

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K03070

研究課題名（和文）実際の実験器具を用いたAR型化学学習支援システムの開発

研究課題名（英文）AR-based Chemistry Learning Support System using Real Devices for Experiments

研究代表者

岡本 勝（Okamoto, Masaru）

広島市立大学・情報科学研究科・講師

研究者番号：30453210

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、実際の実験器具を用いた仮想化学学習支援システムの開発を行った。手の動作を赤外線カメラを用いて自動認識し、その結果を用いて仮想空間内の実験器具を操作し実験を行っていけるインタフェースを実装した。一方で手の認識できる空間内にすべての実験器具をそろえることが困難なことから、実空間で実験を行う際に必要な試薬などの選択機能を仮想的に実現した。さらにこれらのインタフェースを用いたイオン化傾向実験を通じた体験学習支援システムの実装やヘッドマウントディスプレイの導入および、仮想的にマクロ視点とミクロ視点を活用することで実験観察を進められる機能の実相を行い、被験者実験を通じた評価実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コロナ禍およびそれ以降における学習の形態として、個人単体で行える環境の必要性が学習の一形態として考えられる。そのため、本研究の成果のひとつである仮想空間で実際の実験器具を操作しながら仮想的に試薬を用いた実験を行える環境は、自宅でも指導要領に定められた実験を通じた学習を行える点に意義があると考えられる。また、本研究での検証実験を通じて、実験を伴う学習において正確な知識獲得が行えない原因として、複雑な実験を行う際に実験反応の変化に気づけない状況が頻繁に発生することが確認できており、この点は気づき学習の可能性につながることも期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed Chemistry learning support systems using real equipment for chemical experiments. For this approach, we used hand motion recognition by using infrared camera. Based on this recognition results, equipment are controlled by users and experiments are performed. On the other hand, it's difficult that all operations are achieved from only hand recognition. Then a new approach to select operation using hand recognition results. In addition, we developed virtual Ionization tendency experiment system using proposed approach, and another learning support system using head mounted display is developed. In order to verify the proposed approach, we conducted various experiments with some subjects.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 パーチャルリアリティ 拡張現実感 化学学習 体験学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

文科省の学習指導要領においても、高等学校での化学学習における実験の重要性が指摘されており、実験を通じて化学反応現象の確認や法則性の発見を行える学習手法が必要とされている。一方で学生の化学実験において薬傷や中毒による危険性を指摘する声もある。また、科学実験を行える環境は限られているため、様々な実験を行いながら発見的に学習を進めていくことは非常に困難であり、この困難さはコロナ過および以後の状況においてさらに課題となっている。申請者らはこれまでにマーカーを用いた AR 型科学学習支援システムを開発してきた。学習者は手元にマーカーを配置、移動することで仮想実験を進められ、マーカーはそれぞれ実験器具や試薬、水溶液に対応していて仮想的に化学実験を進められる。また、上述したシステムをヘッドマウントディスプレイを用いた学習システムへの拡張も実現し、AR 型では困難であった化学実験学習支援への拡張も実現してきた。

2. 研究の目的

実際の実験に近い実在性を考慮した仮想実験環境の実現を目指し、実験器具を操作インタフェースとして活用し、実験器具上に化学反応などを重畳表示することによる仮想環境の設計・開発を行う。さらに仮想環境内での化学実験に適した操作手法の開発を行う。まず拡張現実型仮想化学実験環境を HMD で体験する上で、仮想的な実験反応を実際の実験器具に対して投影するために適切な CG の特徴および実験を進めるために必要となる情報提示を明らかにする。次に上記仮想実験環境を操作するために適切なユーザーインタフェースを開発する。さらに、これまでに対象としてきた無機化学分野における定性実験だけでなく理論化学分野の実験における定量的実験や実験器具操作の学習にも適応するために必要な機能、インタフェースを実現する。検証のためにもプロトタイプシステムを実装する。

3. 研究の方法

1. 手形状認識技術を活用した手の動作を非接触で獲得できる手法を確立し、実際の実験器具の操作を PC および学習支援システムが認識できる手法を提案する。
 2. マーカーを用いずに実際に手を動かすことで仮想的に実験を進められる学習支援システムのフレームワーク開発
 3. イオン化傾向実験など従来のマーカー型や HMD 形では困難だった学習支援システムの実装および検証
 4. 新たな実験を追加していく中で必要な仮想空間操作手法や実際の実験では困難な観測手法を仮想空間用の実現
 5. 検証実験を通じた提案開発手法の検証
- 上記の流れで研究を進めていく。

