

令和元年6月28日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01072

研究課題名(和文)ヘッドマウントディスプレイを活用した拡張現実型化学実験学習支援システム

研究課題名(英文)Chemistry Learning Support System using HMD and AR Technology

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) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では拡張現実感技術をヘッドマウントディスプレイを活用した化学学習支援手法の開発を行った。ヘッドマウントディスプレイを活用することでよりリアリティの高い現実感を実現でき、拡張現実感技術を活用することで実施にその場に仮想的な化学実験器具が存在するような体験を実現した。またバーチャルリアリティとヘッドマウントディスプレイを活用した手法も開発し、自由度の高い学習支援環境の実現も行った。提案手法を用いて、従来のシステムと同様の学習課題の学習が可能であることを実験的に示し、従来では困難であった情報の可視化や複数人で学習可能な環境を実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでにICT活用をもとにした化学学習ではマウス操作などので実験を進めるものや、実際にCGを活用したものでも化学物質の構造を鑑賞するなど操作方法が限られていた。本研究によってヘッドマウントディスプレイ上でよりリアリティの高い実験を化学の教科書などで述べられている手法で実験を進められる環境設計を実現できた。また、本研究では使用デバイスとしてスマートフォンの活用も想定しており、スマートフォンの普及率を考えると社会的に本手法による学習の導入も容易であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed chemical learning support system using head-mounted display and augmented reality technology. By using the head-mounted display, a more realistic reality can be realized, and by using the augmented reality technology, various experience can be confirmed in virtual chemical laboratory constructed from CGs and real-world image. We also developed some systems using virtual reality and a head-mounted display to realize a highly flexible learning support environment. We experimentally show that the proposed method can be used to learn the same learning task as the conventional system. We were able to realize the visualization of information that was difficult in the past, and an environment where multiple people can learn.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 バーチャルリアリティ 拡張現実感 ヘッドマウントディスプレイ 体験学習 化学学習

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 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に関する指摘もある。また、化学実験を行える環境(設備数、利用可能時間)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る。申請者はこれまでに、PC上に構築した仮想環境内で無機化学実験を仮想的に行える学習支援システムを開発してきた。学習者の手を撮影した映像上に実験器具や試薬のCGを表示する手法で仮想環境が構築され、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ていく。マーカーはそれぞれ実験器具や試薬、水溶液に対応しており、提示された問題の解答を仮想実験から発見することで学習を行える。また、申請者はこの拡張現実型無機化学学習支援システムをスマートフォンやタブレット端末でも実現した。スマートフォンの普及率は近年では非常に高くなってきているため、スマートフォン上で仮想環境を実現できたことで、一般的な利用も期待できる。

上述したスマートフォン端末上の仮想環境に対して、被験者や展示会で体験したユーザーから、従来のPCディスプレイ上の提示よりも実際に実験器具があるように感じる(実在性)との意見が多く挙げられ、のようなハンドヘルド型表示の他に、簡易的にスマートフォンをユーザーの目の前に固定する方式で確認した場合でも実在性を高く感じる傾向が事前実験として確認できた。また、このように実在性の高い状態で学習を進めた場合、先行研究[1]よりも早い段階で実験に対する仮説提案が行える傾向が確認できた。一方で実在性を高めた環境ではマーカーではなくCG自体をつかんで操作しようとする傾向や、現実と異なる動きをする実験器具への違和感が指摘された。

2. 研究の目的

上記の背景およびこれまでの研究成果、事前実験を基に、本研究ではより実際の実験に近い実在性を考慮した仮想実験環境をヘッドマウントディスプレイ(以下HMDと略記)を使って実現し、このような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。研究期間内に以下のことを明らかにする。

1. 拡張現実型仮想化学実験環境をHMDで体験する上で、仮想的な実験器具として適切な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。
2. 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ーフェース(ユーザーが用いる対象の構造や、仮想環境内でのインタラクションなど)を開発する。
3. これまでに対象としてきた無機化学だけではなく理論化学分野の実験にも適応するために必要な機能、インターフェースを実現する。
4. 先行研究[2]のようにスマートフォン端末と安価な機器のみを用いてHMD上での仮想化学実験を簡易的に実行できる環境を構築し、幅広い分野で利用可能なHMD型仮想実験環境を構築する。
5. プロトタイプシステムを実装し、実際に学習に使う評価実験を通じて、学習への利用可能性を明らかにしていく。

3. 研究の方法

1. HMDを装着した学習者が体験可能な化学実験環境を拡張現実感技術とバーチャルリアリティ技術を活用して実現。
PCに接続可能なHMDを活用した学習支援手法を実現し、それぞれの利点や問題点をともにブラッシュアップを行い、学習に必要な実験器具やリアクションの実装を行っていく。
2. HMD内の仮想的な化学実験環境の操作に最適なユーザーインターフェース構成の提案。
先行研究とは異なり、視野が仮想環境でおおわれるため、その環境内でも利用可能なUIを検討実装評価していく。
3. スマートフォンを用いて構築したHMDでも体験可能な仮想化学実験環境の機能整理と実装。
HMDとPCで実現可能となった仮想環境システムをスマートフォンで実用可能な状態に再構築し、UIも同様にチューニングすることで携帯可能なシステムの可能性を検討していく。
4. HMDを装着した仮想化学実験による操作性と学習効果の評価。
上記で実装したプロトタイプシステムを用いた学習評価実験を行い、問題点のブラッシュアップおよび学習効果の評価を行っていく。

