

### 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。

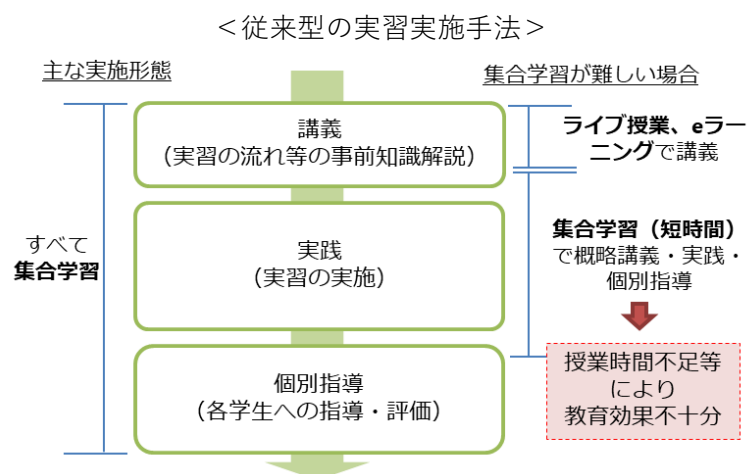
以下にそれぞれの活動について報告する。

#### 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。

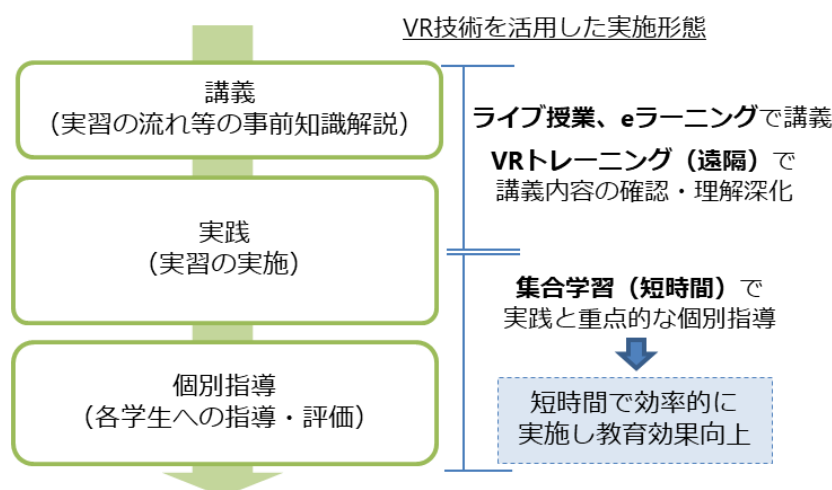
分野を問わず専門学校の実習科目の教育は、基本的に集合学習形態が常であり、長期に渡って繰り返し講義と実践・個別指導を行う中で、技術を習得させるのが一般的であった。昨今の社会情勢から集合学習が実施困難となり、その代替手段とされているのは、映像学習への転換、短時間・少数での集合学習、それらの組合せ等である。しかし遠隔教育段階での学習者の理解度不足、集合学習の短時間化などを要因として、必要十分な学習効果を得られるとは言えない状況にある。



