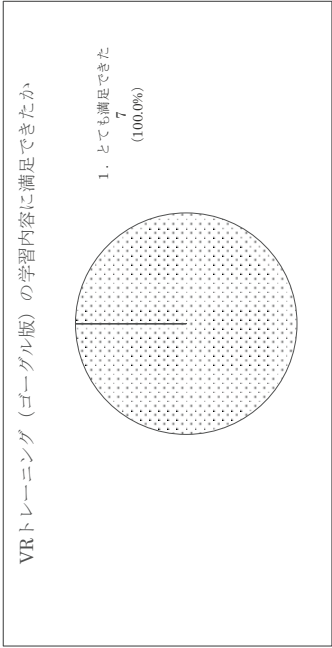
	回答者
1. チュートリアル	6
2. ガスバーナーの使い方	8
3. ろ過	8
4. 乾固	8
5. 水浴	8
総数	8

1-②実験実習を行う上で「VR トレーニング (PC版)」の学習は役立ちましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



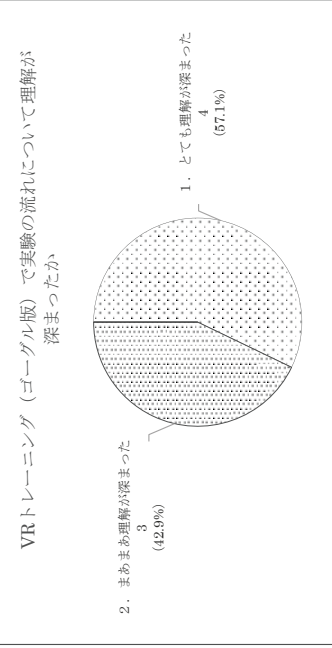
	回答者	%
1. 大いに役立ったと思う	5	62.5%
2. まあまあ役立ったと思う	3	37.5%
3. あまり変わらなかったと思う	0	0.0%
4. まったく変わらなかったと思う	0	0.0%
総計	8	

2-(3) VR トレーニング (ゴーグル版) の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



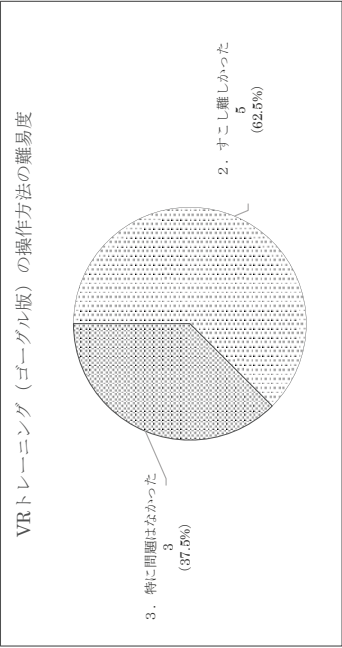
	回答者	%
1. とても満足できた	7	100.0%
2. まあまあ満足できた	0	0.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	7	

2-(2) VR トレーニング (ゴーグル版) によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



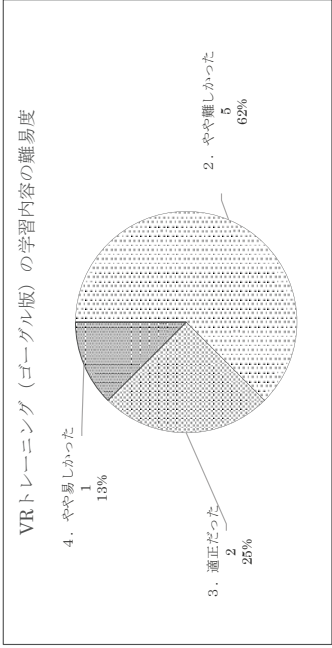
	回答者	%
1. とても理解が深まった	4	57.1%
2. まあまあ理解が深まった	3	42.9%
3. あまり理解は深まらなかった	0	0.0%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	7	

2-(5) VR トレーニング (ゴーグル版) の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる
選択肢を 1 つ選んでください。



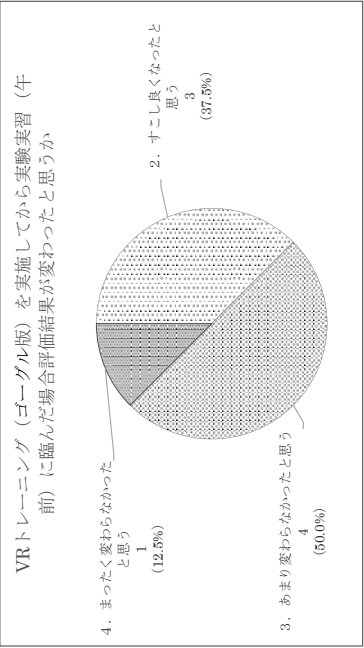
	回答者	%
1. とても難しかった	0	0.0%
2. すこし難しかった	5	62.5%
3. 特に問題はなかった	3	37.5%
総計	8	

2-(4) VR トレーニング (ゴーグル版) の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる
選択肢を 1 つ選んでください。



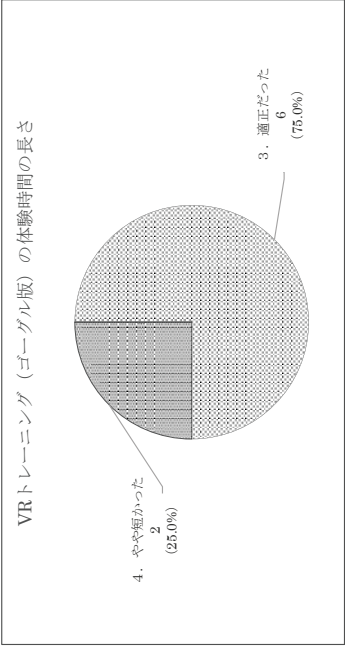
	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	5	62.5%
3. 適正だった	2	25.0%
4. やや易しかった	1	12.5%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(7) 事前に VR トレーニング (ゴーグル版) を実施してから実験実習 (午前) に臨んだ場合、評価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	0	0.0%
2. すこし良くなったと思う	3	37.5%
3. あまり変わらなかったと思う	4	50.0%
4. まったく変わらなかったと思う	1	12.5%
総計	8	

2-(6) 今回の VR トレーニング (ゴーグル版) は 1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計しました。体験時間の長さに対する感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。

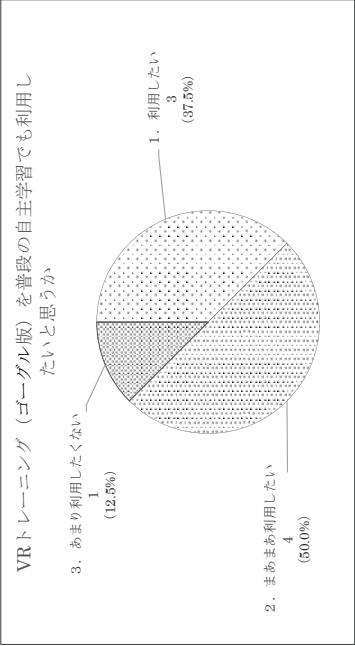


	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	0	0.0%
3. 適正だった	6	75.0%
4. やや短かった	2	25.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(9) VR トレーニング (ゴーグル版) に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

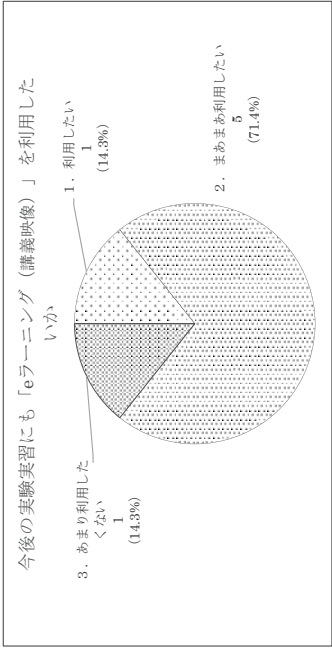
- ・ 割と使いやすいくて、動きに応じてしつかりと動いてくれたのがよかったです。
- ・ PC よりもやりやすくてよかった。
- ・ PC 版よりも「実験している」っていう感覚が強くて楽しかった。
- ・ ガスバーナーの開閉操作が少しやりづらい。インタラクトしたら手のビームでスライダーを操作できてもいいのではないかと思った。
- ・ スタートする画面が頭道徒だと操作しづらい。ビームがオールなどのオブジェクトに阻害される。スタートを終了ボタンと同様に設置し、これを押すまでは他全てインタラクトできない仕様でもいいと思う。
- ・ もう少し詳しい操作方法がほしいと思いました。
- ・ 思ったよりリアルで楽しかった。
- ・ 体質などの問題が発生するので希望する人に対しての使用などの一部に対して利用する方が良いと感じました。ただ、かなり細かい部分 (実沸) も設定として導入されているのはすごく良く感じています。

2-(8) 今回のような VR トレーニング (ゴーグル版) を普段の自主学習などでも利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	3	37.5%
2. あまり利用したい	4	50.0%
3. あまり利用したくない	1	12.5%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

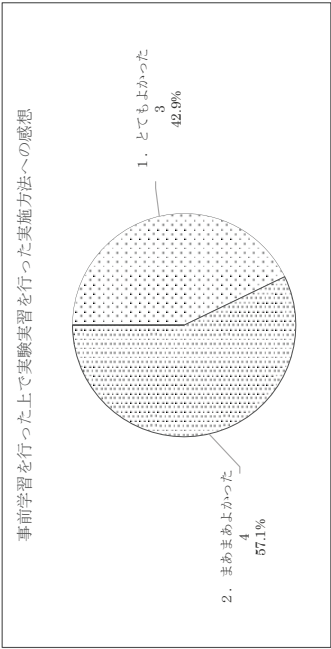
3-② 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「eラーニング（講義映像等）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	1	14.3%
2. まあまあ利用したい	5	71.4%
3. あまり利用したくない	1	14.3%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	7	

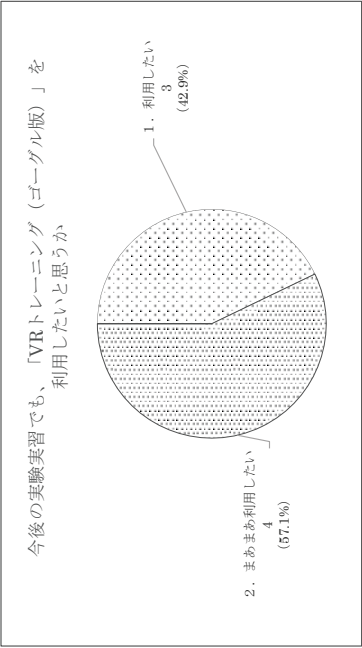
3. 講座全体について

3-① 今回の講座では事前に「eラーニング（講義映像等）」「VRトレーニング（PC版）」で事前学習を行った上で、実験実習を行っていただきました。実施方法へのご感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください



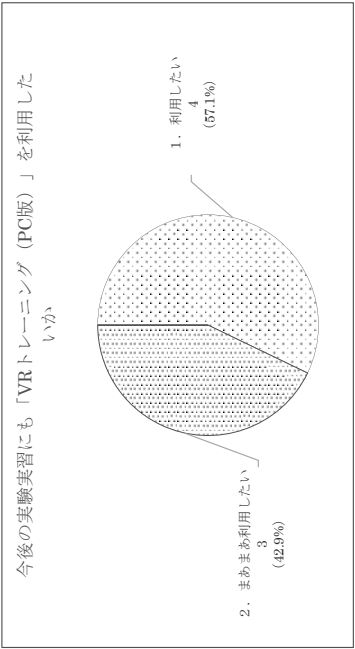
	回答者	%
1. とてもよかった	3	42.9%
2. まあまあよかった	4	57.1%
3. あまりよくなかった	0	0.0%
4. まったくよくなかった	0	0.0%
総計	7	

3-(4) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VR トレーニング (ゴーグル版)」を利用したいと思いませんか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	3	42.9%
2. まあまあ利用したい	4	57.1%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	7	

3-(3) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VR トレーニング (PC 版)」を利用したいと思いませんか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



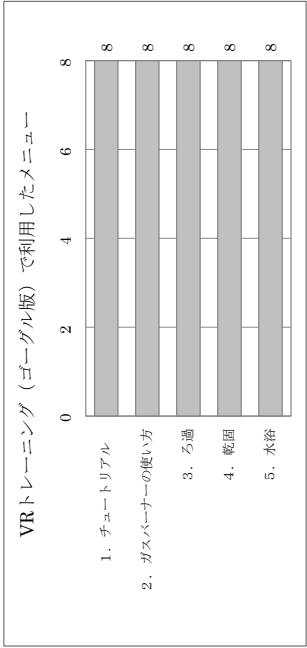
	回答者	%
1. 利用したい	4	57.1%
2. まあまあ利用したい	3	42.9%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

3-(5) 今回の学習内容や使用したコンテンツ等に関して、ご意見・ご感想などあればご記入ください。

- ・ とてもおもしろかったです。
- ・ 一度失敗してからでは遅いので、あらかじめ実験できるといいうのはとても良いことだと思います。
- ・ VRは直感的なわかりやすさが、良い体験につながると 생각합니다。オブジェクトに手を近づけた時の振動は良かったです。3 液の減少ももう少し視覚的にわかりやすくてもいいと思います。Eラーニングは新しい技術を使いたくて使いました感じが大きいので、もっとコンテンツになじませてください。Eラーニングは I p h o n e の C h r o m e だと入れませんでした。
- ・ この活動はとってもいいと思いました。今回の分析では、あまり色の変化がなかったですが、定性分析で色の変化が見えると、実験の実験にも役立つと思います。
- ・ VRよりも P C の方が手軽に利用できるため、教育機関で用いる場合には適切だと思います。ただ、VRの方がより実践的なので、開発を進めるべきだと感じます。短時間での利用であればすぐに導入しても良いと思います。

1. VRトレーニング（ゴーグル版）について

1-① VR トレーニング（ゴーグル版）で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プ
レイしたメニューをすべて選んでください。



	回答者
1. チュートリアル	8
2. ガスバーナーの使い方	8
3. ろ過	8
4. 乾固	8
5. 水浴	8
総数	8

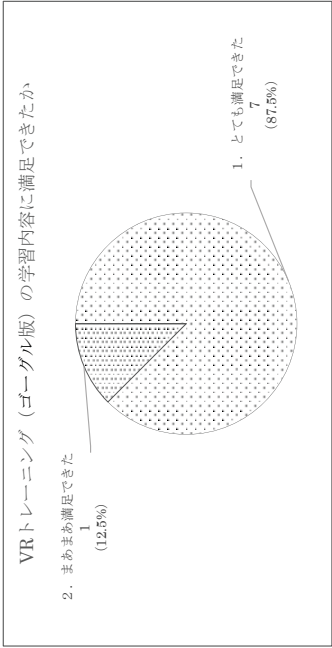
文部科学省委託事業
令和5年度「専修学校における先端技術活用実証研究」

化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業

実証講座アンケート報告書
(グループⅢ) 2日目 (12/21)

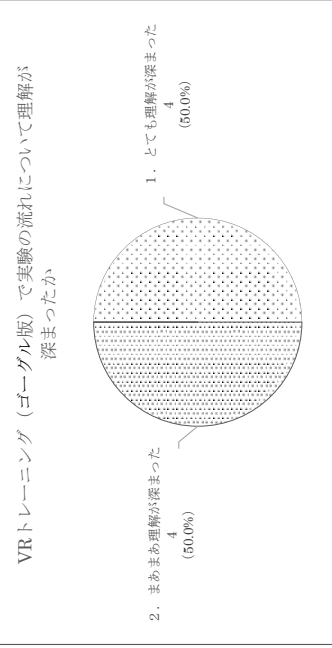
回答数	8件
-----	----

1-③ VRトレーニング（ゴーグル版）の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



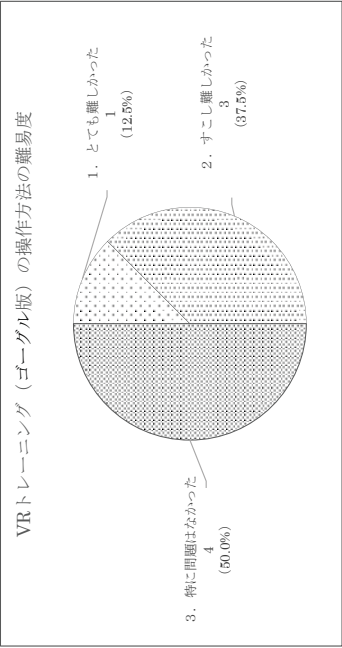
	回答者	%
1. とても満足できた	7	87.5%
2. まあまあ満足できた	1	12.5%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	8	

1-② VRトレーニング（ゴーグル版）によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



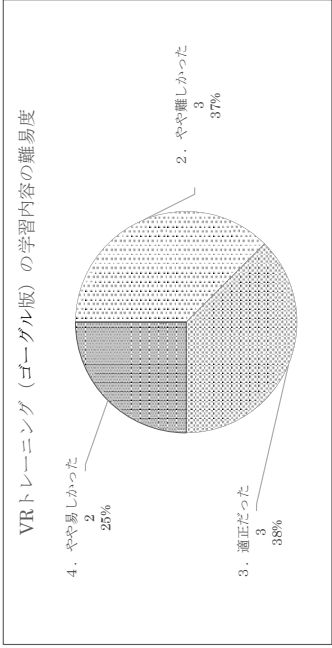
	回答者	%
1. とても理解が深まった	4	50.0%
2. まあまあ理解が深まった	4	50.0%
3. あまり理解は深まらなかった	0	0.0%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	8	

