

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 12 日現在

機関番号：25403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22700819

研究課題名（和文）拡張現実感を利用した無機化学体験学習支援システムの開発

研究課題名（英文） Development of Experienced-based Learning Support System for Inorganic Chemistry using Augmented Reality 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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、無機化学体験学習支援システムの開発を行った。仮想環境内で実験を行うために、操作インタフェースとしてマーカを利用する。USBカメラで撮影した映像内のマーカの種類および位置をもとにCGを用いて仮想的な実験環境を構築し、ユーザの意図に応じた実験を仮想環境内で進めていく。この仮想環境内でユーザは炎色反応実験など様々な実験を行える。さらに、本環境では提示された問題に応じた実験を行い、解答確認を通じて、自主的に学習を行える。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we developed AR-based learning support system for inorganic chemistry. In order to perform experiments in virtual environment, markers are utilized as control interface and arranged markers are recorded by USB camera. Virtual environment is created from recorded image and various CGs (such as beaker, flame and so on) corresponding to markers. By operating markers, user can perform various experiments (such as flame test). Additionally, so the system can give questions and hints, user acquires knowledge of chemical reaction by solving questions in virtual environment.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	500,000	150,000	650,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：教育工学、体験学習、拡張現実感、無機化学、ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

体験に基づいた学習の効果が注目され、新学習指導要領においても「体験」が重量な教育課題の一つとされており、直接的な体験に基づいた概念の獲得、理解をふまえた地の獲得が求められている。体験的な学習においては、

対象の「しくみ」や「根拠」などが追及され、対象への理解が図られていくと考えられており、科学的・合理的な認識の獲得過程において不可欠とされている。

e-learningにおいても一般の小中高等学校での体験学習実行例の報告も増加している。

特に、物理現象などのシミュレーションを用いた学習システムなど既存の技術では構築が困難であった学習コンテンツが着目されている。またバーチャルリアリティ (VR) 空間の実験環境からフィードバックとして力を感じることで、より現実的な体験を行える学習コンテンツの開発も進められている。申請者らも同様に力覚フィードバックを用いた仮想実験環境での学習支援システムの開発を行っており、物理学習やリハビリテーショントレーニングにおける有効性を確認してきた。

このように、物理学習においては様々な体験学習コンテンツの開発が行われているが、その他の理科学習において体験を主体とした学習システムの報告はほとんど行われていない、e-learning においてこれらの科目の学習では、動画コンテンツによる間接的な体験や、Web 上でのテストを通じて学習を進めていく手法が一般的となっている。化学学教においては、化学反応など実験を進めていく中で学んでいくことによって、より効果的に減少に関する知識の定着が行われていくことが期待できるが、効果的な手法は提案されていない、このような原因として以下の問題点が考えられる。

まず、通常、学習システムにおいて化学実験を行う際に必要な操作内容が多く、「試薬を加える、加熱する」などの実際の操作をキーボードやマウスと対応付けることが困難であり、直感的な理解の妨げになる可能性もある。また、物理学習を対象とした体験学習コンテンツではシミュレーション結果は力学的な運動結果など一意に決定されるが、科学で学ぶ内容では、視覚的に確認可能な沈殿反応や炎色反応と通常では確認できないイオン状態や沈殿物の化学式などのような現象を適切に提示、確認する必要がある。そのため、学習上適切なフィードバックを設計する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、化学学習の中でも特に無機化学を対象として、仮想環境における化学体験学習環境の構築を行っていく。

まず、学習者のユーザビリティ向上のため、本研究では実際に学習者の動作をもとに実験を進められる実験環境の構築を目指す。従来用いられているマウスやキーボードではなく、学習者の腕の動きや対象物の移動を撮像認識し仮想空間内に構築された実験環境内の対象物の操作を行えるインタフェースを開発する。仮想実験環境も撮像した実際の騎乗空間に重ね合わせて実験器具や化学反応シミュレーションなどを表示することにより、実際の体験に近い仮想実験環境の構築を行え、学習時の没入感と直感的な操作性の

向上が期待できる。例えば、学習者がピーカを選択した場合には、ディスプレイ上の仮想実験環境に突然ピーカが現れるのではなく、カメラで撮影された映像内の学習者の手元にピーカが表示されるように環境を構築する。このような視覚フィードバックを実装するために本研究では現実空間に対して CG を重ね合わせて表示することによってより効果的な情報提示を行える拡張現実感 (AR) 技術を用いる。