4. 研究成果

【2020 年度】

手の動作を赤外線カメラを用いて自動認識し、その結果を用いて仮想空間内の実験器具を操作し実験を行っていけるインタフェースのプロトタイプシステムを実装した。また、そのインタフェースを使って、従来手法で実現した仮想実験を行える学習支援システムを開発し操作可能性の検証を行った。このインタフェースを使った学習支援手法の開発の中で、従来手法では検討していなかった酸による溶解実験の実現可能性も検討し、新たに仮想環境を実現した。一方で手を認識できる空間内にすべての実験器具をそろえることが困難であることから、実際に実空間で実験を行う際に必要な試薬の入った器具を取ってくる行為を仮想空間内で行えないため、その行為に代わる試薬選択機能を検討しプロトタイプとして実装した。

これらの検討および開発実装により実際の動作を取り込んだユーザーインタフェースの可能性が確認できた。一方で、赤外線カメラの特性上、実現不可能となる動作についてリストアップを行いその操作が必要となる実験器具操作に一つ一つに対応付けることができ、かつユーザーから見て違和感の少ないモーションの検討も行った。

また、一般的な Web カメラやスマートフォンのカメラを用いた人体姿勢認識の利用可能性の検討のため、上腕や体感姿勢の認識のインタフェースとしての利用可能性も検証した。この手法を上記で実現した手の動作を用いたインタフェースと併用していくことによって、ここまでの開発では比較的狭い空間での操作のみ認識できていた状況に対してより広大な空間を実験空間として利用できる可能性も広がる。

【2021 年度】

手の動作を赤外線カメラを用いて自動認識し、その結果を用いて仮想空間内の実験器具を操作し実験を行っていけるインタフェースを用いたイオン化傾向実験を通じた学習を対象とした学習支援システムを実装した。

本システムでは机の上に仮想的な実験器具があることを想定し、その対象に向けて手を動かし把持操作などを行うことによって仮想実験器具操作を行うことができ、通常であれば存在しないメニューアイテムなども実際に存在する器具と同様に把持操作を中心としたユーザーインタフェースで操作可能となる。そしてこれらの操作に基づいて現実での操作と仮想的なCGやインタフェースボタンを融合した仮想実験空間の表示方法を開発した。

また、そのシステムを用いた評価実験を行い、テキストベースでの従来の学習手法との比較検証を行い、本手法の優位性や学習過程の効果などを測定考察した。

一方で、赤外線カメラの特性上、正確な動作の検出が困難となる事例が多発したため、屋内における光源および外光による影響の検証および適切なライティング状況の確認やその理想に近い環境を作り出すためのデータ収集及び検討を行った。

【2022年度】

前年度までの開発機器を中心に操作性評価などの検証実験を行いながら、新たなインターフェースに適した学習フィードバック手法や学習用コンテンツの構築案を検討した。複数人での検証実験を行って行く中で、新しい手法での仮想実験が従来のデバイスで行ってきた仮想実験と比較して複雑となってきたこともあり、教示側が想定していない点にのみ注目したり、必要となる仮想実験器具を用いることなく実験を進めようとし続けるなどの新たな課題が発見されてきた。そのため、最終年度の研究内容として、仮想実験の結果を観察する際に、ミクロな視点とマクロな視点をつかいはけながら実験観察を進められる機能の実装や、同時に発生する複数の化学反応をいくつかのサブ集合に分割して、段階的に観察を進められるようなバーチャルリアリティ環境における仮想実験だからこそ行える仮想実験の手法を提案し、ヘッドマウントディスプレイを用いた環境で実装した。実装した実験環境での被験者実験を通じて、実験を進めるうえでの適切なフィードバックの在り方や、仮想実験家庭の提示方法の違いによる事後テストでの成績への影響などの検証を進める中で、適切な段階的提示手法の検討を進めていき、従来の仮想環境での実験提示を用いた学習結果よりも事後テストの結果および被験者の主観評価においても有効性が確認できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 沖田康弘, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑
2. 発表標題 HMDを用いたイオンの可視化による仮想電気分解実験環境
3. 学会等名 第47回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 沖田康弘, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑
2. 発表標題 仮想電気分解実験における部分的な情報提示を用いた学習支援システム
3. 学会等名 第48回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 沖田康弘, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑
2. 発表標題 HMDを用いたイオンの可視化による仮想電気分解実験環境
3. 学会等名 第47回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本拓土, 岡本勝, 松原行宏, 毛利考佑
2. 発表標題 非接触型デバイスを用いたイオン化傾向の体験学習支援
3. 学会等名 2021年度JSiSE学生研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡本拓土(広島市立大学), 岡本勝(広島市立大学), 松原行宏(広島市立大学), 岩根典之(広島市立大学)
2. 発表標題 Leap Motionを用いた仮想化学実験環境における非接触型インターフェース
3. 学会等名 教育システム情報学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関