1-⑤ VR トレーニング（ゴーグル版）の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



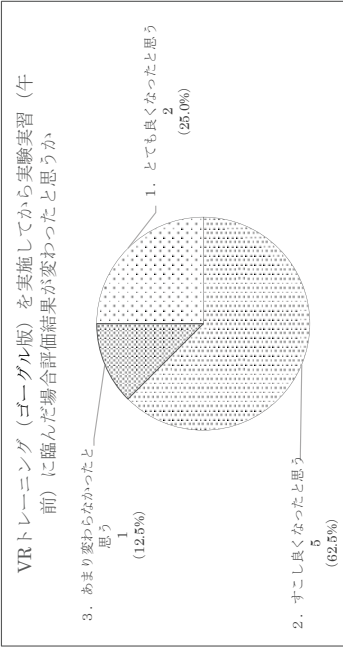
	回答者	%
1．とても難しかった	1	12.5%
2．すこし難しかった	3	37.5%
3．特に問題はなかった	4	50.0%
総計	8	

1-④ VR トレーニング（ゴーグル版）の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



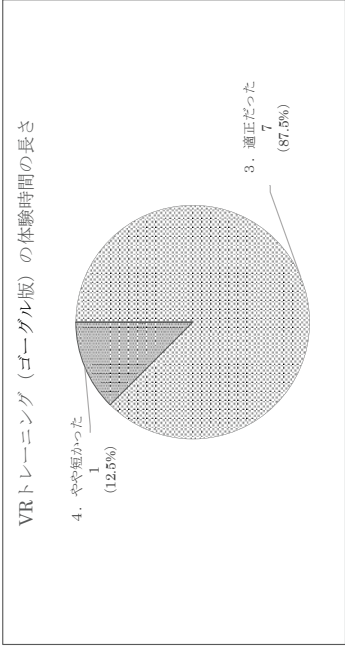
	回答者	%
1．難しすぎた	0	0.0%
2．やや難しかった	3	37.5%
3．適正だった	3	37.5%
4．やや易しかった	2	25.0%
5．易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

1-(7) 事前にVRトレーニング（ゴーグル版）を実施してから実験実習（午前）に臨んだ場合、評価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	2	25.0%
2. すこし良くなったと思う	5	62.5%
3. あまり変わらなかったと思う	1	12.5%
4. まったく変わらなかったと思う	0	0.0%
総計	8	

1-(6) 今回のVRトレーニング（ゴーグル版）は1実験あたり体験時間を約3分程度として設計しました。体験時間の長さに対する感想として、当てはまる選択肢を1つ選んでください。

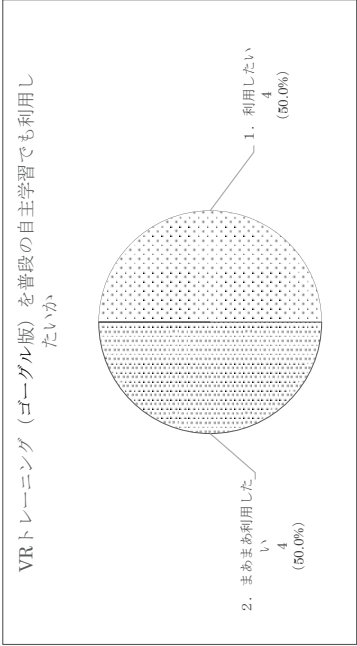


	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	0	0.0%
3. 適正だった	7	87.5%
4. やや短かった	1	12.5%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

1-(9) VRトレーニング（ゴーグル版）に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

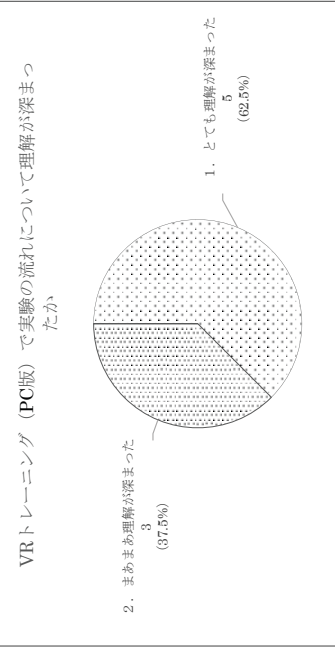
- ・ 楽しかった。
- ・ チュートリアル後も操作方法は書いてほしい。カーソルを合わせたら道具の名前が出るようにしてほしい。

1-(8) 今回のようなVRトレーニング（ゴーグル版）を普段の自主学習などでも利用したいと思えますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1．利用したい	4	50.0%
2．まあまあ利用したい	4	50.0%
3．あまり利用したくない	0	0.0%
4．利用したくない	0	0.0%
総計	8	

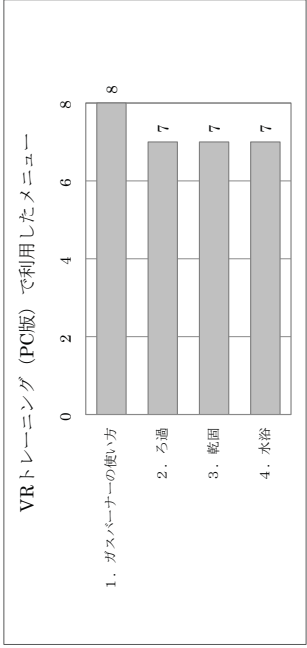
2-② VR トレーニング (PC 版) によって、実験の流れについて理解が深まったと感じますか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



	回答者	%
1. とても理解が深まった	5	62.5%
2. まあまあ理解が深まった	3	37.5%
3. あまり理解は深まらなかった	0	0.0%
4. まったく理解は深まらなかった	0	0.0%
総計	8	

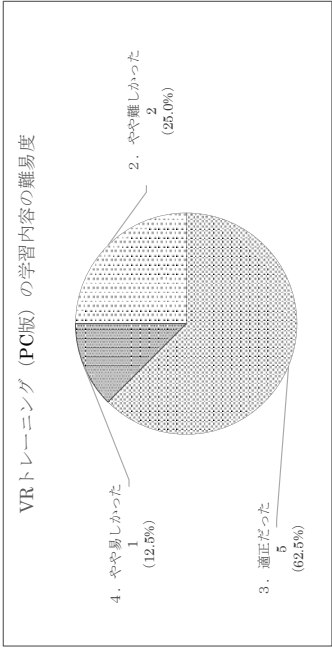
2. VR トレーニング (PC 版) について

2-① VR トレーニング (PC 版) で利用したメニューは以下のうちのどれですか。プレイしたメニューをすべて選んでください。



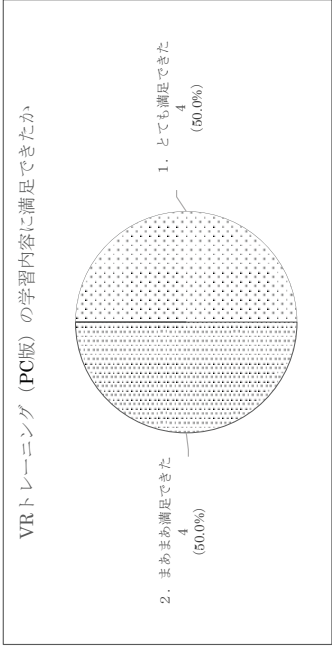
	回答者
1. ガスパバーナーの使い方	8
2. ろ過	7
3. 乾固	7
4. 水浴	7
総数	8

2-(4) VRトレーニング (PC版) の学習内容の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



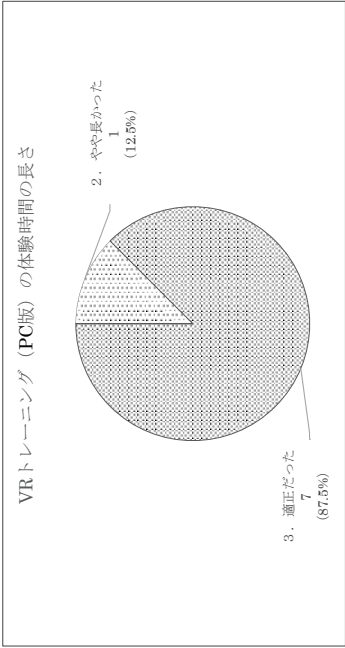
	回答者	%
1. 難しすぎた	0	0.0%
2. やや難しかった	2	25.0%
3. 適正だった	5	62.5%
4. やや易しかった	1	12.5%
5. 易しすぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(3) VRトレーニング (PC版) の学習内容に満足できましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



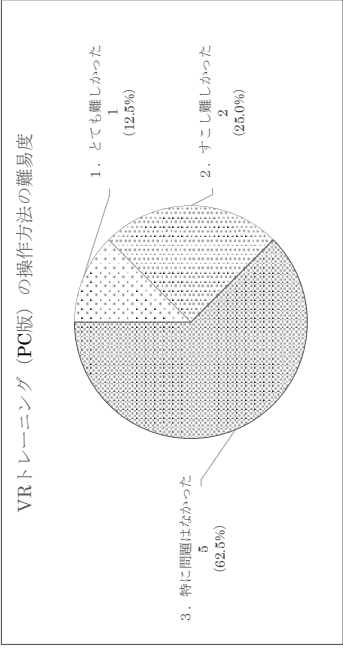
	回答者	%
1. とても満足できた	4	50.0%
2. まあまあ満足できた	4	50.0%
3. あまり満足できなかった	0	0.0%
4. まったく満足できなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(6) 今回の VR トレーニング (PC 版) は 1 実験あたり体験時間を約 3 分程度として設計しました。体験時間の長さに対するご感想として、当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



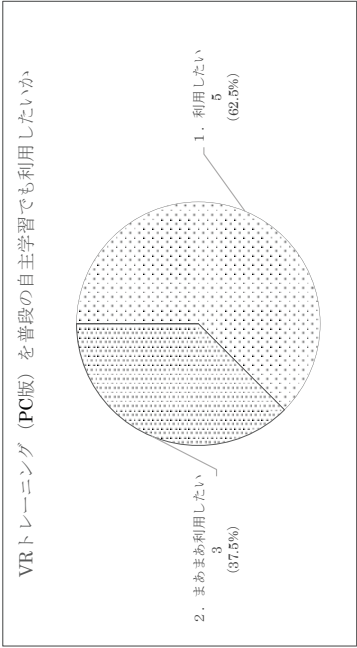
	回答者	%
1. 長すぎた	0	0.0%
2. やや長かった	1	12.5%
3. 適正だった	7	87.5%
4. やや短かった	0	0.0%
5. 短すぎた	0	0.0%
総計	8	

2-(5) VR トレーニング (PC 版) の操作方法の難易度はいかがでしたか。当てはまる選択肢を 1 つ選んでください。



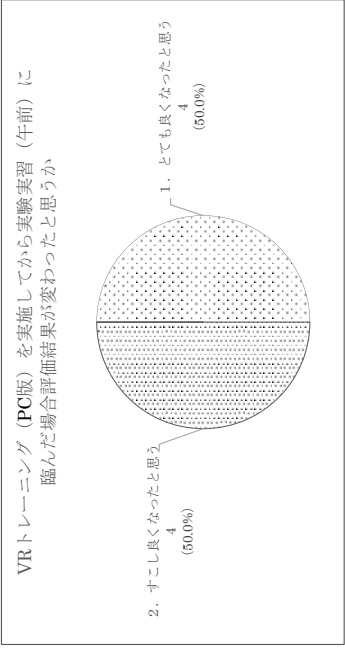
	回答者	%
1. とても難しかった	1	12.5%
2. すこし難しかった	2	25.0%
3. 特に問題はなかった	5	62.5%
総計	8	

2-(8) 今回のようなVRトレーニング(PC版)を普段の自主学習などでも利用したいと思
いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	5	62.5%
2. まあまあ利用したい	3	37.5%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

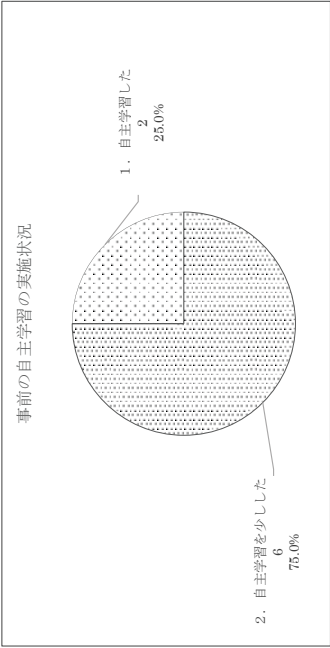
2-(7) 事前にVRトレーニング(PC版)を実施してから実験実習(午前)に臨んだ場合、評
価の結果は変わったと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. とても良くなったと思う	4	50.0%
2. 少し良くなったと思う	4	50.0%
3. あまり変わらなかったと思う	0	0.0%
4. まったく変わらなかったと思う	0	0.0%
総計	8	

3. 講座全体について

3-(1) 定性分析実験実習に向けて、テキスト等で事前に自主学習を行いましたか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。

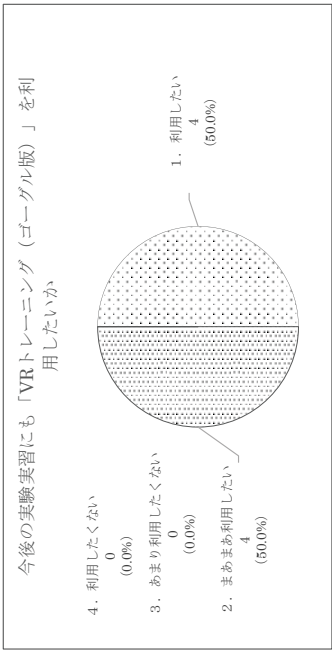


	回答者	%
1. 自主学習した	2	25.0%
2. 自主学習を少しした	6	75.0%
3. 自主学習をしなかった	0	0.0%
総計	8	

2-(9) VR トレーニング (PC 版) に関するご意見・ご感想などあればご記入ください。

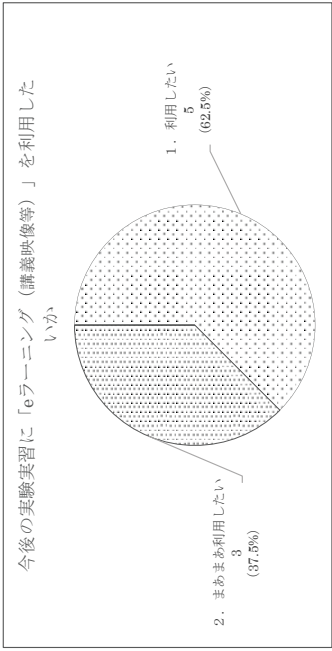
- ・ 難しかった。
- ・ カージナルを合わせたら道具の名前が出るようにしてほしい。正しい手順を動画で見れるようにしてほしい。

3-③ 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VR トレーニング（ゴーグル版）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1. 利用したい	4	50.0%
2. まあまあ利用したい	4	50.0%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

3-② 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際に、「e ラーニング（講義映像等）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。

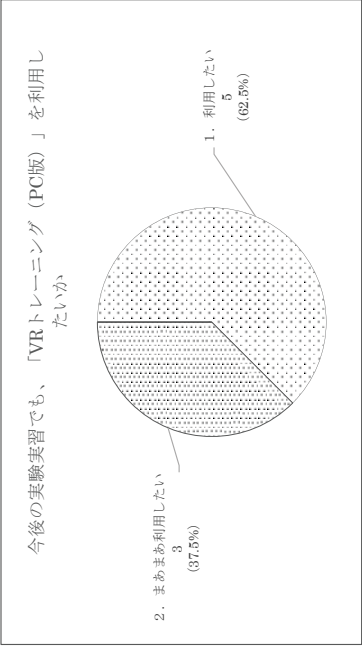


	回答者	%
1. 利用したい	5	62.5%
2. まあまあ利用したい	3	37.5%
3. あまり利用したくない	0	0.0%
4. 利用したくない	0	0.0%
総計	8	

3-(5) 今回の学習内容や使用したコンテンツ等に関して、ご意見・ご感想などあればご記入ください。

回答なし

3-(4) 今回の経験を踏まえ、今後の実験実習を行う際にも、「VRトレーニング（PC版）」を利用したいと思いますか。当てはまる選択肢を1つ選んでください。



	回答者	%
1．利用したい	5	62.5%
2．まあまあ利用したい	3	37.5%
3．あまり利用したくない	0	0.0%
4．利用したくない	0	0.0%
総計	8	

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

令和5年度 文部科学省 専修学校における先端技術利活用実証研究
専修学校遠隔教育導入モデル構築プロジェクト

化学分野等における先端技術を活用した 実習科目の遠隔教育モデル ガイドライン

学校法人重里学園
日本分析化学専門学校

目次

第1章	目的と概要	1
第1節	遠隔教育モデルの目的	1
第2節	化学分野等の実験実習の遠隔教育の現状と課題	1
第1項	化学分野等の専門学校における遠隔教育の現状と課題	1
第2項	化学分野等の専門学校における遠隔教育の現状と課題	1
第3項	遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態	6
第4項	コロナ禍における技術教育事例の概況	9
第5項	実習等に活用できるVRサービス等の事例の概況	9
第2章	遠隔教育モデルの全体像	11
第1節	概要	11
第2節	活用する遠隔教育手法等	12
第1項	VRトレーニングコンテンツ	12
第2項	360度VR映像コンテンツ	14
第3項	eラーニング(講義映像・CBT)	15
第3章	遠隔教育モデルの適用例	18
第1節	中和滴定実験への適用	18
第1項	構成	18
第2項	主に活用したコンテンツの概要	18
第3項	実証結果	26
第2節	定性分析実験への適用	28
第1項	構成	28
第2項	主に活用したコンテンツの概要	29
第3項	実証結果	38
第4章	VR学習に期待される効果と課題	42
第1節	期待される効果	42
第2節	開発・運用に係る課題	43
第5章	VR学習の効果向上に資する先端技術	44
第1節	概要	44
第2節	技術事例	44
第1項	フォトグラメトリ	44
第2項	Neural Radiance Fields (NeRF)	47
第3項	Faceteq (フェイステック)	50
第4項	バイノーラルオーディオ	52
第5項	ハプティクス	54
第6項	電気味覚	57