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>



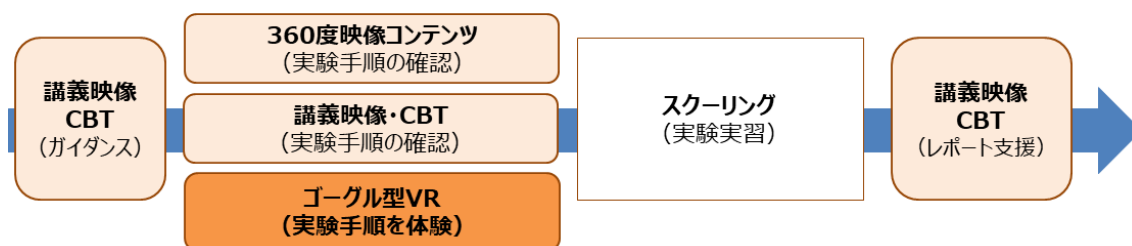
#### 3.1.2. 令和 4 年度の開発・実証結果に基づく課題の分析

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

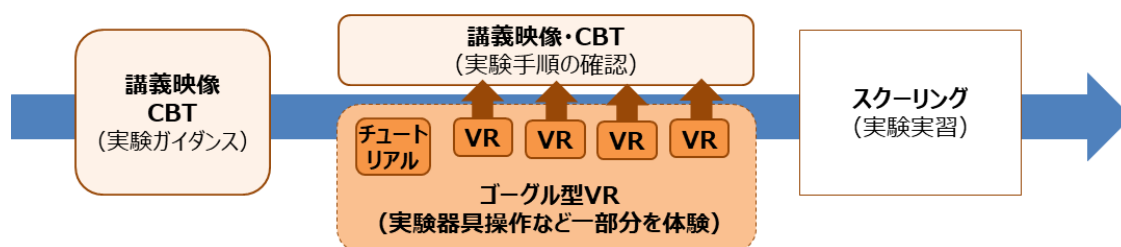
適用を中心的に検討することとした。

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

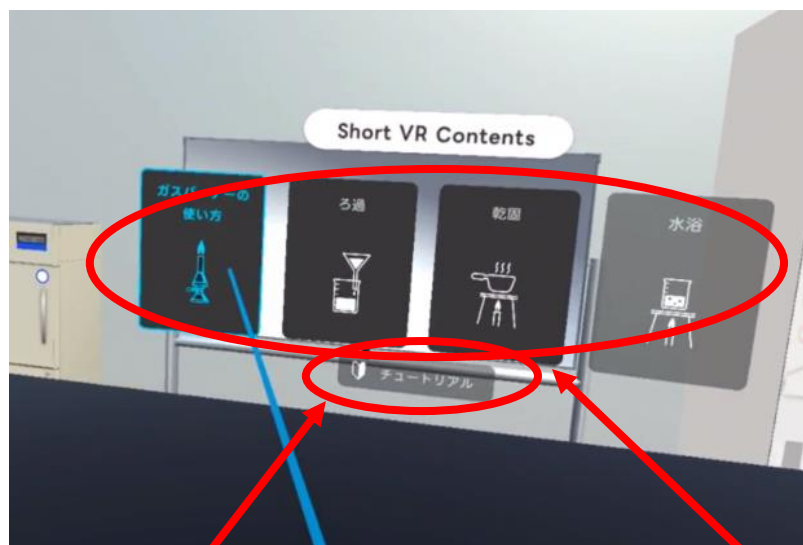
本コンテンツは、VR ゴーグル（Meta Quest2）での利用を前提とするが、アプリケーションをゴーグル端末にインストールする方式ではなく、WEB ブラウザを活用してアクセスする WEB アプリケーション形式を採用している。VR ゴーグルの WEB ブラウザで下記の



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

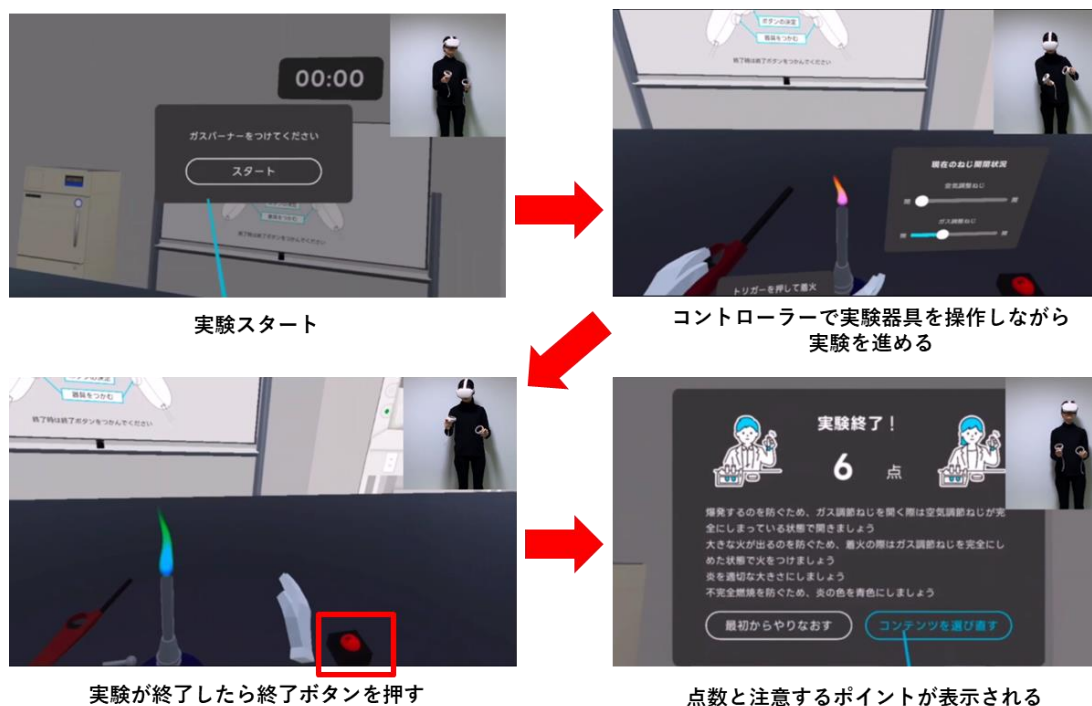


ケーションをダウンロードする必要がある。コンテンツの容量も大容量化しがちなため、比較的強固なインターネット回線が必須であることが懸案であることに留意したい。

### 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<br>1～3分→+2点<br>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<br>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