上記の流れで研究を行っていく。

4. 研究成果

本研究ではARおよびVRを活用したヘッドマウント型化学学習支援手法の開発を行った。ヘッドマウントディスプレイを活用することによりより臨場感のある体験に基づいた学習を実現できた。学習者が体験する環境としてARとVRを活用した大きく分けて二種類の方法を実現した。

AR型ではカメラ映像に仮想的な実験器具などや提示情報などの環境を重ねて表示することで、学習者から見ると実世界で体験しているような環境を実現した。

AR型プロトタイプシステムの設問提示機能や誤った回答選択時のフィードバックなどのブラッシュアップを行い、検証実験可能なレベルでの設計を実現した。

その改良機を用いて複数被験者による協調学習が可能なシステムへの拡張を行った。

さらに実装したプロトタイプシステムについて体験した被験者からのフィードバックを行い体験上の問題点の改善や学習に対する意見の導入などチューニングを繰り返した。そして、そのシステムを用いて評価実験を行い、従来に行ってきた AR 型化学学習環境との比較を行い、手法の有用性を確認した。

また、VR 型では完全に学習環境を仮想的に作成できるため制約が少なく自由に環境を実装できる利点がある。一方で実際の空間が見えないため、AR 型と比較して違和感が存在する可能性も高く、自身の手が見えないため操作性にも問題が残る。そのためこの二点について、より柔軟な手法として VR 空間に広大な実験環境を実装した手法と UI を工夫することで AR 型では困難であった操作を実現する手法および、よりリアリティの高い実験器具や環境の CG の導入と自身の手先位置に対応するデバイスの位置表示を行うことによる操作性の向上を目指した。また理論化学分野への適用可能性を検討するため、リトマス試験紙を用いた実験など簡易な理論化学実験可能な VR 型プロトタイプシステムの設計実装を行った。その中で理論化学実験に必要な実験器具や試薬などの選択および器具操作が従来の手法では困難であったため、器具試薬操作へのメニュー選択機能実装や VR 型の場合周辺の状況が見えないこともあり、危険性防止のためにも大きな操作を必要とせず小さな傾け量や手先移動量でも実験を行えるよう、傾きセンサおよび位置センサを内蔵したコントローラをインターフェースとして導入した。このコントローラとして複数ボタンおよびタッチパッドが設置されているものを用いることでより多様な実験器具試薬選択を直観的に多くの説明や練習なく使用できる VR 型システム用ユーザーインターフェースを実現した。さらにその知見を活かして滴定実験を実施可能な仮想環境を実装し、理論化学分野における利用可能性を示した。これらの実装および評価実験により AR 側では困難であった点の実現や AR 型に近づく操作性の改良が可能であることを示した。

参考文献

- [1] 岡本勝, 隅田竜矢, 松原行宏: 拡張現実型マーカを用いた無機化学学習支援システム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J98-D, No. 1, pp. 83-93, 2015
- [2] 岡本勝, 石村司, 松原行宏: 仮想環境共有型 AR 無機化学学習支援システム, 日本教育工学会第 31 回全国大会講演論文集, pp. 421-422, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 岡本勝, 石村司, 松原行宏, ヘッドマウントディスプレイと拡張現実感技術を用いた無機化学学習支援システムの開発, 教育システム情報学会誌, 35 巻 4 号, pp. 312-321, 2018 年
2. 石村司, 岡本勝, 松原行宏, スマートフォンを用いた無機化学の AR 型仮想実験環境の開発, 教育システム情報学会誌, 34 巻 3 号 pp. 274-279, 2017 年

〔学会発表〕(計 9 件)

1. 岡本勝, 松原行宏, HMD とトラッキングセンサーコントローラを用いた仮想環境型学習支援システム, 電子情報通信学会教育工学研究会, 2018 年
2. 坂本友哉, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, 実験結果の量的変化の可視化による HMD 型 VR 化学実験学習支援システム, 2018 年度 JSiSE 学生研究発表会
3. 岡本勝, 松原行宏, VR/AR 技術を用いた HMD 型仮想化学実験学習支援環境, 人工知能学会 第 79 回 先進的学習科学と工学研究会, 2017 年
4. 前場 凌太, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, VR におけるメニュー型 UI を用いた仮想化学実験環境, 2017 年度 JSiSE 学生研究発表会
5. 石村司, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, ビデオシースルー型 HMD を用いた AR 型無機化学学習支援システム, 2016 年度 JSiSE 学生研究発表会
6. 林純平, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, ハンドトラッキングコントローラと HMD を用いた仮想化学実験環境の構築, 2016 年度 JSiSE 学生研究発表会
7. 宮本真帆, 岡本勝, 岩根典之, 松原行宏, AR 型仮想化学実験環境における実験器具を用いたインターフェースに関する研究, 2016 年度 JSiSE 学生研究発表会
8. 岡本勝, 石村司, 松原行宏, モバイル型 AR 無機化学学習支援環境を用いた学習過程の検証, 人工知能学会 第 78 回 先進的学習科学と工学研究会, 2016 年
9. 石村司, 岡本勝, 松原行宏, HMD 型環境を活用した無機化学学習支援システム, 人工知能学会全国大会論文集, 2016 年 JSAI2016 巻 1C3-4

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。