第7項	嗅覚ディスプレイ	59
第8項	ニオイセンサー	62

第1章 目的と概要

第1節 遠隔教育モデルの目的

新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により、集合学習の実施が困難となったことを契機として、専門学校での遠隔教育の導入が急速に進んでいる。本校でも、特に講義科目等の教育活動で本格的に導入し、在校生を始め講習受講者や関係企業から好評を得ている。一方で、化学分析人材の養成に不可欠な実験実習については、十分な成果を得られていないのが実情であった。

実習科目の遠隔教育については、技術指導を中核とする分野の専門学校での共通課題となっている。映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等の事例を確認できたが、いずれも通常の集合学習と同等の効果を得られているとは言い難い。コロナ禍のような有事の際に学びを止めないため、またより良い技術指導の在り方を検討していたため、実習科目の遠隔教育手法の重要性は言うまでもない。

そこで本事業では、専門学校の実習科目をターゲットに、仮想空間上で技術教育を行うためのプラットフォーム・コンテンツを調達・開発した。その上で、これを補完する映像教材等のeラーニング等を整備し、実験・実習の遠隔教育モデルとしてとりまとめた。本取組により、化学分野のみならず、バイオ・農業・医療・美容などの関連分野の実習科目への遠隔教育の導入を目指す。さらには、専門教育の高度化や、社会人教育・高専連携等の教育対象の拡張などの課題解決にも寄与する。

第2節 化学分野等の実験実習の遠隔教育の現状と課題

第1項 化学分野等の専門学校における遠隔教育の現状と課題

(1) 専門学校での遠隔教育の急速な進展

新型コロナウイルス感染症の感染拡大の影響により緊急事態宣言が発令された際、専門学校をはじめとした教育機関では集合学習が実施困難となり、従来形態での教育活動を選択することが難しくなった。これにより専門学校では現在、急速に遠隔教育の導入が進んだ。

文部科学省による専修学校の新型コロナウイルス感染症対策に関する調査（※1）によれば、1度目の緊急事態宣言下である令和2年4月時点では、「遠隔授業を実施」と回答した専門学校は27.9%（553校）に留まった。しかし1か月後の5月時点での調査では、63.2%（1230校）まで急上昇している。緊急事態宣言解除後の6月には対面授業の割合が

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

増加しているものの、「対面・遠隔を併用」「遠隔授業」の割合が約 5 割となっていて、およそ半数程度の専門学校が継続して遠隔教育を実施していることが見て取れる。

(※1) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症対策に関する専門学校の対応状況について
https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00007.html

インターネットの普及により e ラーニングという言葉が聞かれるようになって以来、20 年以上に渡って、専門学校でも遠隔教育に関する議論が行われてきたが、これまでは部分的な活用に留まることなく、本格的な導入に至った事例は少なかった。その要因は、導入の必要性に対する疑問、高額な導入コスト、遠隔教育ノウハウの不足などが考えられる。しかしコロナ禍の影響により、多くの専門学校では遠隔教育を実施する必要性に迫られ、遠隔教育の体制や環境、ノウハウを有することとなり、現在は結果的に遠隔教育の導入要件が満たされた状況にある。緊急事態宣言の発令が繰り返され、コロナ禍の長期化も予想された中で、専門学校群はここで得た遠隔教育の環境・ノウハウを積極的に活用していく必要に迫られた。換言すれば、専門学校の教育手法はパラダイムシフトが加速される状況にあり、より画期的な遠隔教育手法を普及できる環境が整ったと考えることもできる。

(2) 遠隔教育における実験・実習の現状と課題

専門学校での遠隔教育は、知識学習を中心とした講義科目での導入事例が多数見受けられる。本校でも、文部科学省委託事業にて行った e ラーニングによる社会人向け遠隔教育の実績・ノウハウ (※2) を活かし、専門課程に通学する学生を対象に、動画の収録・配信によるオンデマンド授業や、Web 会議ツールを活用したライブ授業を導入した。その結果学生や関係企業からも好評であり、幾つかの課題は残るものの一定以上の教育効果を得られたと考える。

(※2) 日本分析化学専門学校 専修学校リカレント教育総合推進プロジェクト
「e ラーニングを活用した化学分野学び直し講座 実施モデル構築事業」
<https://www.bunseki.ac.jp/disclosure/#02>

一方で、実習科目の遠隔教育については、技術指導を中核とする専門学校全体での共通課題となっている。例えば、文部科学省の調査 (※3) によれば、専修学校の実習科目への対応事例については、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等の事例が見られる。しかし、これらの手法では、学生が実際に技術を実践する時間が極端に少なくなり、また学習者の自発的な学習に依存する部分も大きい。そのため、従来の集合学習による技術指導と同等の効果を得られているとは考えづらい。

(※3) 文部科学省 新型コロナウイルス感染症対応に係る専修学校における遠隔授業の取組事例集
https://www.mext.go.jp/content/20200529_mxt_kouhou01-000004520_2.pdf

実際、本校の化学実験の授業では、図に示すように、映像にて実験の流れを講師が演示し、週に 1 度の登校日に実践するという流れで実習科目の授業を実施した。しかし、必要十分な学習効果に到達できたとは言えない結果であり、現状は更なる試行錯誤を行っている段階にある。

<日本分析化学専門学校のハイブリッド型の技術指導の例 (令和 2 年 5 月時点) >



オンライン授業で講師が実験の流れを演示
 学生は集合学習で実験を実践

化学分野の本校をはじめ、バイオ・農業・医療・美容などの関連分野の専門学校では、教育内容の特性上、実習科目が極めて重要な位置づけとなっている。新型コロナウイルス感染症の対策も当然のことながら、教育内容・手法の更なる充実や、他の不測の事態への対応という観点からも、遠隔教育環境下での技術指導の在り方の検討は重要な課題である。

(3) VR 技術を活用した技術教育の可能性

ICT 技術の発展に伴い VR 技術に注目が集まり、昨今では特に教育への活用を議論される機会が増えた。教育への活用方法のひとつとして、技能トレーニングが挙げられる。VR 技術を活用した技能トレーニングでは、学習者がバーチャル空間上で技能体験を行うことで、従来のテキストや映像を使った学習よりも高い効果を得られると考えられている。例えば、米カルフォルニア大学による「VR 手術トレーニング」のシステムを使用した効果検証の事例 (※4) では、VR 技術を活用した学習者と、テキストによる従来手法での学習者とを比較して、前者の学習成果の評価スコアが 130%ほど優位であったとされる。この事例は一例であり、類似した研究結果が多々見受けられることから、VR 技術を技能トレーニングに活用することで一定以上の学習効果の向上が期待できる。したがって、専門学校における技術教育への VR 技術活用は積極的に試みられるべきである。

(※4) MoguraVR VR 手術トレーニングは“倍以上の効果”、米大学が立証

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

<https://www.moguravr.com/vr-surgical-training/>

本校で養成する分析化学人材をはじめ、化学分野の人材育成を行う上では実験技術の醸成が不可欠である。その際に上述のような VR 技術を活用し、既存の技術教育を効果的・効率的に実施することができれば、より発展的な技術教育も可能となる。また、危険性の高い実験等をバーチャル空間上で実施することにより、リスクを回避しながら高度な教育を行うこともできる。このような観点から近年、海外の大学を中心に実験技術教育への VR を行うことが始まっている。例えば、デンマーク系 IT 企業が開発したバーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」(※5)は、バーチャル空間上で多種多様な実験技術をトレーニングできるシステムで、既にマサチューセッツ工科大学をはじめ 2000 以上の大学・高校等に導入・運用されている実績を持つ。

<バーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」>



バーチャル空間上で実験技術のトレーニングが可能

(※5) バーチャル理科実験プラットフォーム「Labster」

<https://www.labster.com/>

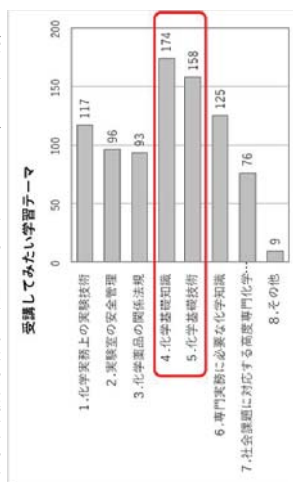
このような VR 技術を活用した教育システムを取り込む形で、遠隔教育モデルを構築できれば、前述した実習科目の学習効果に匹敵する課題を解決できる可能性が高い。さらには、従来の集合学習形式での教育と比較しても、より高い学習効果を期待できる。また実験技術は化学分野のみならず、バイオ・農業・医療・美容など多様な分野で求められる技術であり、実験技術を学習ターゲットとした遠隔教育モデルは広範な分野での応用可能性があるという点でも有意義である。

(4) リカレント教育・高専連携教育での応用の見通し
化学分野等の専門学校において、実験技術の遠隔教育モデルが構築されれば、リカレント教育や高専連携教育へも応用できる見通しである。
本校で 2018 年から 2020 年にかけて推進した専修学校リカレント教育総合推進プロジェクト

4

クト「e ラーニングを活用した化学分野学び直し講座 実施モデル構築事業」では、計 4 回、延べ 500 名以上の社会人（化学系業務従事者等）をターゲットに実証講座を開催した。その受講者アンケート調査結果を見ると、グラフに示すように、受講したい学習テーマとして「化学基礎知識」「化学基礎技術」が多く挙げられており、基礎的な学習内容の学び直しに対して大きなニーズがあることが明らかになった。したがって、化学分野の基礎的な実験技術を学習できる遠隔教育モデルが専門学校で構築されれば、化学業界企業・社会人を対象としたリカレント教育にも活用ができる可能性が高い。

<化学系業務従事者等の希望する学び直しテーマ（2021 年 1 月）>



日本分析化学専門学校 文部科学省委託事業
「e ラーニングを活用した化学分野学び直し講座 実施モデル構築事業」
2020年度 実証講座実施結果より

※上記アンケートの「化学基礎技術」は実験技術を取り扱う学習項目、実験室での立ち居振る舞いや、器具・機器類・試薬の基本的な取り扱い方、一般的かつ頻出の実験に係る技能などの学習内容で構成。

また、高専連携教育への応用も期待できる。高等学校段階において「化学」は主要科目の 1 つであり、その中には言うまでもなく、化学実験を行うような授業も組み込まれている。しかし、授業時間数の不足や器具・機材の不足、教員の対応力不足などを要因として、実験回数を充分に確保できない高等学校も多い。実際、本校に入学する高等学校普通科卒業生は、十分な化学実験の経験がない学生も多く、また近隣の高等学校から連携授業を依頼されることもある。こうした状況下で、化学実験の遠隔教育モデルが構築されれば、化学分野等の専門学校が高等学校に対して連携授業を提供しやすくなり、高専連携の促進にも寄与することを期待できる。

5

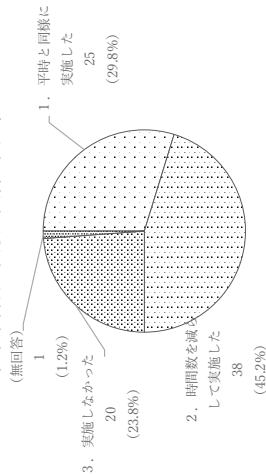
第2項 遠隔教育モデルに対するニーズ等の実態

前項で述べた課題意識から、本校は 2021 年度に、専門学校・大学・高等学校・高等専門学校学校の、特に実験実習に関連した授業等に関して、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などのアンケート調査を実施した。

本アンケート調査では、化学関連分野の専門学校・大学、高校（普通科・工業関連学科）、高等専門学校に対し、特に実験実習に関連した授業等に関して、新型コロナウイルス感染症による影響や対応状況・今後の対応意向などを質問した。回答数は84件で、うち約6割が化学分野に関連する学科を設置した大学で、約2割が高等学校となっている。

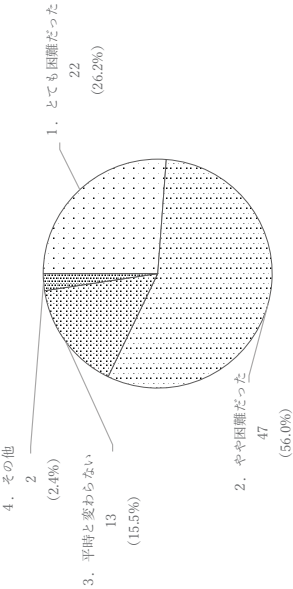
まず新型コロナウイルス感染症による緊急事態宣言下での「実験室等での実験・実習」の実施状況を質問した。その結果、「平時と同様に実施した」という回答は3割程度に留まり、「時間を減らして実施した」「実施しなかった」という回答が7割を占めた。化学分野の教育機関でも、他分野と同様、集合学習という従来の教育形態の運用が困難であったことが伺える。

2-(3) 緊急事態宣言中の教室、実験室等での化学系科目の実験・実習の実施状況



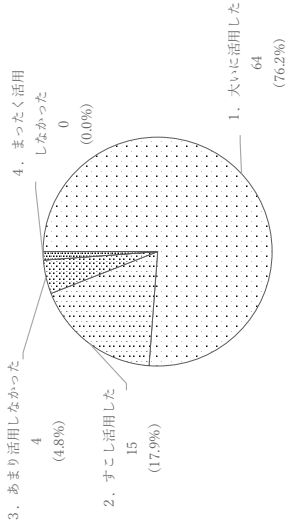
さらに、こうした状況下において、化学系科目の教育の質・量を従来と同様の水準に維持する困難性について質問したところ、「とても困難だった」が26.2%、「やや困難だった」56.0%となっており、新型コロナウイルス感染症の影響は、化学分野教育においても非常に大きいと言える。

2-(5) パンデミック下での教育水準の維持



上記のような状況下で、学校教育を維持するための対応として、化学分野教育への遠隔教育の導入が大いに促進されている。遠隔教育の導入状況を質問したところ、「大いに活用した」が76.2%、「すこし活用した」が17.9%であり、実に9割以上が遠隔教育の導入を行ったと回答した。遠隔教育の導入形態として特に多く挙げられたのは、「zoom」や「Microsoft Teams」などのオンラインミーティングツールを使用したライブ配信での授業や、「YouTube」などの動画配信サイトを活用したオンデマンド映像での授業であった。

2-(6) パンデミック下での遠隔教育の活用



一方、実施した遠隔教育に対する満足度について質問したところ、「大いに満足してい

第3項 コロナ禍における技術教育事例の概況

化学分野の実験・実習等の遠隔教育モデルを検討するために、専門学校や台学等における新型コロナウイルス感染症への対応などを目的に導入された化学分野等での実験・実習等の技術教育の特徴的な取組事例を調査した。収集した事例の主な実施手法としては、大きく「ライブ配信」「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」「VR・AR」「実験キットの送付」「対面実験」「ハイブリッド授業」の6つである。

調査の過程で特に多く見られたのは「対面実験」や「ハイブリッド授業」である。これらの事例では基本的に、新型コロナウイルス感染症に対応するため、フェイスマスクの着用や3密の回避、換気の徹底など、感染症対策を実施した上で、実験室等での実験を実施している。他の調査結果にも表れているように、遠隔で自宅等での実験・実習の指導は困難と判断した教育機関が多かったためと考えられる。一方、自宅でも実験を行うことができるよう、「実験キットの送付」の事例で取り上げたように、実験に必要な器具や試薬をパッケージ化して学生に配布した事例もあった。

次に比較的多く見られたのは「ライブ配信」と「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」であった。「ライブ配信」については、オンラインミーティングツールを活用するという点で共通性が見られたが、内容については各校での工夫が見られた。最も多かったのは、実験の様子や流れをライブ配信する方法だが、学校の実験室の化学機器に遠隔アクセスして実験を行っている事例や、各学生に市販されている道具や身近な物を使用した簡易的な実験装置を用意させ、それらを使用して遠隔で指導するといった事例も見られた。

「ビデオコンテンツ等のオンデマンド配信」については、各校で資料や映像を作成して、YouTube や Google Classroom などの既存のプラットフォームを使用して学生向けに配信している事例が見受けられた。

また、「VR・AR」に関する事例では、スマートフォンやタブレットなどを活用して3Dオブジェクトを表示した事例や、HMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）を用いて実験の様子を視聴させた事例などを発見できた。

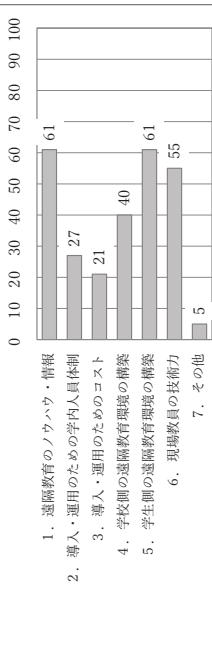
第4項 実習等に活用できるVRサービスの事例の概況

前掲のアンケート調査や事例調査の結果の通り、現状の国内では実験実習の遠隔教育は実現されている例が限定的で、多くの教育機関が困難性を感じていることが伺える。この状況を受けて、本校では、VR技術の活用により質の高い実験実習の遠隔教育の実現できる可能性に期待して、遠隔教育モデル化を目指した。そこで検討の基礎資料として、まず化学分野におけるVR技術等を活用した既存のサービス・コンテンツ等の事例を調査した。