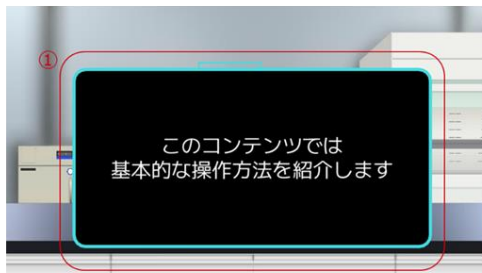


### 3.2.6. チュートリアルコンテンツ

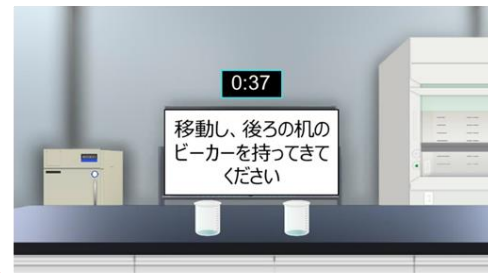
昨年度の実証講座から、学生や教員が VR ゴーグル・コントローラ自体の利用経験が少なく、コントローラでの操作に不慣れなことが利用時の負荷に繋がっていることが明らかになっていた。コンテンツを利用する講座や授業の事前に VR ゴーグルに触れて慣れおく時間を設けるのが一つの解決策ではあるが、限られた授業時間の中で VR 機器の慣れに大きく時間を割り当てるのは、現実的な運用として望ましいとは言えない。

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



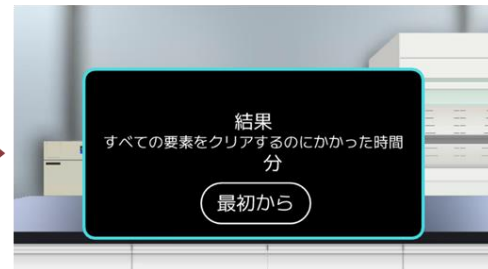
指示に従って器具を動かしながら基本操作を学ぶ①



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

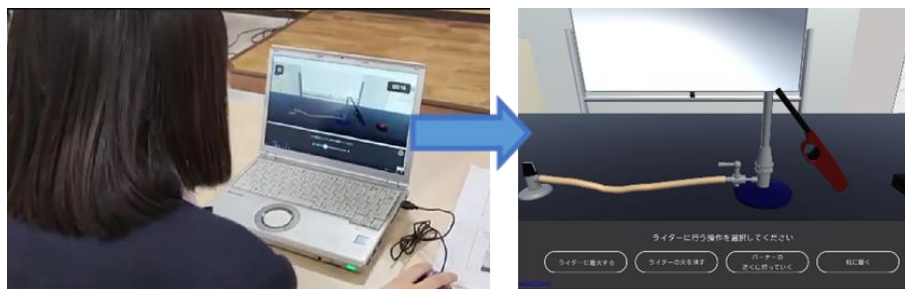


### 3.3. 定性分析 VR トレーニングコンテンツ（PC 版）

#### 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。

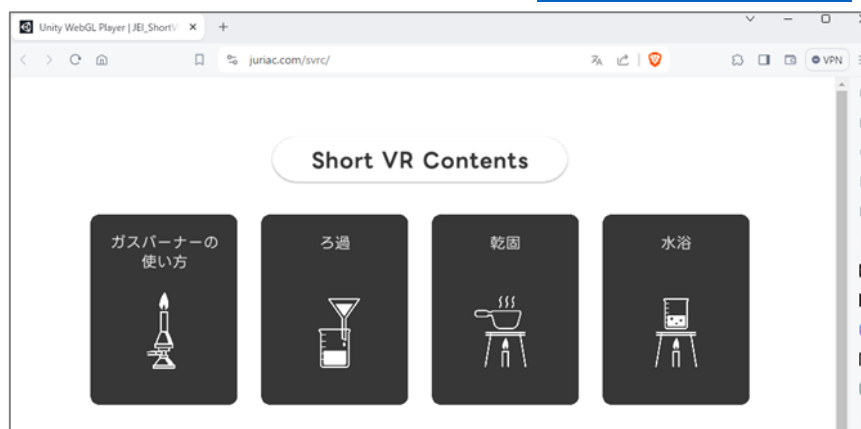


#### 3.3.2. コンテンツ構成

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。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。