また、一般的な体験学習コンテンツでは、操作環境の構築に重点をおいており、学習者が学習を進めやすい環境が十分に構築されているとは言い難い。特に化学実験では学習者が行える操作が多いため、学習に適切な題材として設問を提示し、その設問に対する解答となる実験を進めていける学習支援環境の開発も進めていく。本研究では特に高等学校での学習内容に着目し、必要な実験環境及び設問の調査・実装を行っていく。

3. 研究の方法

本研究では、研究の初段階として AR を用いたユーザインタフェースの設計を行う。まず、有機化学分野における学習内容と対応する実験をリストアップし、必要となる実験器具・操作方法を選定する。この結果に基づいて、実験器具・操作に対応するマーカーとマーカーの操作方法を決定する。このマーカーと操作方法をもとに VR 空間での仮想的な実験環境の描画を行う。仮想実験環境では、学習者が選択した試薬や実験機器の提示と、学習者の操作に基づいた実験結果の提示を行う必要がある。このような実験結果の提示を行うためには利用できる試薬や実験機器の中で実験に利用している状況から学習者が行おうとしている実験を判定する必要がある。本研究では、実際の実験における実験機器選択、試薬の利用状況、水溶液中のイオンの状態などを調査し、これらの状況と視覚的な状態および、学習上提示すべき情報などとの対応関係のデータベースを作成する。ここで、本研究ではプロトタイプシステムとして、炎色反応実験、沈殿反応実験、イオン化傾向に関する実験を対象とした。このデータベースをもとに、学習者の操作状況からパターンマッチングで提示する描画内容 (実験器具の映像、水溶液の状態など) を決定する。

次に、これらの構築したユーザインタフェースと仮想実験環境の評価を行い、設計した環境が十分に利用可能かどうか調査を行う。調査対象として、日本国内の高等学校で主に用いられている教科書に加えて、参考書も無作為に選び、これらの書籍内で記載されている実験を対象とした。評価上、実装できていないインタラクションなどが発見された場合は随時調整を行っていく。さらに、ユーザ

インタフェースの操作の評価において、複数の被験者による操作評価を行い、ユーザインタフェースのブラッシュアップおよびフィルタ処理の追加などによるユーザビリティの向上を図っていく。

上記の計画で構築されたインタフェースと仮想実験環境を用いて、無機化学学習を行っていただける学習支援機能の構築を行う。まず、上述した教科書・参考書をもとに高等学校での学習上出題される問題を調査する。調査内容をもとに提示設問・解答のデータベース化と想定される誤答のリストアップを行う。さらにユーザインタフェースを用いて出題設問に対する操作を行えるように拡張していく。さらに仮想実験環境内に設問提示機能や解答に対するフィードバック機能を実装し、仮想的な実験機器と同様に描画できるよう再設計を行っていく。誤答時のフィードバックを提示することによって学習者が効率的に学習を行っていただけると想定している。

最後に、システムのみで無機化学学習を行っていただけるか検証を行う。実際に該当分野に関する知識を獲得していない被験者を対象に、構築した学習支援システムのみで無機化学の化学反応に関する知識を取得できるか確認する。

4. 研究成果

本研究で構築した学習支援システムの外観を図1に示す。

図1：構築システムの外観



学習者は机上マーカの操作を行うことによって、仮想環境内での実験を行っていく。学習者の操作は図1右側のUSBカメラで撮像し、その映像をもとに仮想環境が構築される(図中ディスプレイ内の左上)。また、図のように様々なマーカを用意することによって、高等学校で行われている炎色反応実験、沈殿反応実験、イオン化傾向解析実験に対応でき、様々な化学反応を行わせるために試薬に対応したマーカも用意した。これらのマーカの種類、位置を組み合わせることで仮想環境内の実験機器を操作し、無機化学実験を進めていくことができる。図2に仮想環境内での実

験例を示す。



図2：仮想環境例

図のように実験機器に対応するマーカを配置することで仮想環境内で実験器具が描画され、無機化学実験を進めることができる。

(INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT (ICIM2012)で発表予定(査読後採録決定))

本システムで行える実験内容として、

- 大学入試にできる無機化学反応が面白いほどわかる本(株式会社中経出版)
- 橋爪のこれだけで合格を決める無機化学15題(株式会社旺文社)
- 高等学校化学I(株式会社新興出版社啓林館)
- 新訂アクセス化学I・II(株式会社浜島書店)
- 平成21年度大学入試センター試験 化学I
- 平成22年度大学入試センター試験 化学I
- 化学問題研究会：自分でつくる参考書ゼミノート化学IB,(数研出版株式会社)
- 短期攻略 センター 化学I 改訂版(駿台文庫株式会社)