その結果、日本国内では現在、VR技術等の活用が顕著されている最中であり、それほどVRコンテンツ・サービスの事例は多くないことが明らかになった。特に化学分野において

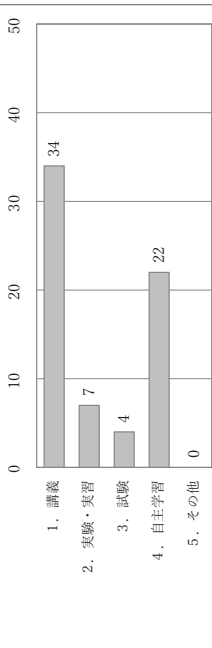
る」と回答したのは3.8%に留まり、「まあまあ満足している」が63.8%、「やや不満がある」が28.8%であった。また、遠隔教育を活用する上での課題についても質問したところ、「遠隔教育のノウハウ・情報」が多く挙げられた。

2-(9) 遠隔教育を活用する上での課題



今後の遠隔教育の活用意向については、「必要に応じて導入を検討する」が53.6%、「部分的に導入する予定」が34.5%となっており、化学分野での遠隔教育導入の可能性が少なからずあることが伺える。導入対象の学習シーンとしては、「講義」や「自主学習」が比較的多く、「実験・実習」は少数に留まった。これについては遠隔において十分に実験・実習に関する教育を行える手法が確立されていないためであると考えられる。

3-(2) 遠隔教育の導入シーン



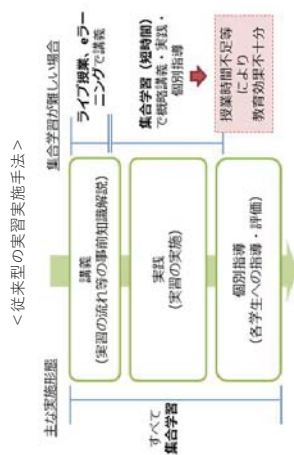
VR技術を活用した実験・実習教育に関しては質問したところ、「少し知っている・聞いたことはある」との回答が52.4%であり、「あまり知らない」が44.0%であった。また、VR技術を活用した実験・実習教育への興味については、「とても興味がある」「すこし興味がある」が約7割を占めている。これらの回答から、国内の化学分野の教育現場では、あまりVR技術を活用した実験・実習教育の認知が進んでいないことが伺える。

第2章 遠隔教育モデルの全体像

第1節 概要

本遠隔教育モデルは、化学分野等における専門学校専門課程の実験実習を学習ターゲットとする。

分野を問わず専門学校の実習科目の教育は、基本的に集合学習形態が常であり、長期に渡って繰り返し講義と実践・個別指導を行う中で、技術を習得させるのが一般的であった。昨今の社会情勢から集合学習が実施困難となり、その代替手段とされているのは、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等である。しかし遠隔教育段階での学習者の理解度不足、集合学習の短時間化などを要因として、必要十分な学習効果を得られるとは言えない状況にある。



そこで本遠隔教育モデルでは、遠隔教育の充実により短時間の集合学習の効果を最大化し、従来手法よりも高い教育効果を得ることを目標として、VR技術を活用した技能トレーニングを組み込んだブレndィング型のモデル構築を目指した。

実習科目の授業は大きく「講義」「実践」「個別指導」の3段階で進行する。本モデルではまず、「講義」をeラーニングやライブ授業で実施することを想定する。さらに、VRトレーニングを活用した遠隔教育により「実践」の一連の流れをバーチャル空間で体験させると同時に、実験器具の扱い方や作業の流れ、注目するポイントなど「講義（事前知識解説）」で取り扱う内容に関する理解を深めさせる。その上で集合学習を実施し、「実践」と重点的な「個別指導」を行う。このような形態とすることで、講師は画一的な講義や実験の流れの説明などを行う時間を短縮でき、技術力向上に必要な個別指導に時間を割くこと

はほぼ事例が存在せず、本調査での調査対象は海外の事例を中心とした。ただし海外でも、化学周辺分野である医療分野や生物分野での導入事例や研究事例等は比較的多く見られた一方、化学分野を対象としたVRサービス・コンテンツ等は少なかった。したがって、化学分野の教育へのVR技術活用は、世界的にみてもまだ研究途上にある状況と推察する。

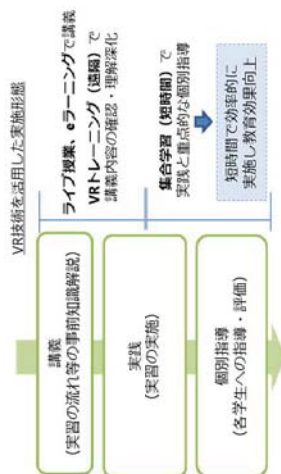
今回発見できた事例のうち、本事業で想定するバーチャル空間上での実験教育を実現しているのは、「Labster」、「PraxiLabs」、「Ryerson Augmented Learning Experience (RALE)」などである。中でも導入実績が多いのは、「Labster」で、全世界の教育機関2,000件以上で導入されている。同事例の利用方法としては、パソコン等の端末でWEB上のプラットフォームにアクセスし、メニューを選択すると、学習を行うバーチャル空間に入室できる。入室後は、基本的にはテキストで表示される指示に従い、マウスクリック等によってオブジェクトを定められた順番でクリックしたり、誘導テキスト内に表示されるCBT形式の問題に答えたりしながら、実験の流れや要点を学習する。他の事例も類似した構成となっているようである。なお、いずれの事例も調査時点では、日本語に対応しておらず、日本の教育機関への展開はしていない。

また、他のVR技術等を活用したサービスやコンテンツの事例として導入数比較的多いのは、「ClassVR」「Lifelike」である。これらは、様々な3DオブジェクトのリソースをVR技術やAR技術を利用可能な端末で閲覧できるというサービスである。その他、スマートフォンやタブレットで利用できる3DオブジェクトをAR技術で表示できるようなアプリケーション等の事例を複数発見することができた。

以上のことから、現在海外で導入が進んでいるVR技術を活用した実験・実習教育は、パソコンのデスクトップ上やウェブブラウザ上で動作するものが主流で、HMD（ヘッド・マウント・ディスプレイ）を使用するものではないことが判った。またその学習内容も、コンテンツ内での学習で完結性を持たせているようには見受けられず、教室や実験室等のリアルでの実験や講義等の学習とのハイブリッドで運用されているように見受けられる。この状況を踏まえて、本校ではVR技術を活用したコンテンツを新たに開発する方向で検討を進めた。

ができる。また学習者は充実した事前知識を持って実習に取り組むことができる。これにより、短時間の集合学習で最大限の教育効果を期待できる。

<本事業の遠隔教育モデル>



第2節 活用する遠隔教育手法等

化学分野等における実験実習の遠隔教育モデルの構築にあたり、主に「VRトレーニングコンテンツ」「360度VR映像コンテンツ」「eラーニング(講義映像・CBT)」の大きく3つの遠隔教育手法を取り入れた。各手法について、概要を以下に示す。

第1項 VRトレーニングコンテンツ

本校で検討したVRトレーニングコンテンツは、VRゴーグルでの利用を基本とする「VRゴーグルタイプ」を中心に検討が進められてきた。さらに検討の過程でVRゴーグルの課題解決のために、従たるコンテンツとして「パソコンタイプ」も検討している。以下に概要を記載する。

(1) VRゴーグルタイプ

集合学習の効率化・効果向上のため、実習の一連の流れをバーチャル空間で体験させると同時に、器具の扱い方や作業の流れ、注目するポイント等の理解深化に資するVRトレーニングコンテンツを整備した。

本コンテンツを利用する学習者は、基本的にVRゴーグル(Meta Quest 2)を装着して学習を行う。インタラクティブ性の高いコンテンツとなっていて、学習者はバーチャル空間

上に用意された3Dオブジェクトの実験器具や試薬を操作して、実験を進ませる。その際、実験器具の誤操作をしたり、実験手順を誤ったり、異なる器具・試薬を使用したりすると、エラー表示が出たり、実験結果が失敗になったりするというゲーム的な要素が盛り込まれている。

VRトレーニングコンテンツ (VRゴーグルタイプ) のイメージ



(2) パソコンタイプ

VR端末(Meta Quest2)で利用する3DCGVRコンテンツはハードウェアの取り回しやVR酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する一つの解決策の案として本事業では、VRコンテンツを他のデバイス(特にスマートフォンやパソコン)で利用する形に並行的に展開する方策(マルチデバイス化)を検討している。

その具体的方策として、VRゴーグルで利用するコンテンツに準ずる内容をパソコンで利用できるコンテンツを検討した。内容構成はVRに準拠するが、操作端末が異なるため、マウスで操作できる仕様に変更している。マウスで実験器具等を選択すると、選択肢が表示される。選択肢を選ぶと、それに従って実験器具等が動き、実験が進行していく。

VRトレーニングコンテンツ (パソコンタイプ) のイメージ



第2項 360度VR映像コンテンツ

本事業内で開発した360度VR映像コンテンツは、「実写タイプ」と「3DCGタイプ」の2種がある。それぞれの概要を以下に記載する。

(1) 実写タイプ

本コンテンツは、VRトレーニングと同様に、実験前の事前準備として、eラーニングでの知識学習後に、実験の流れや注意すべきポイントを確認して把握するために使用される想定である。360度映像撮影で一般的に使用される「GoProMax」という360度カメラを使用し、カメラの前で、本校の学生と指導教員が実験を実演しながら、実験の流れや注意すべきポイントを解説する形で開発された。

ここで開発された360度映像コンテンツは、360°映像を配信できる動画配信プラットフォーム「YouTube」で視聴できるよう実装されていて、パソコンやスマートフォン、HMDなど任意の環境で利用することができる。

本コンテンツの特徴として、視聴者が画面を操作することで、視聴する方向を操作したり、特定の場所をズームしたりすることができる。また、手元が近い位置にカメラを設置して撮影を行ったため、通常の授業では見づらい手元の細かい操作を視聴しやすいコンテンツである。

360度VR映像コンテンツ（実写タイプ）のイメージ



(2) 3DCGタイプ

前述の通り、VR端末（Meta Quest2）の課題に対する解決策の具体案として他のデバイス（特にスマートフォンやパソコン）で利用する形に並行的に展開する方策（マルチデバイス化）を検討した。VRコンテンツのパソコンタイプを1つの形として前掲したが、もう1つの形として、3DCGVRコンテンツをもとにした360°映像コンテンツも製作した。本コンテンツは、後述の講義映像タイプのeラーニング学習に近いイメージで作成している。こちらも360°映像を配信できる動画配信プラットフォーム「YouTube」で視聴できるように実装されていて、パソコンやスマートフォンなど任意の環境で利用することができる。

きる。VR端末と同じVR実験室において、一人称の視点で実験手順等の確認を行うことを目的としたコンテンツである。3DCGVRコンテンツを基に開発しているため、実験の手順や使用する実験機器、実験進行時のガイド表示などは共通している。

VR端末（Meta Quest2）を利用する際に比べ、機材準備や操作慣熟などの事前準備が少なく手軽に利用できるのが利点で、VR酔い、端末不足、操作対応困難などによってVR端末を利用できない場合の代替手段としても活用できる。簡易ゴーグルを使用する場合も、VR端末と比べると安価であり、高価な機材を調達する必要がないという点でも、運用はしやすい。

360度VR映像コンテンツ（3DCGタイプ）のイメージ



第3項 eラーニング（講義映像・CBT）

eラーニングとして講義映像コンテンツと確認問題（CBT）、それらのコンテンツを運用するためのeラーニング環境を整備した。それぞれの概要を以下に示す。

(1) 講義映像・CBT

本事業で開発する化学分野等での実験・実習等の遠隔教育モデルでは、前述の通り、まず実験に関する知識学習を、オンラインミーティングツールを使用したライブ授業や、eラーニングにて実施する想定である。このうち、特にeラーニングについては、受講者は講義映像教材を視聴しながら自主学習を行う実施形態を検討した。

講義映像に関しては、本校の教員が講義資料を解説する形で進行する。また必要に応じて、文字や図表・写真だけでなく、解説に合わせて実際に実験室で演示を行う様子を取り入れ、映像の随所に挿入されている。

eラーニング環境のイメージ



講義映像のイメージ



また eラーニング上での講義や、後述の 360° VR 映像コンテンツや 3DCGVR トレーニングコンテンツでの学習内容について、その理解度を測定するための確認問題も用意している。これらの問題は、後述の eラーニングプラットフォーム上において CBT (Computer Based Testing) 形式により実施することを想定している。

確認問題のイメージ

問題	
問題文	水は純度の高いものから低いもので、用途に応じて使い分けことが大切である。
選択肢	A ○ B × Z わからない
解答	A ○
解説	一度機械を通して精製しているイオン交換水や蒸留水は、コストがかかる。イオン交換水はリンスの時に利用し、あとは実験の時に応じて使い分けなければならない。資源の有効利用となる。

(2) eラーニング環境

これまで述べてきた eラーニングコンテンツや 360 度 VR 映像コンテンツを運用するため eラーニングサイトを整備した。
本サイトでは、受講者はスマートフォンやパソコンを使用してサイトにアクセスし、個別に発行される ID とパスワードを入力してログインすることで、講義映像の聴講 (2D 映像、360° 映像) や評価試験 (CBT) の受験ができる。
また、受講者の ID ごとの学習履歴が随時蓄積され、指導者はこれに応じて閲覧することができる。

第3章 遠隔教育モデルの適用例

第1節 中和滴定実験への適用

令和3年度から令和4年度にかけて、本校の実験科目「基礎化学実験」のうち最初の実験である「中和滴定実験」を題材として、遠隔教育モデルの具体的な適用を検討した。以下にその概要を述べる。

第1項 構成

本校では遠隔教育モデルの具体的な適用先として、まず実験科目「基礎化学実験」の最初の実験である「中和滴定実験」を対象とし、構成を具体化した。下図の通り、実験実習は実験室でのスクーリングとし、事前学習や事後学習を遠隔教育で実施するハイブリッド型の実験指導を想定した。まず事前学習として、講義映像とCBTで中和滴定実験のガイダンスや実験手順の解説を行う。さらに、VR空間上で中和滴定実験全体を体験できるVRゴーグルタイプのVRトレーニングコンテンツ、中和滴定実験の実演の様子を視聴できる360度映像コンテンツにより、中和滴定実験の実験手順等を疑似体験して理解深化を図る。この事前学習を経たのち、現実の実験室で中和滴定実験の実習を行うという構成である。

中和滴定実験実習への遠隔教育モデルの適用イメージ



第2項 主に活用したコンテンツの概要

中和滴定実験の遠隔教育で適用したコンテンツとして、「VRトレーニングコンテンツ」「360度VR映像コンテンツ」「eラーニング」の概要を以下に記載する。

(1) VRトレーニングコンテンツ

「水酸化ナトリウムとシュウ酸2水和物の中和滴定」と「食酢と水酸化ナトリウムとの中和滴定」の2系統の中和滴定実験を、VR端末（Meta Quest2）で体験することができる。

VRトレーニングコンテンツを令和3年度から令和4年度にかけて開発した。学習者は本コンテンツにアクセス後、下図に示すように、どちらの実験を実施するかをメニューから選択することができる。また前項で述べた通り、学習前に操作のチュートリアルを体験できる「操作説明」というメニューを追加した。

中和滴定VRトレーニングコンテンツのメニュー

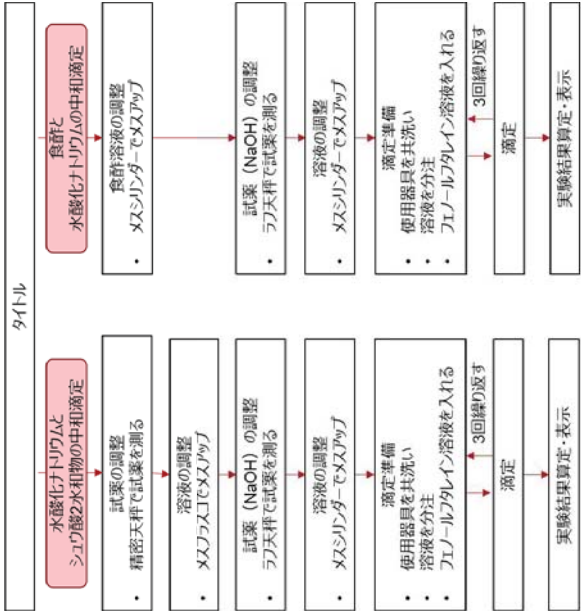
「操作方法」を押すとチュートリアル開始



いずれかを選択して「スタート」を押すと実験開始

上記メニュー選択後、学習者はバーチャル空間上で操作可能な3Dオブジェクトとして設置された実験器具や試薬を用いて、実際の中和滴定実験とまったく同じ以下の流れで実験を進めていく。