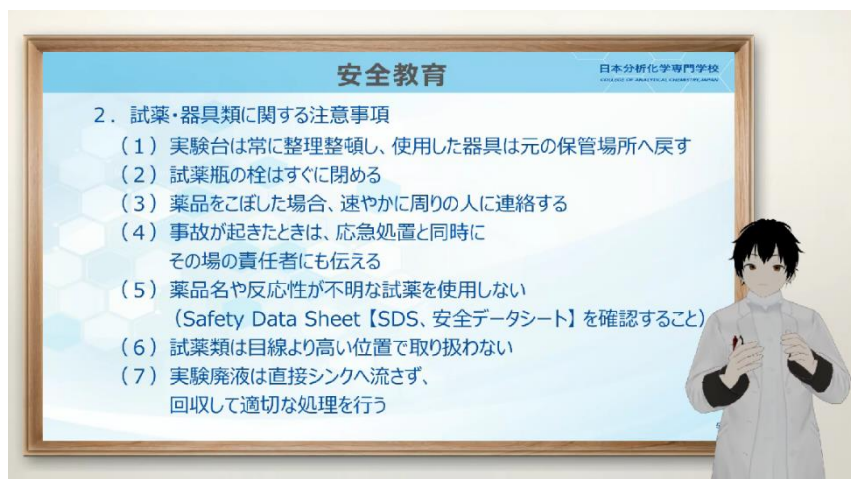
| No. | 標題          | 学習項目                                                        | 時間        |
|-----|-------------|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 1   | 安全教育と水の取り扱い | ① 実験室入室に関する注意事項<br>② 試薬・器具類に関する注意事項<br>③ 水の取り扱いについて         | 9 分 50 秒  |
| 2   | 使用器具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

### 3.4.3. コンテンツイメージ

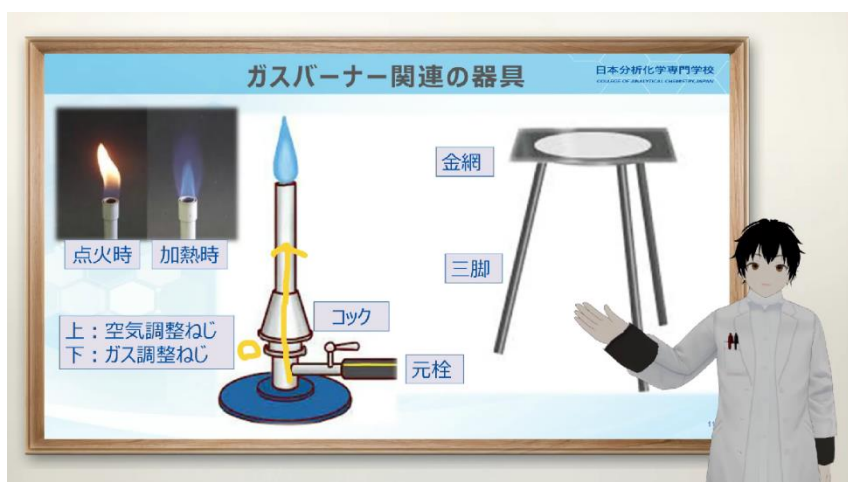
今年度はコンテンツの開発にあたって、専門学校生に留まらず、高校生や社会人など幅広い学習者を対象に想定して、より化学実験への関心を持ちやすく、継続利用しやすいコンテンツを検討することとした。その方法の一つとして、アバターを活用した講義映像を採用した。講義映像教材のイメージ画像を以下に掲載する。