に記載されている設問に対応できる実験内容を選定した。上記の教科書、参考書およびセンター試験で出題された設問に対応した化学反応の学習を行えることによって、高等学校における様々な状態での学習に適応できると考えられる。

さらに本システム機能の検証実験として、被験者8名による学習実験を実施した。各学習者にシステムを用いて12設問に対応する実験を行わせ、実験終了後に設問とは異なる形で出題したテストに解答させた。さらに3日後に、同じテストへ解答させ、解答後に再度システムを用いた学習を実施した。その後も同様のテストを行い、正答数の変化を確認した。なお、この検証実験を通じてテストの正答は被験者へは提示していない。正答数

の変化を図3に示す。

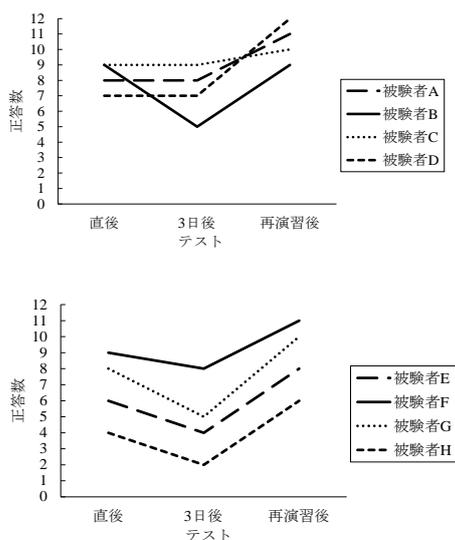


図3：検証実験結果

図のように、本研究で提案するシステムを用いて学習を行えることが確認でき、3日後に正答数の減少がみられるが、再度システムを用いた学習を進めていくことでさらに正答数が向上したことが確認できた。通常、学習において一回の学習のみで終了することは考えにくく、何度も繰り返し学習を進めていくことが一般的だと考えられる。このように考えることによって、システムを繰り返し用いて学習を進めていくことによって学習効果が向上し、十分に無機化学学習への利用が期待できる。(The 20th International Conference on Computers in Education, ICCE 2012 に投稿中)

さらに、本研究のユーザインタフェースとしてマーカを利用しているが、このマーカを学習者自身にも装着し、学習時の学習者の様子を計測できる環境も設計した。学習中の傾向に基づいた学習支援に関する情報計測に利用できる可能性もあるが、この計測情報を用いた効果までは十分には検証できておらず、学習支援システムへの導入までは行えていない。一方、この計測手法を用いて被験者の動作判別手法の開発も行った。この手法では学習者の身体情報をUSBカメラや赤外線カメラを用いて撮像し、体の各関節に取り付けたマーカの位置・角度や、赤外線カメラを用いて取得した学習者の3次元位置情報から推定した関節情報をもとに学習者の姿勢を判別する。これらの情報をもとにベイジアンネットワークを用いて姿勢判別を行うことで非常に高い精度で識別可能であることを確認した。従来、作業姿勢判別を目的として開発されたファジィ推論を用いた手法と比較しても高い精度で判別できることが確認できたため、

無機化学学習などの体験学習だけではなく、工場作業や看護・介護作業の指導へも応用できる可能性がある。(INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT (ICIM2012)で発表予定(査読後採録決定))

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

1. Masaru Okamoto, Yuko Akai, and Yukihiro Matsubara, *POSTURE CLASSIFICATION METHOD FOR WORKING ANALYSIS USING BAYESIAN NETWORKS*, ICIM 2012 (INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT), August, 29-31, 2012 (in press)
2. Ryoya Sumida, Masaru Okamoto and Yukihiro Matsubara, *Framework of AR-based Virtual Environment for Inorganic Chemistry Learning*, ICIM 2012 (INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL MANAGEMENT), August, 29-31, 2012 (in press)
3. 隅田竜矢, 岡本勝, 岩根典之, 松原行宏, AR化学実験環境を用いた演習支援システムの開発, 2012年春 JSiSE 学生研究発表会, pp. 146-147, 2012
4. 村井貴行, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, 拡張現実空間における化学実験環境操作インタフェースの開発, 教育システム情報学会第36回全国大会講演論文集, pp. 442-443, 2011
5. 村井貴行, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, 化学実験操作手順を考慮した拡張現実型化学学習支援システム, 2011年春 JSiSE 学生研究発表会, pp. 252-253, 2011
6. 岡本勝, 有富由佳理, 松原行宏, 岩根典之, 拡張現実感を用いた階層型化学体験学習支援システム, 教育システム情報学会第35回全国大会講演論文集, pp. 371-372, 2011

6. 研究組織

(1) 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