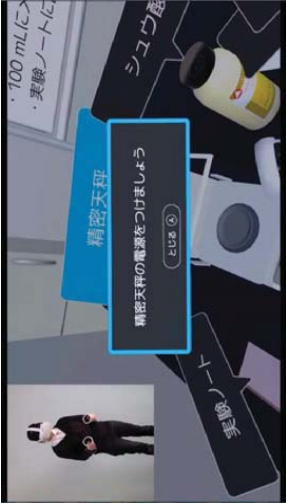
中和滴定 VR トレーニングコンテンツの学習の流れ



本コンテンツの学習では、基本的に画像で示すように、学習者が正しく3Dオブジェクトの実験器具等を操作することによって学習が進行する。基本的な実験の流れは、前掲のようにガイドが表示されるので、ガイドに従って学習を進めていく。

なお、本コンテンツ内での実験器具の操作は、あくまでVR端末に付属するコントローラーで行われるものであり、実際の実験器具の操作とは異なる。例えば、ビュレットの操作は、実際には左手でコックを握り込んで少しずつ回すことで滴下量を調整するが、本コンテンツ内ではコントローラーのトリガーを押し込む強さで調整する。このような実際の操作とVRコンテンツとの間で異なる点が随所に存在するため、実験の全体の流れを把握するために効果를期待できる一方、特に実験器具の操作・取り扱いなどについては実際の実験実習の際にフォローする必要がある。

中和滴定 VR トレーニングコンテンツのイメージ



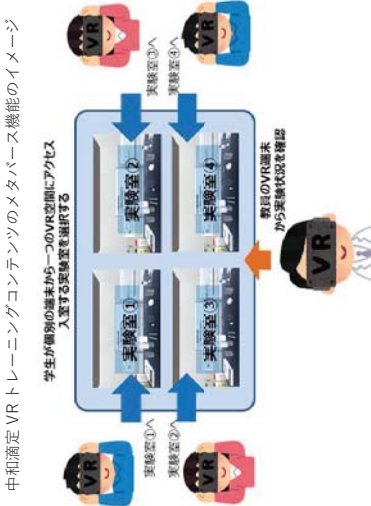
中和滴定 VR トレーニングコンテンツ (令和4年度版)
デモ映像: <https://youtu.be/hvgoVFkIKQ>

なお、この中和滴定 3DCGVR コンテンツは、VR端末を装着しスタンドアローンでの運用を想定したコンテンツであり、学生は各自の端末で学習を進める。VR端末の特性上、学生が装着してコンテンツを利用している状態では、基本的に外部から学習の進捗状況は確認できない。令和4年度に実施した実証講座の中で、このような環境において、特に担当教員が学生の進捗状況をリアルタイムに把握し、必要に応じて助言・指導を行うなどの学習フォローが困難であることが課題であることが明らかになった。

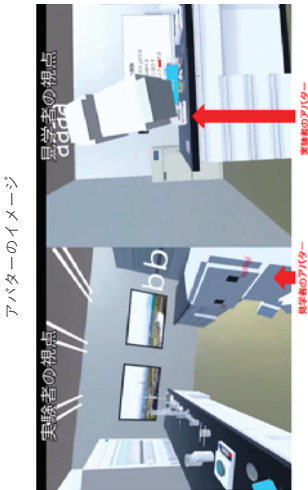
そこで令和5年度には、この課題の解決策の一つとして、コンテンツの拡張開発を実施し「メタバース化」の機能実装に取り組んだ。この機能は、1つのVR空間(実験室)に学生・教員がアバターで参加し、他の参加者の動きやコンテンツの利用状況が同期される仕組みである。このような環境を実現したことで、教員がそれぞれの学生の実験の取組姿勢・進捗状況等を確認したり、教員・学生間や学生同士で指導・アドバイス・相談等のコ

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

コミュニケーションをしたりすることが可能となった。



このメタバース機能では、各実験室には、教員・学生ともにアバターで入室する。自分以外の入室者がいる場合、下図のように他者のアバターが表示される。



中和滴定 VR メタバース
デモ映像：<https://youtu.be/pbKuDp8emdE>

(2) 360 度 VR 映像コンテンツ

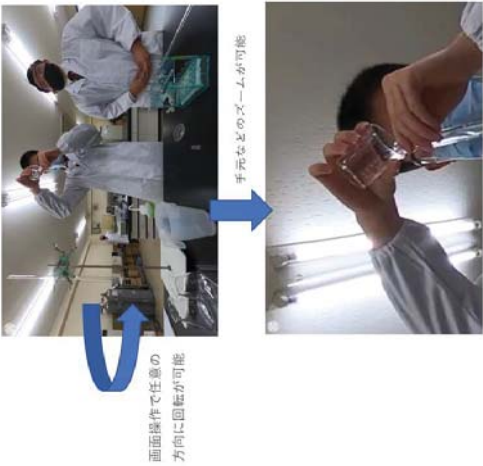
中和滴定実験の学習を目的とした 360 度 VR 映像コンテンツとして、「実写タイプ」と「3DCG タイプ」の 2 種を検討した。それぞれの概要を以下に記載する。

① 中和滴定 360 度映像 (実写タイプ)

本校の実験科目「基礎化学実験」のうち最初の実験である「中和滴定」を題材とした。本コンテンツは、実験前の事前準備として、e ラーニングでの知識学習後に、実験の流れや注意すべきポイントを確認するために使用される想定された 360 度映像コンテンツである。「中和滴定」の実験は、下図に示すように、大きく「試薬のやり取り」「共洗い・ビュレット準備等」「滴定操作」の 3 つの工程で構成される。この一連の流れを 20 分程度で視聴できる 360° 映像コンテンツとした。

映像コンテンツは視聴者によって画面操作が可能で 360° 映像を配信できる動画配信プラットフォーム「YouTube」で視聴できるよう変換し、後述の e ラーニング環境からもアクセスでき、パソコンやスマートフォン、HMD など任意の環境で利用することができる。

中和滴定 360 度映像 (実写タイプ) のイメージ



化学実験学習コンテンツ 中和滴定の実験手順と注意ポイント (360°)
<https://youtu.be/BD6UuqKGC4>

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

ダンス」の学習内容を解説する映像教材を開発した。

講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。これらの映像コンテンツは、本校の教員が電子黒板を使用して、講義資料を解説する形で進行する。

ただし、特に「安全教育とガイダンス」については、実験室での立ち居振る舞いや器具の操作方法等を解説するため、文字や図表・写真では十分な理解が得られない可能性があると考えた。そこで、解説に合わせて実際に実験室で演示を行う様子を切り入れ、映像の随所に挿入することとした。

<安全教育と水の取り扱いについて 講義部分>



<安全教育と水の取り扱いについて 実験室での演示部分>



安全教育 水の取り扱い

<https://youtu.be/ZCUwsalok0k>

また e ラーニング上での講義や、360° VR 映像コンテンツや 3DCGVR トレーニングコンテンツでの学習内容について、その理解度を測定するため、評価試験を実施する想定で、確認問題 (CBT) も用意した。「安全教育」「実験ガイダンス」「レポートガイダンス」の学習内容に相当する学習内容から、計 24 問の正誤判定問題を作成した。これらの問題は、後

② 中和滴定 360 度映像 (3DCG タイプ)

VR 端末 (Meta Quest2) の課題に対する解決策の具体案として他のデバイス (特にスマートフォンやパソコン) で利用する形に並行的に展開する方策 (マルチデバイス化) を検討した。その 1 つの形として、中和滴定 VR トレーニングコンテンツをもとにした 3DCG の 360° 映像コンテンツを製作した。

本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提として、映像形式の e ラーニング学習に近いイメージで作成した。内容構成は基本的に中和滴定 VR トレーニングコンテンツ (VR ゴーグルタイプ) と同様で、中和滴定実験の一連の流れを学習することができる。VR 端末と同じ VR 実験室において、一人称の視点で実験手順等の確認を行うことができ、実験の手順や使用する実験機器、実験進行時のガイド表示なども共通している。

一方で、3DCGVR コンテンツとは異なり、3D オブジェクトの操作などを行うことはできず、見回す・ズームするなどは可能だが、実験操作は自動で進行する。

中和滴定 360 度映像 (3DCG タイプ) のイメージ



昨年の中和滴定実験 (3DVR・360 度映像) : <https://youtu.be/84FP4jxwmU8>
シュウ酸の中和滴定実験 (3DVR・360 度映像) : <https://youtu.be/wa8NPi8EZ54>

(3) e ラーニング

本遠隔教育モデルでは、前述の通り、まず実験に関する知識学習を e ラーニングにて実施する想定で、受講者は講義映像教材を視聴しながら自主学習を行う実施形態を検討した。そこで中和滴定実験のコンテンツとして、「安全教育」「実験ガイダンス」「レポートガイ

述のeラーニングプラットフォームにおいてCBT（Computer Based Testing）形式により実施することを想定している。

評価試験問題は、すべて正誤判定形式とし、次の4項目で構成される。

- ① 問題文（50字程度）
- ② 選択肢（3つの選択肢「○」「×」「わからない」）
- ③ 解答（正解の選択肢1つ）
- ④ 解説（50字～100字程度）

確認問題（CBT）のイメージ

CBT 出題画面

基礎化学実験
eラーニングシステム
(1 / 24)

実験室に入室する際には、白衣を着ていれば、短パンやスカートでも構わない。

A	○
B	×
Z	わからない

選択してください。

戻る

CBT 正誤判定画面

正解

答え：A
実験室には何がっているか、何がこぼれているかわからない。
身体に影響を及ぼすこともあるため、問題文のような行動は厳禁。

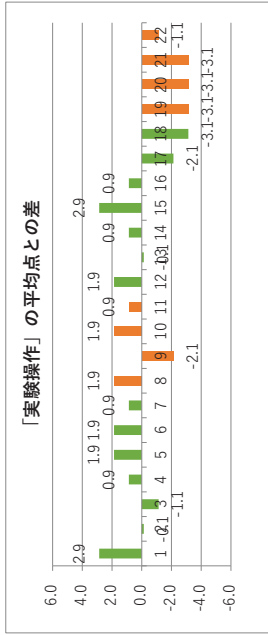
次へ

戻る

第3項 実証結果

令和4年度にはこれらの「中和測定実験」を題材とするコンテンツ群を活用した遠隔教育モデルについて、その有効性や妥当性を検証することを目的として、中和測定実験の学習経験のある専門学校生、および中和測定実験の学習経験のない高校生、計22名を対象に講座を実施した。実施にあたり、受講者を「実験実習前にeラーニングコンテンツやVRコンテンツを利用するグループ（グループⅠ）」と「実験実習前に各種コンテンツでの学習を実施しないグループ（グループⅡ）」の2つに分けて検証を実施した。

まず実験実習の評価結果を見ると、特に中和測定実験の学習経験がない高校生について、「実験操作」（器具の取り扱いや手順）の評価を行う項目で、明確に事前学習を行ったグループの点数が高い結果となった。



- ・グループⅠ：No.1～11（うち、専門学校生 No.1～7 高校生 No.8～11）
- ・グループⅡ：No.12～22（うち、専門学校生 No.12～No.18 高校生 No.19～22）

講義映像については、グループⅠが視聴して回答した。受講後アンケートの結果を見ると、学習内容を理解できたかという質問には、「よく理解できた」「まあまあ理解できた」が9割、学習内容に満足できたかという質問には、「とても満足できた」「まあまあ満足できた」が全員という結果となった。また実験実習が終了した後に実施したアンケートでは、eラーニングの学習は役立ったかという質問に対し、9割が「大いに役立った」「まあまあ役立った」と回答している。

VRコンテンツに対してはグループⅠ・グループⅡの両方が体験しアンケートに回答した。VRトレーニングで実験の流れについて理解が深まったかという質問に対し、「とても理解が深まった」「まあまあ理解が深まった」という回答が7割という結果であった。

以上の評価結果とアンケート結果の両面から、特に実験全体の手順や各実験機器の大きな使用手順の学習においては、本事業で開発したeラーニングコンテンツやVRコンテンツは一定以上の教育効果を期待できると考えられる。

一方で、VRトレーニングに関しては受講後アンケートから、課題も明らかになった。VRトレーニングの操作方法の難易度について質問したところ、全体の約8割が「難しすぎた」「やや難しかった」と回答する結果となった。学生は全員がVR機器の使用経験がなく初めての利用で、VR機器の基本的な利用方法に慣れるまでに時間を要し、学習時間が少なくなってしまうたり、十分に学習に集中できなくなったりした学生も見られた。こ



第2項 主に活用したコンテンツの概要

定性分析実験の遠隔教育で適用したコンテンツとして、「VR トレーニングコンテンツ」「360 度 VR 映像コンテンツ」「e ラーニング」の概要を以下に記載する。

(1) VR トレーニングコンテンツ

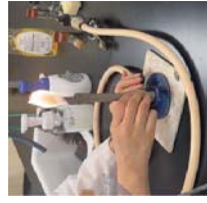
定性分析実験で採用した VR トレーニングコンテンツは、VR ゴーグルでの利用を基本とする「VR ゴーグルタイプ」を中心に検討を進めた。さらに VR 酔いなどの課題解決のために、従来のコンテンツとして「パソコンタイプ」も検討した。以下に概要を記載する。

① VR ゴーグルタイプ

令和 5 年度には、定性分析実験の中から、「手順を文で読むだけよりも、実際に手を動かした方がイメージもつきやすいと思われるもの」「熱いものや火を扱う操作など、危険性が高く、VR で事前に手順や注意点を確認することが効果的なもの」という基準で、4 つの作業工程を抽出し、VR 端末（Meta Quest2）で体験することができ VR トレーニングコンテンツを開発した。対象とした作業工程は以下の通りである。

題材 1 ガスバーナーの操作

- さまざまな実験操作の起点となるガスバーナーの使用方法。ガス調節ねじ、空気調節ねじを調整して、炎の状態を適切に管理する必要がある。



の点については、試用検証に参加した教員より、操作に慣れたとの意見が多かったため、学生側が VR 機器や VR コンテンツに慣れ親しむことで大きな改善を期待できる。

また、すぐに操作方法を把握して十分に学習を進められた学生も少数ながら見受けられ、個人差があることが明らかになった。後者の学生に対してヒアリングを行ったところ、「普段からゲームに慣れ親しんでいて感覚的にすぐに理解できた」とのことで、VR 機器のような IT 端末に対するリテラシーの差が比較的大きく影響するようである。

さらに、VR 酔いに関して対策を行った結果、事前に実施していた試用検証の際には過半数が酔いの問題を訴えていたが、今回の実証講座では 4 割程度に留まった。コンテンツ側での VR 酔いの対策により、ある程度の軽減効果は見られたと考えられる。ただしまだ学生全体のうち半数近くが VR 酔いを感じている状況においては、コンテンツの想定利用時間の短縮、本格的な利用に向けた VR 機器操作への慣れを目的としたプログラムの検討など、引き続き VR 酔い対策への検討が必要な課題である。

第2節 定性分析実験への適用

令和 5 年度には中和滴定実験への遠隔教育モデル適用の成果をもとに、国家資格である分析技能士 3 級の試験項目である「定性分析実験」を題材として、遠隔教育モデルの具体的な適用を検討した。以下にその概要を述べる。

第1項 構成

中和滴定実験への遠隔教育モデルの適用検討を経て、VR 学習を活用した遠隔教育の効果期待できる対象についてアンケートを取った結果、国家資格である分析技能士 3 級の試験項目でもある「定性分析実験」が対象として選出された。

基本的な構成は中和滴定実験の際と同じく、実験実習は実験室でのスクーリングとし、事前学習や事後学習を遠隔教育で実施するハイブリッド型の実験指導を想定した。

まず事前学習として、講義映像と CBT で定性分析実験のガイダンスや実験手順の解説を行う。その上で、定性分析実験ではゴーグル型 VR コンテンツを採用しつつも、実験全体を VR 空間上で行うのではなく、特に定性分析実験の実験工程の中でも重要性が高いもの、注意が必要なものなど 4 工程を、それぞれ 3 分程度の短時間で学習できるショート VR コンテンツを採用した。VR 酔いの防止や VR 学習の取り回しの課題の改善がねらいである。

実験全体は講義映像や CBT（確認テスト）などの e ラーニングで学習し、特定の実験操作や手順で VR コンテンツを併用することで、VR 活用の教育効果を維持・向上しつつ運用負荷を軽減することを目指す。

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

題材2 ろ過（沈殿の分離）

- ろう斗、ろ紙を使用して、試験管内に生じている沈殿物をろ過する操作。



題材3 加熱処理（蒸発乾固）

- カセロールに入った試料溶液をバーナーで加熱し、水分を蒸発させ乾固する操作。



題材(4) 加熱処理（水浴加熱）

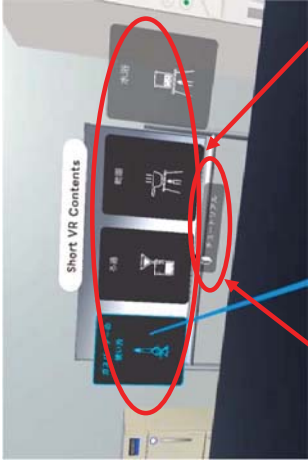
- バーナーで加熱したピーカー内の水に試料溶液の入った試験管を入れて加熱処理する操作。



本コンテンツは、VR ゴーグル（Meta Quest2）での利用を前提とするが、アプリケーションをゴーグル端末にインストールする方式ではなく、WEB ブラウザを活用してアクセス

する WEB アプリケーション形式を採用している。VR ゴーグルの WEB ブラウザで下記の URL にアクセスすると、メニューが表示され、上述の 4 つのコンテンツを利用することができる。また VR の基本的な操作方法を確認できるチュートリアルも用意されている。