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>

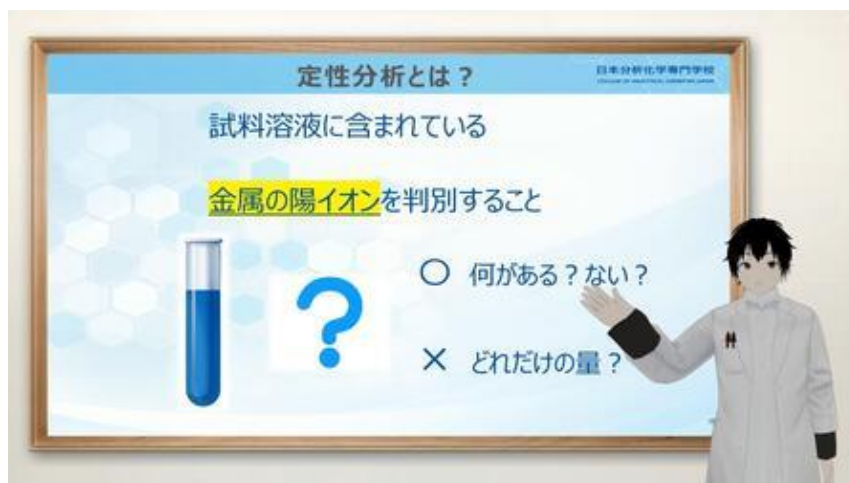


#### <使用器具>





### <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。

CBT 出題画面

CBT 正誤判定画面

### 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。

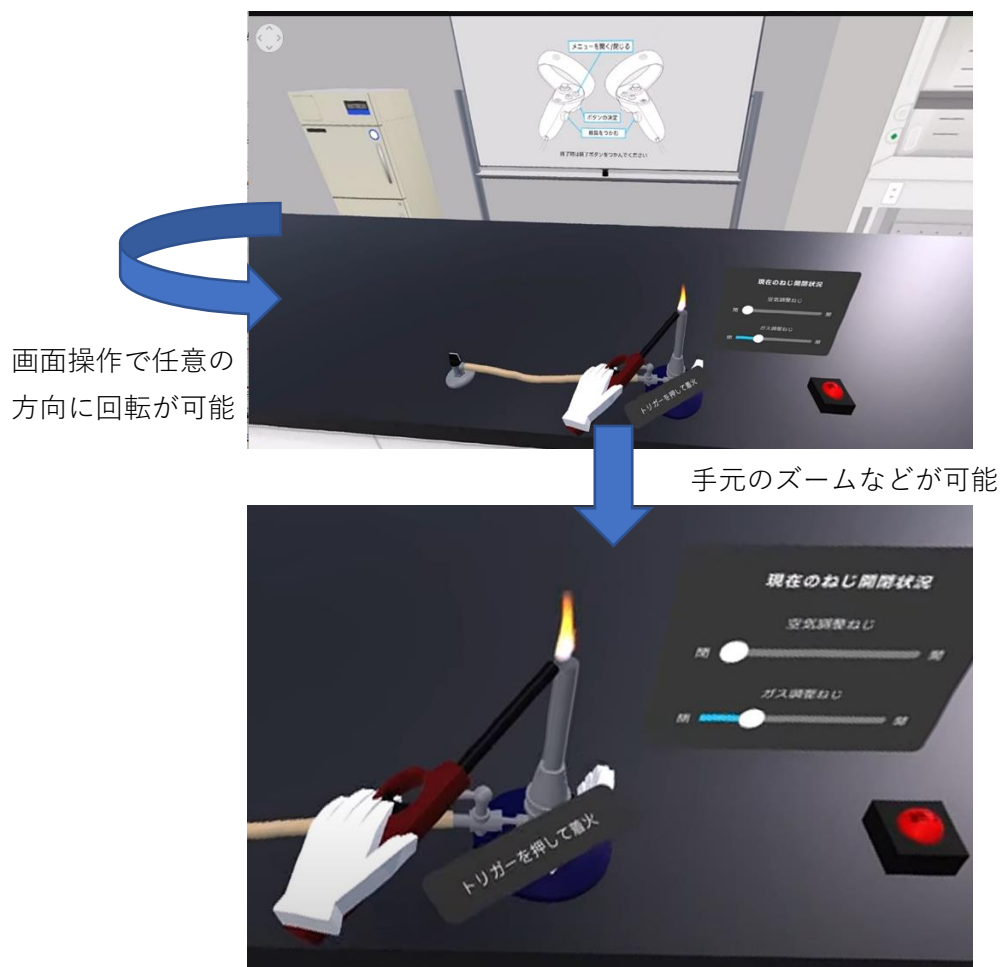
本コンテンツは主にパソコンやスマートフォンでの利用を前提として、映像形式の e ラーニング学習に近いイメージで作成されている。内容構成は基本的に定性分析 VR トレーニングコンテンツ（VR ゴーグルタイプ）と同様で、4 つのショート VR コンテンツの実験手順や実験機器操作などを確認できる。

#### 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。

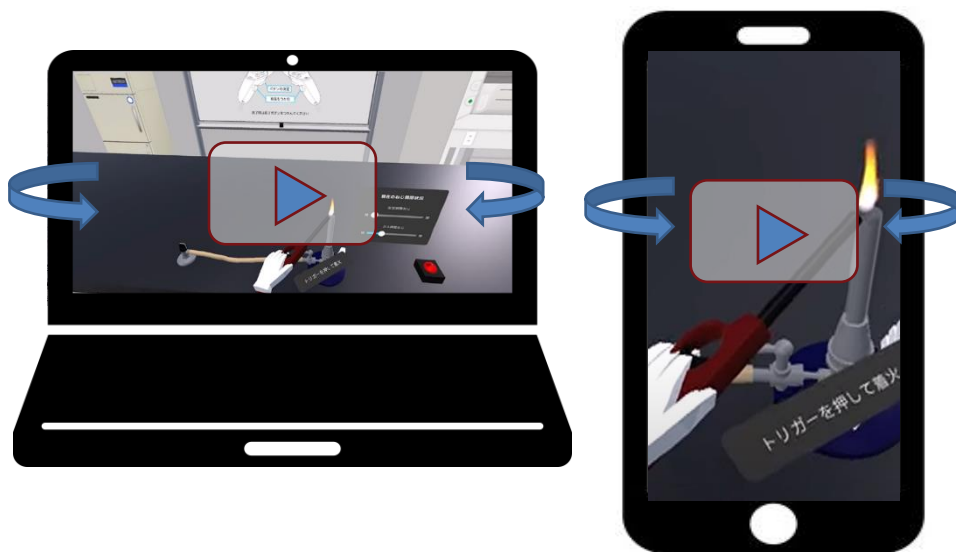
VR 酔いなどの問題が起きた場合の次善策であると同時に、定性分析 VR トレーニングコンテンツ（ゴーグルタイプ）の正しい操作手順を確認することができるため、VR 学習のデモンストレーションやチュートリアルとしても活用できる想定である。



