

## 炎色反応実験をシミュレートする VR 教材の開発

### Development of VR Contents to simulate Flame Test Experiments

南 睦樹

Tomoki MINAMI

山岸 芳夫

Yoshio YAMAGISHI

新潟工科大学

\*1Niigata Institute of Technology

Email: 201911158@cc.niit.ac.jp

**あらまし：** コロナ禍により生徒が学校に通学できなくなり、実験・実習の体験が行えなくなる問題が起こっている。本研究では、在宅での学習が強いられる状況でも化学実験の体験を可能とするシミュレーション教材の開発を行う。まずは学習者の興味を引きやすい、炎色反応実験をシミュレーションするコンテンツを作成し、実験に関連した知識の学習及び原理解説なども包括的に学べるような教材とする。

**キーワード：** VR 教材, シミュレーション, 独学, 化学実験, 炎色反応

#### 1. はじめに

自主的な学習において好奇心を抱くことは、学習への意欲、理解・習得度等あらゆる面で重要であり、化学学習にもそれは当てはまる。

化学の中でも化学実験は特に好奇心を刺激し、化学に対する興味・関心を惹き付けたり、学習した知識の定着を促進する効果があるため、授業の中で生徒自身に化学実験を行わせたり、長期休暇中に化学実験を行うイベントが開催されることもある。

しかし、昨今のコロナ禍の影響で生徒が学校に通学できなくなり、実験・実習が体験できなくなっている、という問題がある。そこで我々は、化学実験をシミュレートする VR 教材の開発を考えた。数多い化学実験の中で、見栄えがして学習者の興味を引きやすい、炎色反応実験の VR シミュレーションをまず手始めとして選び、構築を行うこととした。さらにシミュレーションのみならず、実験に関連した知識の学習及び原理解説を一連の流れで学習する教材の開発を考えた。

#### 2. 先行研究

堀らは「理科離れ」の改善を目的に VR を用いたモバイル用化学実験アプリケーションを試作した<sup>(1)</sup>。この研究では、化学の単元である「金属イオンの系統分離」のテーマで VR アプリケーションを開発した。環境としては Google Cardboard (スマートフォンを用いた簡易 HMD) による VR 版と通常のディスプレイによる PC 版の二つを用意し、二つの実験群でそれぞれ二つの環境を異なる順番で使用させ、事前・事後テストおよびアンケートにより評価を行った。結果、VR 版の方が没入感が高く、成績も高いという評価が得られたが、VR 酔いや目の疲れを訴えた学習者も数名いたことが分かった。しかし Cardboard はあくまで簡易版の VR 環境であり、本格的な HMD を使うことによってこの問題はある程度

回避できると考えられる。

また、この教材では炎色反応は取り上げられていないため、本研究では炎色反応をシミュレートする教材を作成する。

#### 3. 炎色反応実験について

炎色反応とは、アルカリ金属あるいはアルカリ土類金属などの塩を炎の中に入れると揮発してできた金属原子が励起され、元素固有の可視光線を出すという現象である。炎の色が様々な色に変化するという視覚的に分かりやすいものであるため、学習者の興味を惹きやすいと言える。実験で使用する物質は一般的な炎色反応でも利用されている、リチウム、ナトリウム、カリウム、銅、カルシウム、ストロンチウム、バリウムの七種類の元素に加え、シミュレーションの利点を活かして、一般的に入手困難なルビジウム、ラジウム、インジウムなどの希少元素についても実験出来るようにする。

炎色反応実験には様々な手法があるが、本教材では興味・関心を惹くことが重要であるため、霧吹きを用いた実験とする。これは、金属粉を混合したアルコールを霧吹きでガスバーナーに吹きかけることによって、アルコールの燃焼による炎の色が変化する実験であり、見た目がかなり派手なために学習者に対するインパクトも強いが、炎が大きく広がるので実際に行うのは危険が伴う。しかし、シミュレーションであれば実際に火を扱うわけではないので、このような実験でも全く安全に行うことが可能である。図 1 に霧吹きによる炎色反応実験の概念図を示す。



図1 霧吹きによる炎色反応実験



図2 Oculus Quest2

## 4. システム概要

### 4.1 教材開発・動作環境

本教材は3Dモデルを Maya で作成し、Unity 及び C#を用いてシステムを開発する。被験者は Oculus Quest 2 を装着して学習を行う。

Maya は Autodesk 社によるハイエンド 3DCG ソフトウェアであり、3D アニメーション、モデリング、シミュレーション、レンダリング等の機能を持つ。アニメーション、環境、モーショングラフィックス、VR、キャラクターの作成ができ、映画・アニメ制作会社・テレビ番組・ゲーム・CM の制作等で広く使用されている。

Unity は Unity Technologies が開発・販売しているゲームエンジンで、主に C#を用いたプログラミングでコンテンツの開発が可能である、2D/3D ゲームの開発ができ、PC だけでなくモバイルやウェブブラウザ、家庭用ゲーム機といった様々なプラットフォームに対応している。また、VR/AR/MR 機器向けのコンテンツ開発にも対応している。

C#は本来 Microsoft 社が開発したプログラミング言語であり、Windows のネイティブアプリケーション開発に用いられていたが、近年は macOS や Linux 上でも開発が可能になっている。ネイティブアプリケーションに加え Web アプリケーションも開発できる汎用的な言語で、Unity 上でのプログラミングも標準で用いられている。

Oculus Quest 2 (図2) は、Meta(旧称 Facebook)の一部門である Facebook Technologies が開発した VR ヘッドセットで、2020 年に発売された。基本セットは VR ゴーグル本体と左右のコントローラーで、ヘッドセット単独で動作することが可能である。

### 4.2 教材内容

炎色反応の様子をリアルに再現するために、物理演算を用いた発光パーティクルを導入する。ただし標準の物理演算ではパーティクルをうまく扱えないため、別途プラグインを導入するか独自にプログラミングを行う必要がある。リアリティを高めるため、レンダリングはフォトリアルになるように工夫を行う。しかしあまりにもリアリティを追求すると処理が重くなってコマ落ちが発生し、VR 酔いの原因となるため、実際に試行を繰り返して最適なパラメータを決定する。

シミュレーションでは(仮想の)ガスバーナーは既に点火している状態で、コントローラー(図2右)を操作してそれに(仮想の)霧吹きを向け、コントローラーのスイッチで霧を吹かせると、ガスバーナーによって点火され、その元素に特有な色を持った炎が大きく広がる。これをどれだけリアルに再現出来るかが、本研究の目指すところとなる。

## 5. 終わりに

本システムは開発中であり、今後はシステムの完成を目指して実装を進めていく。システムの完成後は評価試験を行い、システムの教育効果や有用性について検証する。今後は炎色反応以外の化学実験も行えるようにシステムを拡張していく予定である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K02786 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- (1) 堀将道, 秋野崇, 坪井遼, 張玉安, 坂本真人, 伊藤勉, 伊藤孝夫, 内田保雄: “VR 技術を用いた化学実験アプリの試作”, 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, 平成 29 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会(第 70 回連合大会)講演論文集, p.120 (2017)