定性分析 VR トレーニングコンテンツ（VR ゴーグルタイプ）のメニュー



チュートリアルも
用意されている

いずれかを選択して「スタート」を
押すと実験開始

定性分析実験 ショート VR コンテンツ：<https://juriac.com/svrc/>

本コンテンツの学習では、基本的に画像で示すように、学習者が正しく 3D オブジェクトの実験器具等を操作することによって学習が進行するインタラクティブなコンテンツである。また学習者のモチベーションや学習効果に配慮し、コンテンツ終了後に点数とフィードバックを表示する機能も実装されている。点数は 10 点満点とし、操作のプロセスや操作に要した時間を計測して評価し、実験終了時に点数と減点部分になったポイントに対してコメントが表示される。

なお、本コンテンツ内での実験器具の操作は、あくまで VR 端末に付属するコントローラーで行われるものであり、実際の実験器具の操作感とは若干異なる部分があることには留意する必要がある。

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

定性分析 VR トレーニングコンテンツ (VR ゴーグルタイプ) のイメージ



定性分析 VR トレーニングコンテンツ (ゴーグル版)

デモ映像： <https://youtu.be/ZVsC3gw6szc>

なお、本コンテンツの開発にあたって WEB アプリケーション方式を採用したのは、コンテンツをさまざまなデバイスで活用できるようにするための方策である。デバイスにインストールする方式では、基本的に各デバイス専用に調整・配信する必要があり、例えば

次世代の VR ゴーグルが登場したり、後述のようにパソコンで利用できる環境を整えたりする際に、柔軟性に乏しく、開発作業・開発コストが発生する。一方、WEB ブラウザ方式であれば、WEB ブラウザを利用することができるといった利便性であれば、比較的柔軟に活用することができ、先端技術である VR 機器は日進月歩で進化しており、毎年のように新しいデバイスが登場するため、端末の変更に伴ってコンテンツ使えなくなるなどを防止し、利用環境に柔軟性を担保するためにこのような方式とした。

ただし、WEB アプリケーション方式でのデメリットとして、利用時にインターネット回線が必要であることが挙げられる。端末にインストール方式では、一度アプリケーションのダウンロードとインストールが完了していれば、ネットワーク回線を使用しない機能に限定されるものの、完全にスタンドアローンでの利用が可能である。一方、WEB アプリケーション方式の場合、利用時に毎回、コンテンツの URL にアクセスして WEB アプリケーションをダウンロードする必要がある。コンテンツの容量も大容量化しがちなため、比較的強固なインターネット回線が必要であることが懸念であることに留意したい。

② パソコンタイプ

VR 端末 (Meta Quest2) で利用する 3DCGVR コンテンツはハードウェアの取り回しや VR 酔いなどに関する課題が指摘されている。これらの課題に対する一つの解決策の案として本事業では、VR コンテンツを他のデバイス (特にスマートフォンやパソコン) で利用する形に並行的に展開する方策 (マルチデバイス化) を検討している。

その具体的方策として、定性分析 VR トレーニングコンテンツでは、VR ゴーグルで利用するコンテンツに準ずる内容をパソコンで利用できる環境を整備した。

定性分析 VR トレーニングコンテンツ (パソコンタイプ) のイメージ



構成や基本的な学習内容は VR ゴーグルタイプとまったく同じく、「ガスバーナーの使い方」「ろ過」「乾固」「氷浴」という定性分析実験から抽出した 4 つの実験工程を題材に、それぞれの実験器具等の操作手順を学習できるコンテンツである。

VR ゴーグルと同様に、WEB ブラウザで下記の URL にアクセスすると、メニューが表示

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

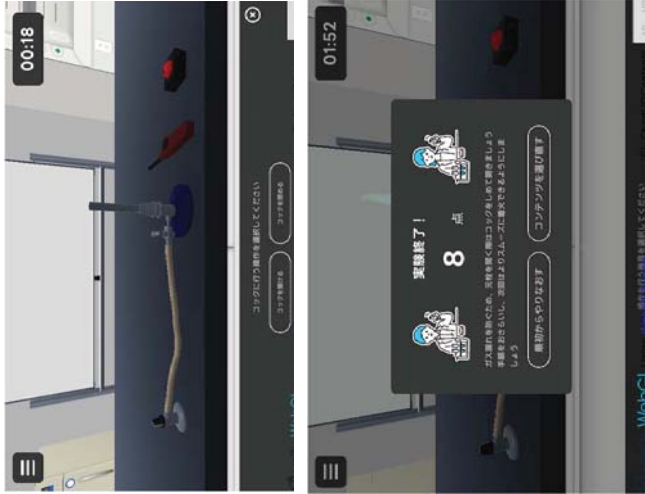
示され、4つのコンテンツを利用することができる。



定性分析実験 ショート VR コンテンツ : <https://uniac.com/src/>

ただし VR ゴーグルはコントローラーのトラッキングで実際に手を動かすように実験操作を行うことができたが、パソコンではキーボードやマウスという一般的な入力デバイスを使用する必要があり、それに合わせて操作方法を変更する形で、VR コンテンツタイプに準ずるインタラクティブ性を残したコンテンツとした。マウスで実験器具等を選択すると、選択肢が表示される。選択肢を選べば、それに従って実験器具等が動き、実験が進行していく。コンテンツ終了後に点数とフィードバックを表示する機能も同様で、実験終了時に点数と減点部分になったポイントに対してコメントが表示される。

定性分析 VR トレーニングコンテンツ (パソコンタイプ) のイメージ



定性分析 VR トレーニングコンテンツ (パソコン版)

デモ映像 : <https://youtube.be/6eG7BXnLT4>

(2) 360 度映像 (3DCG タイプ)

中和滴定 VR トレーニングコンテンツと同様に、VR 酔いなどの課題対策のためのマルチデバイス対応の方策として、定性分析 VR トレーニングコンテンツを基にした 3DCG の 360° 映像コンテンツも製作した。

本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提として、映像形式の e ラーニング学習に近いイメージで作成されている。内容構成は基本的に定性分析 VR トレーニングコンテンツ (VR ゴーグルタイプ) と同様で、4つのショート VR コンテンツの実験手順や実験機器操作などを確認できる 360 度映像を用意した。

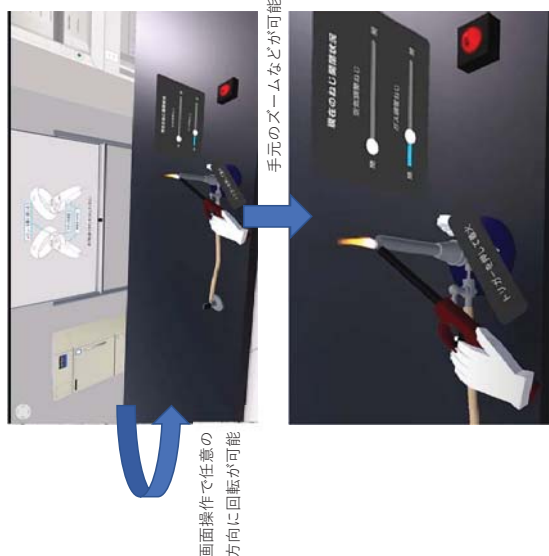
前述の 3DCGVR コンテンツとは異なり、3D オブジェクトの操作などを行うことはでき

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

ない。見回す・ズームするなどは可能だが、実験操作は自動で進行する。

VR 酔いなどの問題が起きた場合の改善策であると同時に、定性分析 VR トレーニングコンテンツ（ゴーグルタイプ）の正しい操作手順を確認することができるため、VR 学習のデモンストレーションやチュートリアルとしても活用できる想定である。

中和滴定 360 度映像（3DCG タイプ）のイメージ



- 【360 度動画】ショート VR コンテンツ ガスバーナー：<https://youtu.be/NQqQA4xhIHl>
 【360 度動画】ショート VR コンテンツ 水浴：<https://youtu.be/dcnW5IHNeAM>
 【360 度動画】ショート VR コンテンツ ろ過：<https://youtu.be/0wiOm4svpli>
 【360 度動画】ショート VR コンテンツ 乾固：<https://youtu.be/nqnj3lvRxTU>

(3) e ラーニング

本遠隔教育モデルでは、前述の通り、まず実験に関する知識学習を e ラーニングにて実施する想定で、受講者は講義映像教材を視聴しながら自主学習を行う実施形態を検討した。

36

定性分析実験の解説コンテンツとしては、「安全教育と水の取り扱い」「使用器具」「実験操作」の学習内容を解説する映像教材を開発した。

こうした本校の映像教材は、中和滴定実験の講義映像などをはじめ従来はパワーポイントスライドなどを電子黒板で講師が解説する様子を収録した講義映像を採用していた。定性分析実験のコンテンツでは、国家資格である分析技能士 3 級の試験科目として幅広く展開できる可能性も高いことから、専門学校生に留まらず、高校生や社会人など幅広い学習者を対象に想定して、より化学実験への関心を持ちやすく、継続利用しやすいコンテンツを検討した。

その方法の一つとして、アバターを活用した講義映像を採用した。講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。このコンテンツでは本校の教員がキャラクターアバターを使用しつつ、パワーポイントスライドを解説する形で進行する。VTuber などの形で社会的にキャラクターアバターの浸透が進んでいる状況を背景として、教育に積極的に取り入れることで学習の敷居を下げ、視聴しやすさや馴染みやすさなどを向上させる効果を期待する試みである。

アバターを活用した講義映像のイメージ



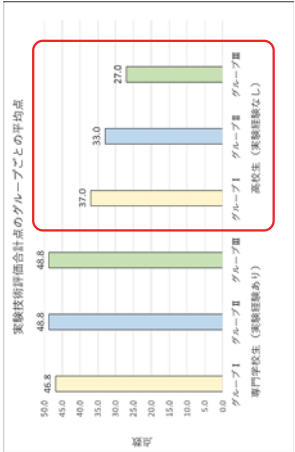
また定性分析実験に関する知識等の理解度を測定するため、評価試験を実施する想定で、確認問題（CBT）も用意した。「安全教育と水の取り扱い」「使用器具」「実験操作」の学習内容に相当する学習内容から、実験手順の確認や確認反応の確認、安全な実験操作の確認などに関して、事前学習終了後（実験前）と実験終了後に実施する 2 種類の問題群、計 31 問を作成した。これらの問題は、e ラーニングプラットフォーム上において CBT（Computer Based Testing）形式により実施することを想定している。

評価試験問題は基本的に正誤判定形式（一部多肢選択式）で、次の 4 項目で構成される。

37

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

まず実験実習の評価結果のうち、定性分析実験の評価項目10項目の合計点の平均をグループ間で比較すると、高校生（実験経験なし）の結果に顕著な差異を確認することができた。VR コンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行ったグループⅠが最も点数が高く、VR コンテンツ（PC版）で事前学習を行ったグループⅡが続き、いずれも事前学習なしのグループⅢの成績を上回る結果となった。



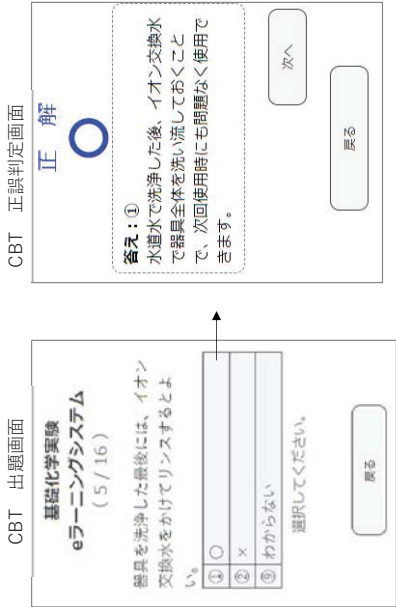
- ・グループⅠ：eラーニングとVRコンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：eラーニングとVRコンテンツ（PC版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

評価項目の中でも特に「実験操作手順の理解」でその差が顕著に確認できる。高校生（実験経験なし）について、グループⅠの理解度が高く、グループⅡはそれに準ずる結果となった。



- ① 問題文 (50 字程度)
- ② 選択肢 (3 つの選択肢「O」「×」「わからない」)
- ③ 解答 (正解の選択肢 1 つ)
- ④ 解説 (50 字～100 字程度)

確認問題 (CBT) のイメージ



第3項 実証結果

令和5年度には、これらの「定性分析実験」を題材とするコンテンツ群を活用した遠隔教育モデルについて、その有効性や妥当性を検証することを目的として、①定性分析実験の学習経験のある専門高校生、②定性分析の学習経験のない高校生、計24名を対象に講座を実施した。実施にあたり、受講者を下表の3つのグループに分けて検証を実施した。ただし実験実習終了後、すべての受講者がVRコンテンツを体験できる機会を設けた。

Ⅰ群 ①4名、②4名	eラーニング、VRコンテンツ（ゴーグル版）で事前学習を行う群
Ⅱ群 ①4名、②4名	eラーニング、VRコンテンツ（PC版）で事前学習を行う群
Ⅲ群 ①4名、②4名	前期に実施した定性分析実験の実験テキストなどを使って学習する群

の結果と比較すると、継続的に運用すれば学生がVR機器に慣れていくということを踏まえれば、今年度の結果からは概ね操作難度の問題は解消されたと考ええる。

またVR酔いの問題に関しては、体験時間を大幅に削減して長くて3分程で1コンテンツを完了するようにしたこと、運用時に適宜休息を入れるように指導したことで、今年度は全体のうち2.3名が軽い酔いの症状を訴える程度に留まった。令和4年度の実証講座では半数以上がVR酔いを感じたとフィードバックしていたことを踏まえれば、対策は十分に効果を発揮したと考ええる。

- ・グループⅠ：eラーニングとVRコンテンツ（ゴーグル版）で事前学習
- ・グループⅡ：eラーニングとVRコンテンツ（PC版）で事前学習
- ・グループⅢ：事前学習なし

上記の結果から、特に実験操作手順の学習などにおいて、本事業で開発したVRトレーニングコンテンツやeラーニングコンテンツなどの有効性を確認することができた。またその中でも、VRゴーグルを使用したVRトレーニングコンテンツが特に有効性が高い事が見て取れる。またその従たるコンテンツであるパソコン版でも、一定の学習理解を促進する効果を期待できることを確認できた。

講座終了後に実施したアンケート調査では、VRトレーニング（ゴーグル版）によって、実験の流れについて理解が深まったかという質問に対し、「とても理解が深まった」「まあまあ理解が深まった」という回答が9割であった。VRトレーニング（PC版）に対しても、ほぼ全員が「とても理解が深まった」「まあまあ理解が深まった」と回答した。またゴーグル版・PC版共に、学習内容に満足できたかという質問には、ほぼ全員が「とても満足できた」「まあまあ満足できた」と回答している。これらの受講者アンケート調査結果からも、定性分析VRトレーニングコンテンツの有効性を確認できた。

講義映像については、グループⅡが視聴してアンケートに回答した。その集計結果を見ると、学習内容を理解できたかという質問には、「よく理解できた」「まあまあ理解できた」が8割、学習内容に満足できたかという質問には、「とても満足できた」「まあまあ満足できた」が9割という結果になった。また実験実習が終了した後に実施したアンケートでは、eラーニングの学習は役立ったかという質問に対し、9割が「大いに役立った」「まあまあ役立った」と回答している。また今回の講義映像ではアバターを活用したものを採用したが、チャクターアバターが講義するコンテンツは細しみやすく感じたかという質問には、「そう思う」「ややそう思う」という回答が7割だった。これらの結果から、定性分析eラーニングコンテンツも一定以上の教育効果を期待できると考えられる。

またVRトレーニングコンテンツについては、令和4年度の中和測定実験のコンテンツ群を活用した実証講座で操作方法の難易度やVR酔いに関する問題が指摘されていた。

VRトレーニングの操作方法については今年度、VR機器の基本的な操作方法を短時間で学習できるチュートリアルコンテンツを開発したほか、体験時間を短縮するためにコンテンツの内容を絞り込んだことで操作の難度を下げることができた。VR機器に触れた経験のある学生がほぼいなかったため、実証講座の際にはやはり機器操作に苦勞する声も聞かれたが、アンケート調査結果では3割ほどが「特に問題なかった」と回答し、「すこし難しかった」は6割ほどで、「とても難しかった」という回答は1割ほどであった。昨年度

険を避けることができ、安全な環境で学習を進めることができる。これにより、実験中の誤りや事故のリスクを減らしながら、実験操作の正確性を向上させることが可能である。

第2節 開発・運用に係る課題

前述のような効果が期待できる一方、開発・運用に関して以下のような課題がある。

(1) 高額な初期投資や開発コスト

VR学習環境の構築には、専用のハードウェア購入、ソフトウェア開発、教育コンテンツの制作など、大規模な初期投資が必要である。特に、よりリアルな体験を提供するための高品質な3Dモデリングや、インタラクティブ性の高いコンテンツ、多様な端末への対応など、より高い学習効果や運用のしやすさを求める場合、専門的な技術力と大きな開発コストが必要となる。コストを抑えるために、他の教育機関や企業との共同開発や資源の共有を進めることで、開発費用を分散させるなどの工夫が求められる。

(2) 利用者の身体的負担

VR技術を用いた学習は、長時間の使用による身体的な負担が問題となることがある。特に、VRゴーグルの装着は、眼精疲労や酔い感、首や肩への負担を引き起こす可能性があり、これは一部の学習者にとって利用の障壁となる。実際、本校の実証講座でも、体験した教員・学生からVR酔いの問題を指摘する意見が寄せられている。学習者の健康を守るために、学習時間を適切に管理し、長時間の利用を避け、休憩を取り入れるなどの運用上の工夫が求められる。非VR要素を組み合わせたハイブリッド型の運用が必要である。ただしこれについては、身体的負担を軽減するVRデバイスなどの開発・普及によって改善される可能性がある。