### 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



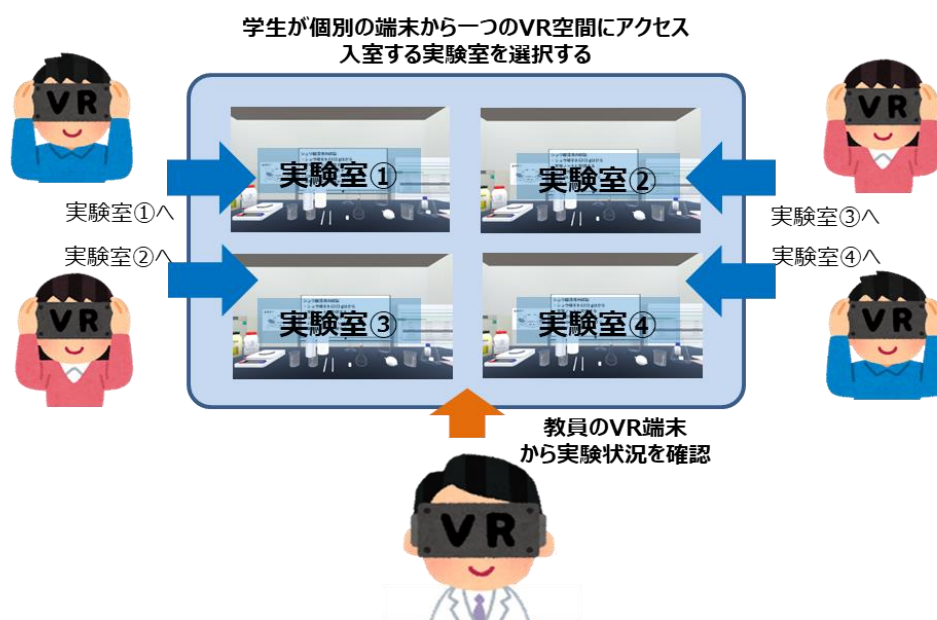
### 3.6. 中和滴定 VR トレーニングコンテンツのメタバース化

#### 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

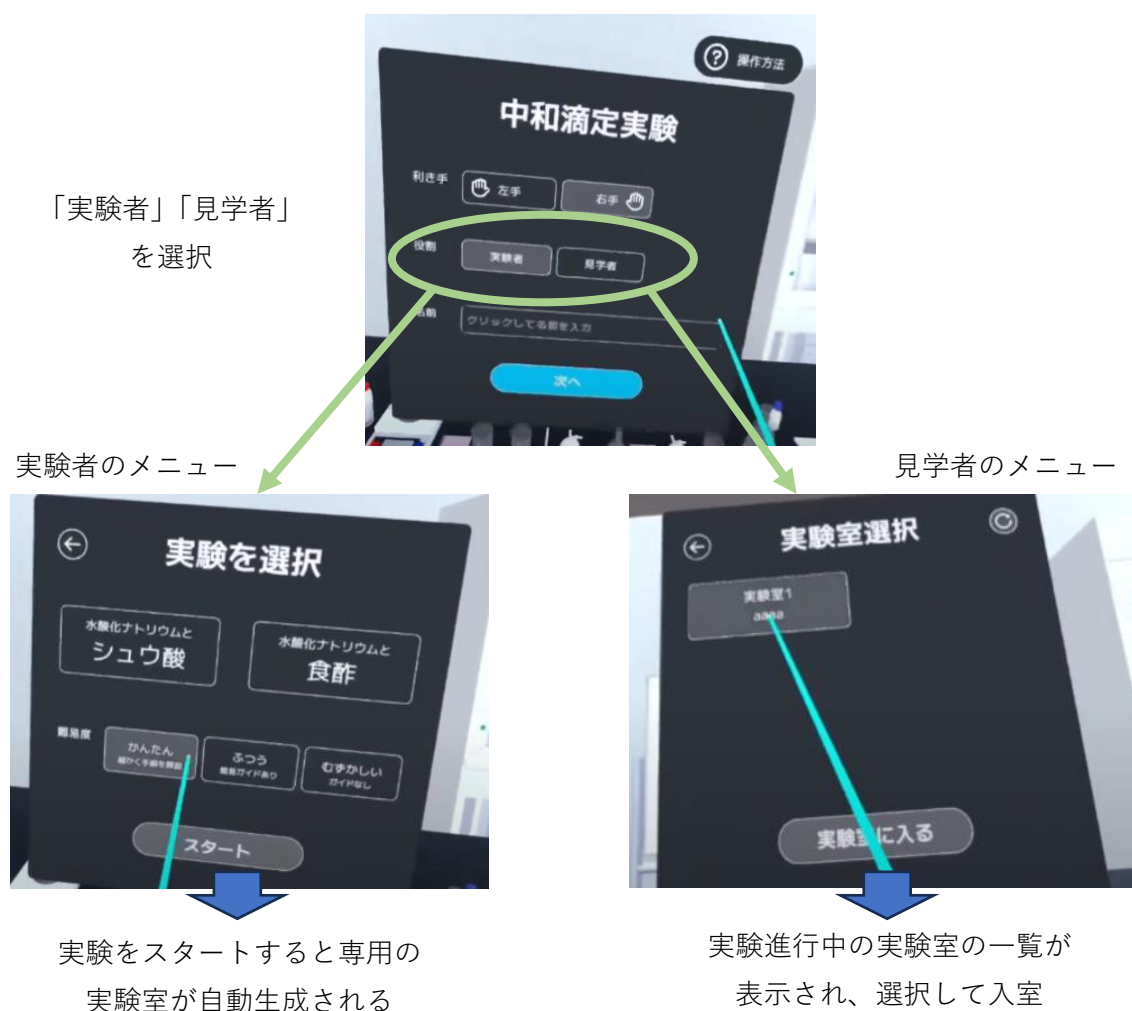
中和滴定 VR トレーニングコンテンツに対し、学生の学習状況を教員等がリアルタイムで随時把握し、適宜指導を行うことができる環境を構築することを目的に、中和滴定 VR