(3) 運用のために教員に求められる技術

VR学習環境を運用するためには、教員にVR学習環境の運用に係る技術的なスキルが不可欠である。具体的には、VRソフトウェアの操作、トラブルシューティング、学習コンテンツの操作方法指導など、従来の教育方法とは異なる技術的知識が必要となる。このため、教員の研修や技術サポート体制の整備が不可欠である。

(4) テクノロジーの進展

VR技術は現在、発展途上であり急速な進化が続いている。更なる学習効果向上が期待できる一方で、教育機関で最新技術を開発・導入したとしても、すぐに陳腐化するリスクを伴う。例えばVRゴーグルについては毎年のように新しい端末が登場しており、初期投資として端末を購入するにはリスクがある。技術の更新には継続的な投資が必要であり、そ

43

第4章 VR学習に期待される効果と課題

第1節 期待される効果

本校が検討したVR技術を活用した遠隔教育モデルを実証研究する過程で、VR技術を活用した実験学習では以下のような効果を期待できることが明らかになった。

(1) 実践的な経験の提供

VR学習は、化学実験などの実践的な学習において、実際の実験室環境を模倣したバーチャル空間を提供することにより、学生が実験器具の扱いや実験プロセスを、高い臨場感を持って体験することができる。これにより、学生は実際の実験を行う前に、必要な技術や手順を習得し、自信を持って実験に臨むことができる。実際、本校の実証講座では、VRゴーグルを活用したVR学習を行った学生は、他の学習手法を採用した学生と比べて高い水準で実験プロセスや実験器具の扱いについて理解していたことを確認できている。

(2) 柔軟な学習環境

VR学習は端末などの環境さえ整えることができれば、時間や場所の制約を受けずに利用することができる。従来、実験室での実験実習は、限られた時間の中でしか体験することができなかった。またコロナ禍などで実験室の利用にさらに制約が発生した場合、十分に実験実習を行うことが困難であった。VR学習のこの特性を踏まえれば、学生は自身のスケジュールに合わせて、時間や場所に縛られることなく、実験実習に係る学習を進めることができる。この柔軟性は、特に遠隔教育や自己学習を行う学生にとって重要性が高い。

(3) 学習進行の柔軟性

従来型の集合学習での実験指導では、進行の足並みをそろえる必要があり、また教員の指導も多数数を対象とするため充分に行き届かない場合もある。一方、VR学習は各学生が任意に利用することができるため、個々の学習進度や理解度に合わせて学習を進めることができる。これにより、学生は自分のペースで学び、必要に応じて特定の学習項目を繰り返し学習することも可能である。この点においては、従来の実験指導をも勝る学習効果を期待できると考える。

(4) リスクの軽減

化学実験には危険な薬液や熱湯、火などを使用する場面があり、しばしば危険が伴うため、十分な安全指導が必要不可欠である。VR環境でのトレーニングではこれらの身体的危

42

の負担が大きき課題となることは否めない。特定の端末に異存しないコンテンツなど、開発時点からリスクを踏まえた工夫が求められる。

第5章 VR 学習の効果向上に資する先端技術

第1節 概要

現時点では VR ゴーグルは主に視覚に働きかけることで没入感を演出しており、他の五感（聴覚、触覚、味覚、嗅覚）の再現性は充分ではない。したがって、実験実習などの技術指導において VR 技術を活用する場合、例えば手触りやにおいなどの必要な情報を得られないという課題がある。

しかし VR 技術は現在、技術進歩の途上にあり、様々な拡張技術が研究・開発されている。視覚の再現性を向上させることはもちろんのこと、他の五感に働きかける新技術が続々と登場している。これらの技術が実用レベルに達して一般化されれば、実験実習などの技術指導においてさらに VR 学習の効果向上を期待することができる。

本章では、現在研究されている他の五感に働きかける先端技術の概要と活用事例を取り上げ、化学実験指導での活用可能性を考察する。具体的に取り上げる技術は以下の通りである。

- ・ 視覚：フォトグラメトリ
- ・ 視覚：Neural Radiance Fields (NeRF)
- ・ 視覚：Faceteq
- ・ 聴覚：バイノーラルオーディオ
- ・ 触覚：ハプティクス
- ・ 味覚：電気味覚
- ・ 嗅覚：嗅覚ディスプレイ
- ・ 嗅覚：ニオイセンサー

第2節 技術事例

第1項 フォトグラメトリ

(5) フォトグラメトリの技術概要

写真から高精度な 3DCG を生成する技術のこと。起源は 19 世紀半ばに廻り、地形調査や測量、建築など多岐にわたる分野で活用されてきた。高性能なデジタルカメラ、処理能力の高いパソコン、専用のソフトウェアが必要である。デジタルデバイスの性能向上により、スマートフォンカメラ、ノートパソコンを活用したアプリケーション内でも体験可能になってきた。

(6) 特徴

ザラザラした質感や模様のある対象に向いており、ツルツルした陶器やプラスチック、透明な素材などには不向きである。対象物のすべての面が写真に映るように撮影することが重要で、反射や照明による色飛びに注意する必要がある。撮影後は、専用ソフトウェアで 3DCG モデルに生成し、最終的にはテクスチャや質感の修正（レタッチ）を行う。

(7) メリット・デメリット

撮影した写真から合成を行うため、テクスチャや模様をリアルに表現しやすい点がメリットである。3D スキャナを購入するよりも安価に済むことが多い。デメリットとしては、撮影の手間や、実物がないと 3DCG データの制作ができない点である。存在しないものやフォトグラメトリに不得意なモデルは活用が困難とされる。

(8) フォトグラメトリの具体的な活用事例

フォトグラメトリにおける具体的な活用事例として、「首里城復元プロジェクト」と「生物の標本作成」を挙げる。

事例1 OUR Shurijo みんなの首里城デジタル復元プロジェクト

https://begin3d.com/jp_uc_shurijo

2019 年 10 月 31 日の火災によって失われた首里城（沖縄県）を、フォトグラメトリの技術を駆使して復元する取り組みである。首里城の焼失によって失われた歴史的価値を、バーチャルな形で体験できるようにすることで、観光資源としての価値を維持し、文化遺産の重要性を伝えている。Structure from Motion (SfM) という技術を用いて、世界中から寄せられた首里城の写真やビデオを基に 3D モデルを作成した。以下の画像は、フォトグラメトリにより再現された首里城の 3DCG である。焼失後に作られたデータにもかかわらず、外観が高い精度で再現できていることが分かる。

フォトグラメトリで再現された焼失前の首里城



出典：https://begin3d.com/jp_uc_shurijo

事例 2 生物の情報を保存するための原本制作

https://hotozero.com/knowledge/kyushu-univ_bio-photogrammetry/

九州大学の鹿野雄一教授らによって開発されたバイオフィォトグラメトリ技術は、生物の姿形を 3D デジタルデータとして保存する手法である。乾燥、液浸、樹脂封入、プラスチックネーションといった従来の技術に代わるものとして注目されている。標本の経年劣化や変色、害虫やカビからの保蔵などの問題を解決し、生物学における情報保存の方法に寄与するものとして期待される。下図は、フォトグラメトリにより再現されたオイカワの 3DCG である。形状が精巧に再現されており、色の鮮やかさも反映されている。

フォトグラメトリで再現された捕獲直後のオイカワ



出典：https://hotozero.com/knowledge/kyushu-univ_bio-photogrammetry/

(9) 化学実験 VR での活用可能性

化学実験の環境（部屋、実験台、器具など）を、バーチャル内に高い精度で再現できれば、学生の実験イメージ向上に役立つものとなり得る。爆発、火災、化学物質の漏洩などの危険に対し、実験環境に近づけた VR を繰り返し活用することで、より安全な手順を身に付けやすくなると想定される。

また、教科書など紙の資料でしか学べない化学実験を VR 内で再現できれば、学生の学習理解をサポートする装置になり得る。歴史的な化学実験に関する教科書、文献、写真、絵画などの史料にフォトグラメトリの技術を活用する。ここに歴史的背景、実験の科学的重要性、実験手順などの教育コンテンツを VR 環境に組み込むことで、実験背景や意義について学ぶことができると考えられる。

(10) 参考 URL

デジタルハリウッド / フォトグラメトリとは？必要な機材や撮影方法は？メリット・

デメリットも解説

https://school.dhw.co.jp/course/3dcg/contents/w_photogrammetry.html

株式会社エーリンクサービス / フォトグラメトリとは？必要な機材やソフト、メリット・

デメリットまで詳しく解説

<https://www.mogadigi.jp/column/column002.html>

株式会社リブプロネクス / フォトグラメトリとは？わかりやすく解説【3D スキャンとの違いも】

<https://metaverse-tips.jp/column/trend/whats-photogrammetry/>

日本写真印刷コミュニケーションズ株式会社 / 「フォトグラメトリ」とはどのようなもの？

https://www.nissha-comms.co.jp/column/arv3d/what_is_Photogrammetry.html

第 2 項 Neural Radiance Fields (NeRF)

(1) NeRF の技術概要

複数の写真から、視点の異なる新しい画像を生成する技術のこと。2020 年にアメリカのカリフォルニア大学の研究チームが開発したデータ分析手法の 1 つである。映像制作、3D モデリング、VR などの分野で応用が期待されている。スマートフォンのアプリケーションなどを通じて、一般ユーザーも手軽に体験できる。

(2) 特徴

複数の視点から撮影された画像とカメラの位置情報を活用し、深層学習を通じて、対象物の 3 次元形状をコンピュータの中で再現する。透明や反射、屈折など、従来の 3D モ

デリリング技術では難しかった現象も再現でき、視点を移動させることも可能である。

(3) メリット・デメリット

高い精度で複雑な 3D シーンの再現、新しい視点からの画像生成、多様な分野への応用可能性がメリットである。一方、動的なシーンへの対応、学習と処理にかかる時間、生成された 3D シーンの編集に課題がある。

(4) フォトグラメトリの具体的な活用事例

フォトグラメトリにおける具体的な活用事例として、「TVCM（テレビコマーシャル）」を挙げる。

事例 TVCM（米国マクドナルド社）

<https://cgworld.jp/flashnews/lumaai-202301.html>

2023 年 1 月に、世界初となる NeRF 技術を活用したテレビコマーシャルとして放映された。デジタルアーティスト、Karen X. Cheng 氏によって制作され、彼女自身が幼少期に家族とマクドナルドで過ごした思い出と、現代にタイムスリップした様子が表現されている。NeRF による自由視点のダイナミックなカメラワークから、「ポテトの箱」に吸い込まれるような形で、過去と現在のシーンがスムーズに結びつけられている。

座席の真上視点から再現された食事風景



出典：<https://cgworld.jp/flashnews/lumaai-202301.html>

画面中央のポテトの箱に吸い込まれるシーン



出典：<https://cgworld.jp/flashnews/lumaai-202301.html>

ポテトの箱から現代にタイムスリップしたシーン



出典：<https://cgworld.jp/flashnews/lumaai-202301.html>

(5) 化学実験 VR での活用可能性

自由視点で確認できる高精度な実験環境を再現できれば、各々の役割と危険予知を深めることにつながる。たとえば、1 人が実験器具を操作している間、もう 1 人が測定や記録を行う場合、それぞれの立場（＝視点）から必要な機器の取り扱いや注意点を、従来よりも実際に近いイメージとして把握することができる。

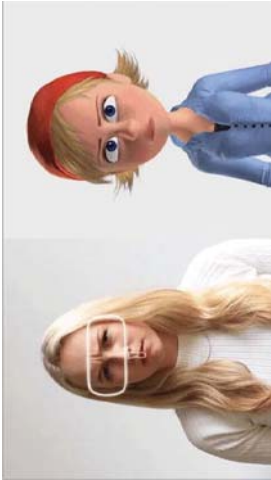
また、精密に再現された実験環境を異なる視点で観察できれば、事故の予防や緊急時の対処方法を、よりリアルにイメージして学ぶことができる。化学物質がこぼれた場合の対応や、火災が発生した際の避難経路の確認などが挙げられる。

(6) 参考 URL

株式会社アイビス / 複数の視点の画像から新しい視点の画像を生成する技術「NeRF」とその学習速度を大幅に改善した研究の紹介

き（＝表情）を感じ、VR内のアバターに反映できる。下図は、実際の人間とアバターの表情を、リアルタイムで比較した映像の一部である。ネガティブ、ポジティブな様子がしっかりと再現できており、とりわけ眉、目、口の繊細な表現まで落とし込んでいる印象を受ける。

ネガティブな表情をリアルタイムで再現



出典：<https://www.moguravr.com/faceteq-vr/>

ポジティブな表情をリアルタイムで再現



出典：<https://www.moguravr.com/faceteq-vr/>

(5) 化学実験 VR での活用可能性
表情の変化を捉えることで、より効果的な学習環境を構築できる可能性がある。座学と比較して化学実験は、非日常的に近い学習環境だと想定される。興味・好奇心を示す表情や、困惑・思考を巡らせるような表情は、教育者にとって学生の理解度を把握する貴重な手がかりとなり得る。さらに興奮・喜びの表情は、学生がそのトピックに深い関心を持っている

<https://www.ibis.ne.jp/blog/20221117-nerf/>
AI-SCHOLAR / GAN とどう違う？君は画像生成モデル NeRF を知っているか。
<https://ai-scholar.tech/articles/nerf/nerf>
知財図鑑 / 視点を自由自在に動かせる画像の生成技術
<https://chizaizukan.com/property/215/>
株式会社 OnePlanet / NeRF とは？従来の技術との違いとユースケース、これからの課題について
<https://1planet.co.jp/tech-blog/18mzli/>

第 3 項 Faceteq（フェイステック）

(1) Faceteq の技術概要

ユーザーの表情を、自然かつ正確に VR 環境内で再現できる技術のこと。英国の VR スタートアップ「Emteq（エムテック）」によって開発された、表情を追跡できる機能の 1 つ。生体センサーを使用して顔の筋肉運動を追跡し、VR 内のアバターの表情にリアルタイムで反映できる。医療、広告、エンターテインメントなど、多岐にわたる分野への応用が期待される。

(2) 特徴

筋電図（＝筋肉の活動を測定する技術）と、電気眼球図記録（＝眼球の動きを測定する技術）など、顔の筋肉運動を正確に追跡する生体センサーを使用する。VR ヘッドセットで隠れる部分の筋肉運動も感知可能で、従来のカメラベースのトラッキングシステムに比べて広範囲の表情データを捉えられる。

(3) メリット・デメリット

VR 内における現実に近い感覚の共有、多様な産業への応用可能性の拡大などがある。一方、高度な技術導入に伴うコスト増大、特定のヘッドセットやシステムへの依存度の高さが課題である。

(4) Faceteq の具体的な活用事例

Faceteq の具体的な活用事例として、「アバターへの表情再現」を挙げる。

事例 アバターに顔の表情を再現

<https://www.moguravr.com/faceteq-vr/>
VR ヘッドマウントディスプレイ（VRHMD）のフェイスブレードを通じて、顔の筋肉の動

<https://corp.linkers.net/blog/openwithlinkers/6031/?pa=4/#title6>

VisSonics 社は、モバイルアプリケーションを通じてユーザーの頭部伝達関数と聴カレベルを測定し、それに合わせた音声信号の変換を行う技術を開発した。ユーザーに最適化された音響体験を提供し、自分の聴力に合わせて調整された、よりリアルで没入感のあるオーディオ体験を楽しむことができる。下図は、同社が開発した製品 (RealSpace) のはたらきをイメージ化した画像である。周囲の状況・音環境を、製品をとして再現する流れと、聞こえの様子がイメージできる。



出典：<https://x.gd/q3gOu>

周囲の音を聞いた時のイメージ図



(5) 化学実験 VR での活用可能性

VR 実験の音響体験向上につながると思われる。装置の動作音、液体がピーカーに注がれる音、ガラス器具が触れ合う音、反応で発生する音など、実験の各プロセスにおけるリ

ることを示唆している可能性がある。こうした表情の変化を読み取り、データとして蓄積することで、より良い学習過程の考案に有用な役割を果たすことが期待される。

(6) 参考 URL

BRIDGE / ヘッドセット内蔵センサーが微細な表情の変化を探知、VR の世界にリアルタイムな感情をもたらす「Faceteq」
<https://thebridge.jp/2016/09/faceteq-brings-true-emotions-to-vr-pickupnews>
MIT Technology Review / 心拍数高いよ！ビビってる？次世代 VR ゴーグルで感情検出
<https://ai-scholar.tech/articles/nerf/nerf>

第 4 項 バイノーラルオーディオ

(1) バイノーラルオーディオの技術概要

自然な音の響きを再現する技術のこと。リアルタイムで音源の位置や距離を再現し、まるで両耳へと音が入ってくるような、より自然で立体的な聴覚体験を実現する。ヘッドフォンやイヤフォンを使用する際にその真価を発揮し、映画、音楽、ゲーム、VR など幅広い分野でのアプリケーションにおいて、没入感と臨場感を高めるために用いられる。

(2) 特徴

「頭部伝達関数」(=頭の周辺で変化する音の圧力を数値化したもの) を使用し、実際に人間が耳で聞く際の音の伝わり方を再現する。録音時に、頭の形を模擬したマイクロフォンを使用することで、頭部や耳の形状による音波の反射や吸収を考慮した音の収集が可能になる。