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。

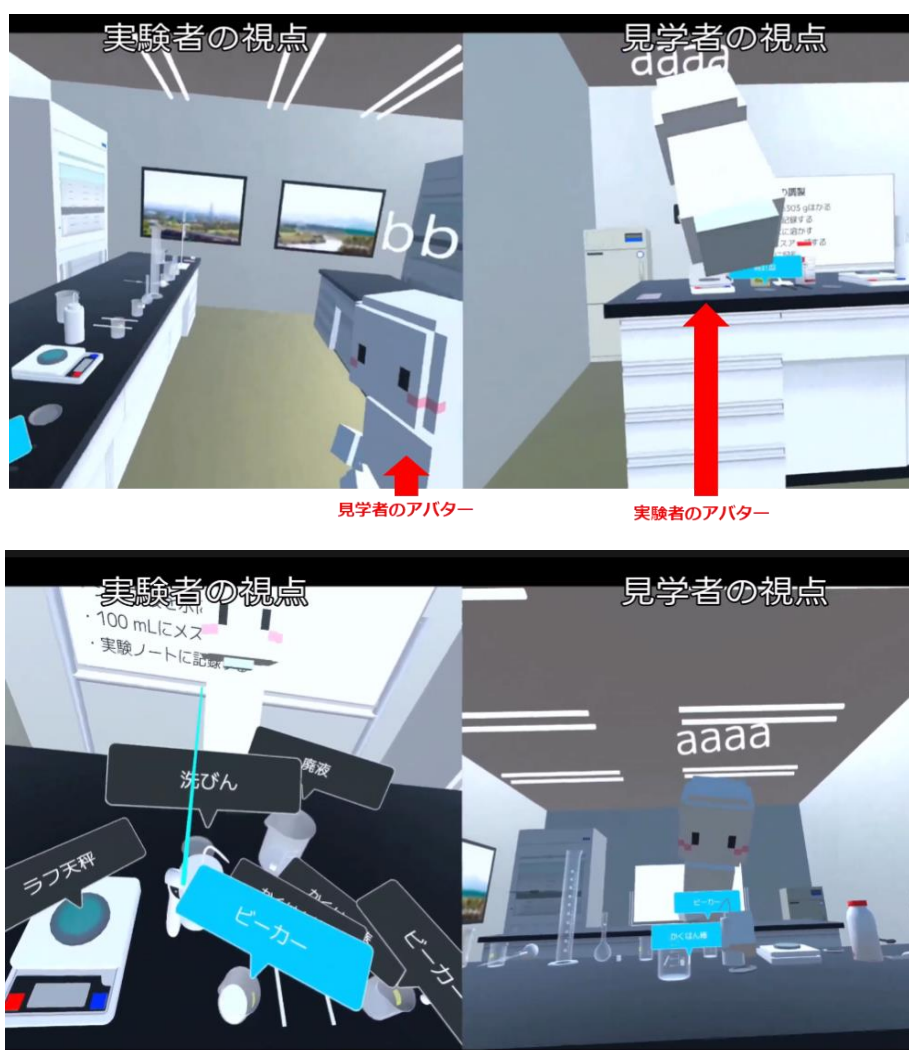


### 3.6.3. メタバースイメージ

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

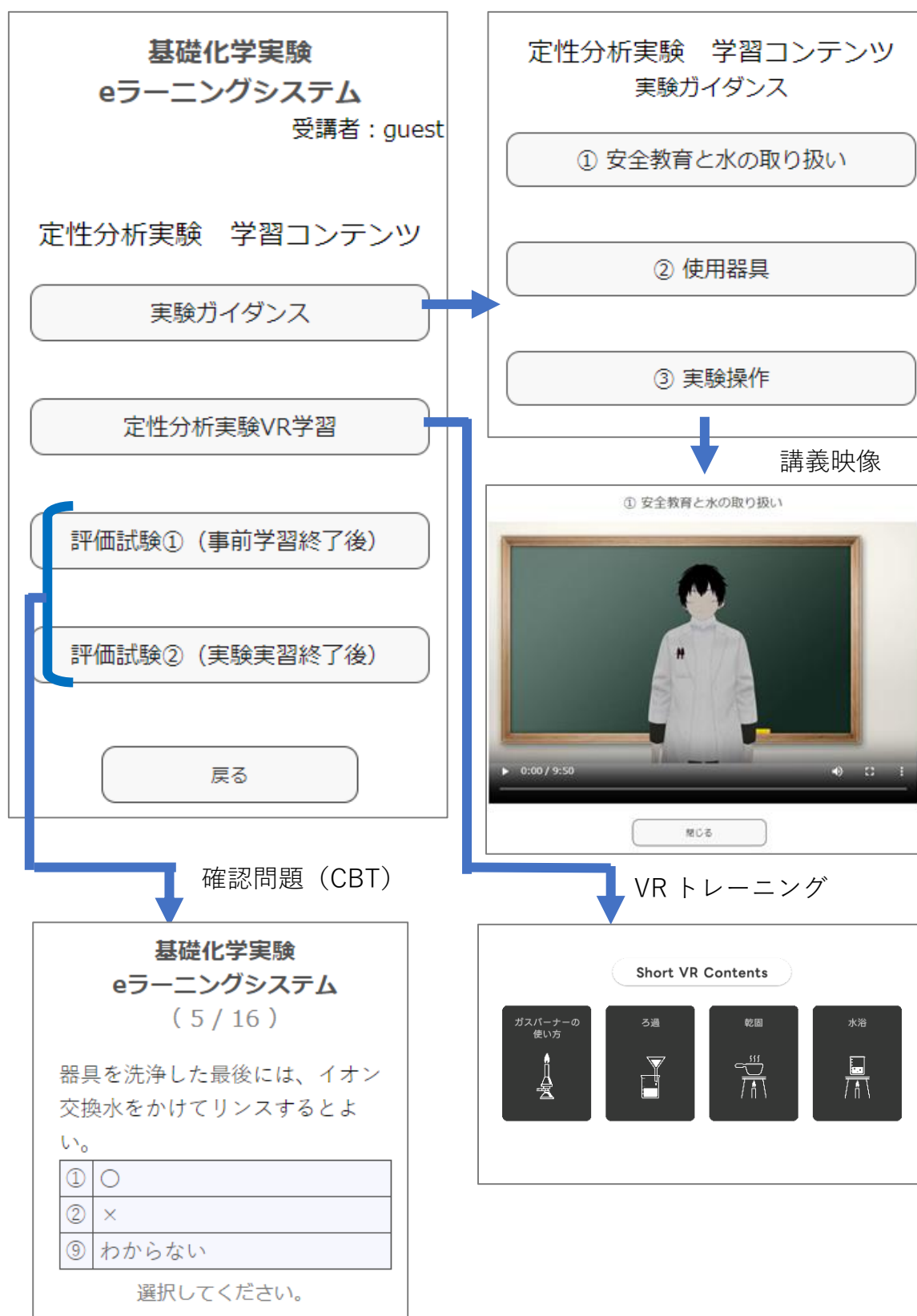
また、受講者の ID ごとの学習履歴が随時蓄積され、指導者はこれを必要に応じて閲覧することができる。

#### 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                  |                      |       |                          |                                                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><p><b>基礎化学実験<br/>eラーニングシステム</b></p><table><tr><td>ユーザーID</td><td><input type="text"/></td></tr><tr><td>パスワード</td><td><input type="password"/></td></tr></table><p><input type="button" value="ログイン"/></p><p><input checked="" type="checkbox"/> ログインを保存する。</p><p><b>日本分析化学専門学校</b><br/>COLLEGE OF ANALYTICAL CHEMISTRY, JAPAN</p></div> | ユーザーID                   | <input type="text"/> | パスワード | <input type="password"/> | <div><p><b>基礎化学実験<br/>eラーニングシステム</b><br/>受講者：guest</p><p><input type="button" value="中和滴定実験&lt;br/&gt;学習コンテンツ"/></p><p><input type="button" value="定性分析実験&lt;br/&gt;学習コンテンツ"/></p><p><input type="button" value="ログアウト"/></p></div> |
| ユーザーID                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <input type="text"/>     |                      |       |                          |                                                                                                                                                                                                                                     |
| パスワード                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <input type="password"/> |                      |       |                          |                                                                                                                                                                                                                                     |

# 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