(3) メリット・デメリット

高い音響効果により、VR やゲーム、映画、音楽などの分野で臨場感・没入感が向上する。一方、ヘッドフォンやイヤフォンの使用が必要であり、スピーカー再生では効果が薄れる。ユーザーの耳の形状や聴覚特性により体験に差が出るため、一律の聴覚体験を提供することが難しい。

(4) バイノーラルオーディオの具体的な活用事例

バイノーラルオーディオの具体的な活用事例として、「ユーザーに特化したサウンドの提供」を挙げる。

事例 ユーザーの聴力に最適化したサウンドの提供 (VisSonics 社)

アルな音を再現することで、VR体験の質を高めることが可能となる。
また、実験中に生じる危険な音を正確に再現できれば、起こりうる危険を事前にシミュレートし、学生が適切な対応方法を学ぶ教材として活用できる。

(6) 参考 URL

一般社団法人日本オーディオ協会 / 今すぐに楽しめるバイノーラル音楽作品と高音質バイノーラル技術「HPL」
https://www.jas-audio.or.jp/journal_contents/journal202111_post16230
ヤマハサウンドシステム株式会社 / バイノーラル使ってみた
<https://www.yamaha-ss.co.jp/tips/tips-27.html>
稲永潔文 (株式会社サザン音響) / 古くて新しいバイノーラルの魅力と 3D 再生
https://www.jas-audio.or.jp/journal-pdf/2012/05/201205_007-013.pdf
日経クロステック / 頭部伝達関数 (HRTF)
<https://x.gd/1TWAQ>

第 5 項 ハプティクス

(1) ハプティクスの技術概要

実際に触れている感覚を再現する技術のこと。力、振動、熱などを利用して、ユーザーの皮膚感覚に作用し、よりリアルで没入感のある体験を実現する。ゲーム機のコントローラー、映画館、スマートフォン、建設機械、整備現場などに応用されている。また、モビリティ、産業機器、医療、エンタメ分野にも広がりを見せている。

(2) 特徴

物理的な力や圧力の模倣で物の抵抗・重みを感じること、振動で触感・衝撃を伝えること、温度の再現から温かい・冷たいことを感じさせることができる。

(3) メリット・デメリット

VRなどの体験でリアルな触感を得られ、学習やトレーニングの効果を高めることができる。また、視覚や聴覚に障害がある人への新たな感覚情報の受け取り方として、利用のしやすさを改善する。一方、技術の導入には高度な技術とコストが必要であり、システムが複雑化することもデメリットである。

(4) ハプティクスの具体的な活用事例

ハプティクスの具体的な活用方法として、3つの事例を挙げる。

事例 1 超音波で VR の触覚フィードバックを再現 (Emerge Wave-1)

<https://chizaizukan.com/property/664/>

Emerge Wave-1 (エマージウェーブワン) は、VR 中に存在するバーチャルオブジェクトを「超音波」で空中に再現し、素手で触れることができる装置である。物体に触れることなく形状や質感を感じることができるため、仮想空間内でのエンタメや医療分野での活用が期待される。下図は、卓上に設置された同装置の上部に、超音波による触覚フィールドが展開されたイメージ画像である。人間側に特別な装置を必要としない手軽さもうかがえる。

卓上に超音波で形を作るイメージ図



出典：<https://chizaizukan.com/property/664/>

事例 2 動きと感覚をデジタル化して体験を共有 (BodySharing)

<https://chizaizukan.com/property/410/>

BodySharing (ボディシェアリング) は、人間の動きや感覚をデジタル化し、遠隔地にいる人と共有するシステムである。バーチャルアバターやロボットなどを通じて、他の人の体験や感覚をリアルタイムで分かち合い、より深い相互理解や絆を築くことが可能になる。教育、医療、エンターテインメントなど多岐にわたる分野での応用が考えられる。下の図は、人間がペットロボットを持つ動作を、リアルタイムで真似るロボットの様子である。この挙動をデータ化して遠隔地と共有することができる。

やチュレットを使った微量の液体操作など、繊細な手作業の実習に活用することが可能となる。また、オンラインでも操作感覚を遠隔地と共有でき、初学者であっても安全な環境で実験技術を身につけることができると考えられる。

(6) 参考 URL

京セラジャパン / ハプティクス (Haptics) とは
<https://www.kyocera.co.jp/prdct/display/special/haptics/>
ビジネス+IT / ハプティクス (haptics) とは？ PS5 や iPhone にも使われている技術のクラウドリ
<https://www.sbbt.jp/article/cont1/62568>
日経クロステック / VR で動物に“触れる”技術が登場、触覚技術の発展が生活を豊かに
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/00138/021601224/?P=2>
MEITEC / 仮想現実で実物を触っているかのような触覚を実現するハプティクス・グローブ「Maestro EP」
https://engineer.fabcross.jp/archiver/230219_maestro-ep.html

第 6 項 電気味覚

(1) 電気味覚の技術概要

微弱な電流を使用して食品の味覚を強くさせる技術のこと。塩味、酸味、苦味などを対象としており、食品の味を強くするために特別に設計された箸やフォークなどの食器に採用されている。また、各味覚そのものを再現する方法も研究されており、味覚障害の検査に活用されている。

(2) 特徴

食品に含まれるナトリウムイオンなどの動きを制御し、舌の感じ方を変えることによって塩味を増強する作用と、電気刺激を直接舌の味細胞に与え、塩味に近い味を感じさせる作用の 2 つがある (下図参照)。減塩食品の味を改善するために有用であり、健康的で満足感のある食生活を支援する目的で開発されている。

57

人の動きをリアルタイムで真似るロボットの様子



出典：<https://chizaizukan.com/property/410/>

事例 3 音を身体で感じるユーザーインタフェース (Ontenna)

<https://chizaizukan.com/property/494/>

Ontenna (オンテナ) は、聴覚障害者が音を「身体で感じる」ことを可能にする機器である。音の強さやリズムを振動・光に変換し、周囲の音の情報を感知取れるようにする。スポーツ観戦やライブ鑑賞の音体験を可能にし、シーンごとの臨場感を感じるなどの効果が期待される。聴覚障害者がより豊かな社会参加を実現する手段となり得る。下図は、同機器がメトロノームの音に合わせて発光・振動する様子を切り取ったものである。メトロノームが音を出す (= 中心を通る) 瞬間、機器も青く光る様子がうかがえる。

メトロノームの音が光と振動に変わる様子



出典：<https://chizaizukan.com/property/494/>

(5) 化学実験 VR での活用可能性

触覚再現の精度が高まれば、ピッカーやフラスコの取り扱い、液体の注ぎ方、ビベットの

56

(5) 化学実験 VR での活用可能性

味覚再現の精度が高まれば、化学反応や実験の結果を感覚的に学ぶことができると考えられる。たとえば、酢酸（酸味）と水酸化ナトリウム（塩基性・苦味）の中和反応を VR で体験し、反応前後の味の変化を通じて、化学反応の結果をより深く印象づけることによって、糖のカラメル化反応やタンパク質のメイラー反応など、食品の風味を形成する化学プロセスを実際に「味わう」ことも可能になり、より高い学習効果につながる可能性がある。

(6) 参考 URL

サイエンスポータル/電気刺激で味覚を変える実験の日本人研究者2人にイグ・ノーベル賞
https://scienceportal.jst.go.jp/newsflash/20230928_n01/
 日経クロステック / キリンが減塩食をおいしくする「著」、電気味で塩味を1.5倍に
<https://tech.nikkei.com/atcl/mxt/column/18/02118/070800003/>
 法政大学・読売新聞オンライン / 電気味をコントロール？コンピュータによる味覚の
 伝達に向けて

<https://yab.yomiuri.co.jp/adv/hosei/research/vol39.php>

ITmediaNEWS / 味をデジタル化する「電気味覚」の可能性 (後編) 塩分制御システムや
ガム型デバイスなどの研究成果

<https://www.itmedia.co.jp/news/articles/2203/31/news068.html>

第7項 嗅覚ディスプレイ

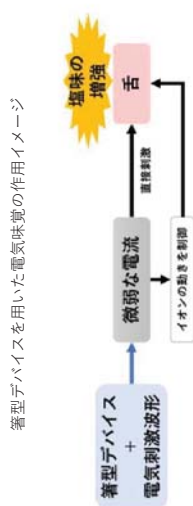
(1) 嗅覚ディスプレイの技術概要

香りを人工的に作り出し、人に伝える技術のこと。臭いの要素をデジタルデータに変え、離れた場所でも新しい香りを生み出すことができる。映画、VR、ゲームのシーンにあわせたい香りを再現することで、臨場感を高めることが期待される。また、テレビやネットの広告と関わるのある香りを再現し、商品、サービスをより印象深くすることなどに活用が見込まれる。

(2) 特徴

要素臭(＝さまざまな臭いの元となる要素)を用いて、質量分析器(＝モノの重さや構造を知るための装置)から得られた分析データに基づき作り出される。画面周辺に設置した機器から霧状に漂わせることで、生成した臭いを実験者が感じるができる。

59



出典：<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02118/070800003/>

(3) メリット・デメリット

減塩食品や味が薄い食品の味を改善し、食の満足度を高めることができる。また、健康上の理由で塩分摂取を制限している人々にとって、味覚の質を維持しつつ健康的な食生活上で電氣刺激による味覚の変化が個人差を持ち、すべての人に電氣刺激を促進する手段とならない可能性がある。電氣刺激に対する感受性や好みが異なるため、使用上により不快を感じる場合もある。

(4) 電気味覚の具体的な活用事例

電気味覚の具体的な活用事例として、「エレキソルト」の実験を挙げる。

事例 「エレキソルト」 デバイスを用いた実証実験

https://www.kirinholdings.com/jp/newsroom/release/2023/0515_02.html

ソフトバンク株式会社の社員食堂で実施された実験である。減塩されたスندップ、あかんべー炒飯、スープカレーなどのメニューが提供され、「エレクトロ」デバイスを使用して食事をしていた。結果、多くの社員が、塩味が増強されたことを感じ、食事の満足度が向上したと報告されている。下図は、エレクトロデバイスとして使用される碗とスプーンである。これを使用することで、減塩食品の塩味は約1.5倍に増強するという。

エレキソルト：梶およびスプーン



出典： https://www.kirinholdings.com/jp/newsroom/release/2023/0515_02.html

58

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

再現し、恐怖の演出を高めたシーンの宣伝画像である。臭いの効果で怖さがより際立つことは想像に難くない。

恐怖の演出を高めたホラーイベントの宣伝画像



出典: <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000092.000053064.html>

(5) 化学実験 VR での活用可能性

臭いの再現力を高めれば、危険な香りを安全に知ることができる。たとえば、硫化水素の「卵の腐ったような悪臭」を再現し、臭いを学習することで、薬品に対する危険性の理解を深めることができる。エステル合成においても、酢酸エチルの「りんごの香り」や、酢酸イソアミルの「バナナの香り」を嗅覚ディスプレイで再現し、安全な環境下で実験結果を印象づけながら学習することができる。これにより、実際の実験室にいるかのような臨場感を体験しながら、安全かつ効率的に学習できることが期待される。

(6) 参考 URL

東京工業大学 / 多成分調合型の嗅覚ディスプレイを用い、多様な香りを再現
<https://www.titech.ac.jp/news/2022/063555>

東京農工大学 / Olfactory Display 嗅覚ディスプレイ

<https://web.tuat.ac.jp/~h-ishida/projects/olfactorydisplay.html>

アロマの現場 / 記憶の中の「におい」が再現される未来の技術とは。

<https://www.aromakankyo.or.jp/aromanogenba/labo/nakamoto/>

ヘルシスト (275 号) / 難しいとされた再現に成功「匂い」は伝えられる!

<https://healthist.net/biology/2587/>

朝日新聞 / 硫化水素の発生実験で集団搬送相次ぐ 全国各地の中学 2 年生

<https://www.asahi.com/articles/ASR674STXR67UTL01Y.html>

61

(3) メリット・デメリット

リアルタイムで香りを生成できること、環境や体験に合わせて香りをカスタマイズできること、実際の物質を使用するよりも安全かつ経済的であることなどが挙げられる。一方、すべての匂いを完全に再現することは難しい。また、臭いの感覚は個人差が大きく、同じ香りを届けることが課題である。

(4) 嗅覚ディスプレイの具体的な活用事例

嗅覚ディスプレイの具体的な事例として、「デジタルサイネージ」と「イベント」への活用を挙げる。

事例1 香り + デジタルサイネージによる訴求の拡大

<https://yamato-signage.com/diffuser/>
広告などで用いられるデジタルサイネージに香りを組み合わせることで、より強い宣伝効果を生み出すことができる。飲食店や小売店でのプロモーションにおいて、視覚と聴覚に加えて嗅覚を刺激することで、消費者の購買意欲を高めることが可能である。下の図は、「焼肉を焼くシーン」が映し出されたモニタと、嗅覚ディスプレイの技術を用いた装置の画像である。視覚と聴覚の情報が加わることで、よりリアルな焼肉体験につながる。

焼肉シーンを映したモニタと臭い噴射装置



出典: <https://yamato-signage.com/diffuser/>

事例2 ホラーイベントにおける臨場感の醸成

<https://www.revorn.co.jp/case1>

自社の演出・脚本に「臭い」を加えることで、イベントの再現度を高めた事例である。特定の香りを導入することで、映像や音声だけでは伝えきれないリアリズムと緊張感を演出し、観客の没入感を高めることができる。下図は、ホラーイベントで「血のにおい」を

60

第8項 ニオイセンサー

(1) ニオイセンサーの技術概要

空気中の臭いの元を検知し、数値化する技術のこと。空気中のさまざまな成分を正確に検出し、具体的な臭いの強さ・種類を目で見て判断できる。たとえば、お酒を製造するときの発酵の臭い（＝やめどき）が数値でわかれば、勤に頼らず品質管理を行うことができる。また、臭いの可視化データがあれば、新しい香りを導入する際の「香りのイメージ共有」にも役立つことが期待される。

(2) 特徴

人間の鼻が臭いを感じる仕組みと似た構造をもつ。アルコール検知器のような「何が空気にあるか」を見つけるセンサーとは異なり、「どんな臭いを放っているのか」というパターンを判別することができる。

(3) メリット・デメリット

環境中の臭いを客観的かつ正確に測定できること、産業での品質管理や安全確保に役立つこと、消費者が商品の香りを視覚的に理解できるようになることが挙げられる。一方、環境条件によってセンサーの性能が変わること、導入やメンテナンスにコストがかかることが課題である。

(4) ニオイセンサーの具体的な活用事例

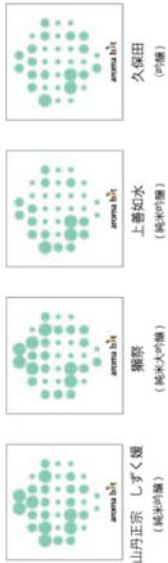
ニオイセンサーの具体的な事例として、「アロマビット」が開発したサービスを挙げる。

事例 日本酒やコーヒの香りを視覚で表現（アロマビット）

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000002.000025562.html>

アロマビットは、日本酒やコーヒのような香りの状態を、視覚で理解できるようにするサービスを展開している。「アロマコード」と呼ばれるラベルを日本酒に付与することで、香り可視化し、好み合った状態の日本酒を選ぶことが可能になる。下の図は、日本酒の香りを可視化した品種ごとのラベルである。それぞれ異なる模様が描かれており、消費者が一目で香りの違いを判別することに寄与できると考えられる。

日本酒ごとに異なった香りの可視化ラベル



出典：<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/0000000002.000025562.html>

(5) 化学実験 VR での活用可能性

さまざまな臭いの正確な可視化データができれば、化学反応から想定される臭いをデータ化し、視覚的に表示することができる。たとえば、化学物質が反応すると色や形が変わる「臭いマップ」を VR 空間に表示し、反応の特徴を視覚で捉えることができる。また、危険な臭いであった場合、色付けを行うことで、どのタイミングで危険な物質が生成されるかを事前に把握しやすくなると考えられる。

(6) 参考 URL

臭気判定士の激闘 / 臭気計測器・においセンサーの測定原理と仕組み

<https://www.karumoa.co.jp/column/smell/column-3581/>

Forbes JAPAN / 世界も認めるアロマビット、「ニオイの可視化」で何ができる？

<https://forbesjapan.com/articles/detail/42008>

新コスモス電機株式会社 / 嗅覚のメカニズム

https://www.new-cosmos.co.jp/product/smell/xp3293_mecha.html

(3) 遠隔教育モデルガイドライン

令和 5 年度 文部科学省 専修学校における先端技術利活用実証研究 専修学校遠隔教育導入モデル構築プロジェクト 化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業 発行元：学校法人重里学園 日本分析化学専門学校 発行日：令和 6 年 2 月	本ガイドラインは、文部科学省の教育政策推進事業委託費による委託事業として、学校法人重里学園日本分析化学専門学校が実施した令和 5 年度「専修学校における先端技術利活用実証研究」の成果物です。
---	--

**令和5年度 文部科学省 専修学校における先端技術利活用実証研究
専修学校遠隔教育導入モデル構築プロジェクト
化学分野等における先端技術を活用した実習科目の遠隔教育モデル構築事業**

発行元：学校法人重里学園 日本分析化学専門学校

発行日：令和6年2月

本報告書は、文部科学省の教育推進事業委託費による委託事業として、学校法人重里学園 日本分析化学専門学校が実施した令和5年度「専修学校における先端技術利活用実証研究」の成果をとりまとめたものです。