

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：25403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750082

研究課題名(和文) マルチタッチ機能と端末間通信機能を活用したタブレット用仮想理科実験環境

研究課題名(英文) Virtual Experimental Environment for Tablet Devices using Multi Touch and Communication Function

研究代表者

岡本 勝 (Masaru, Okamoto)

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) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：小型端末であるスマートフォンやタブレット端末を活用した、拡張現実型無機化学学習支援環境を開発した。開発システムではマーカーを実験器具や試薬の代わりに用いて、マーカーを近づけることで実験器具同士や試薬の投入などのインタラクションを行う。マーカーを小型端末のカメラで撮影し、その映像内のマーカーに対応する実験器具などのCGを重畳表示することでリアルタイムで仮想的な無機化学実験環境を実現する。このシステムでは、小型端末を用いることによって拡張現実型仮想実験環境の実現に必要なカメラ、ディスプレイ、演算装置をひとつの機器で実現できる。またヘッドマウント型や複数台端末での仮想環境共有機能も実現した。

研究成果の概要(英文)：AR-based Inorganic chemistry learning support environment using small device (smartphone and tablet) is developed. In this system, markers are used as control interface. Learners control some markers to perform experiment in virtual environment. Virtual environment is constructed from recorded picture by smartphone's camera and CG corresponding to marker. By using smartphone or tablet, virtual environment is made by single device (smartphone has a camera, display and calculation unit). And, I developed AR-based learning support system using head-mounted display based on smartphone. In addition, I proposed new approach for virtual environment shared by some learners. In this approach, some smartphone are used for displaying a virtual environment shared by learners. And another smartphone is utilized as control interface for virtual environment.

研究分野：教育工学

キーワード：学習支援 無機化学学習 スマートフォン 拡張現実感

1. 研究開始当初の背景

高等学校などでの理科教育において、実験を伴う学習が重要視されている反面、授業内での実験時間の確保や実験実施における危険性などの問題点がある。これまでに研究代表者らは拡張現実感技術を活用した無機化学学習支援 AR システムの開発を行ってきた。このシステムでは AR マーカーを実験器具や試薬にみためマーカーを動かすことで仮想環境内での実験を実施できる。仮想環境内ではマーカーに対応する実験器具などの CG 映像が重畳表示され、実験進行に合わせて水溶液などの実験状況が変化していく。このシステムで無機化学学習における沈殿反応に関する学習を仮想環境での実験を実現できることを確認できた。一方で、このシステムは多くの機器を必要とし、実際に学生が個々に実験を個別学習として実施することは困難である。

2. 研究の目的

タブレット端末やスマートフォン端末の特徴を活用し、タブレットなどの可搬性の高い端末でも運用可能な仮想実験環境を構築し、入力インタフェースを提案する。通信機能を活用すること端末間で通信可能とし端末自体のインタフェース化や端末間での仮想環境の共有を実現し様々な状況で仮想環境内での実験実施を実現できるシステム構築を目指す。さらに端末上のディスプレイを使った仮想環境に適切な方法の検討も行う。

3. 研究の方法

まず、従来システムをもとに学習効果検証を進める中で、インタフェースの効果を確認しスマートフォン上での実装に必須となる機能の洗い出しを行いながら、学習効果の面からも向上すべき機能などを検討していく。検討結果をもとにプロトタイプシステムを実装し、実現可能性を示していく。プロトタイプシステムとしては従来システムの基本機能をタブレット・スマートフォン端末上での実現を目指す。実装したプロトタイプシステムを用いた実験を進めていく中で必要機能の実装を並行して行っていく。プロトタイプシステムに対して仮想環境共有機能を実装していく。この実装においてはユーザによる操作を伴うイレギュラーが想定されるため、実証実験と開発を交互に繰り返しながら実施していく。仮想環境共有機能の実現と並行して、端末を追加し、追加した端末を活用したマルチタッチインタフェースによる仮想環境操作機能の実現可能性を検討していく。タブレット、スマートフォン端末での仮想環境共有型環境が実現できた段階で、学習支援機能の実装を行う。学習支援機能として従来のシステムと同様の学習を小型端末上でも実現できる点を想定する。学習支援機能の実現上、小型端末上のディスプレイでは視認性に影響が出る可能性が高いため、小型ディス

プレイでも仮想環境の視認性を下げずに、操作インタフェースと仮想環境を安定して視認できる環境とインタフェースの実現を行う。

4. 研究成果

従来システム(図1)を活用して、教育検証実験を実施し、学習において AR 型インタフェースが有効であることとどのような機能が学習に影響があるかを無機化学に関する設問に対する学習状況とインタビューを通じて確認を行った。その結果として化学反応とその結果となる沈殿反応の減少記憶のために手を動かすマーカー操作を通じた学習が有効であることが確認でき、図2の例に示すように繰り返し学習を行うことによって授業時間一時限分の時間で高等学校無機化学に関する沈殿反応の学習反応の学習を進めることが出来ることを確認した。



図1: 従来システム

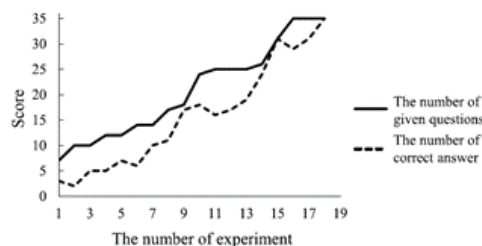


図2: 従来システムを用いた学習状況の変化

また、問題提示方法として過去の学習履歴から確率的に問題選択できる方法を検討し、従来システムに実装して可能性を検討した。操作インタフェース操作履歴と操作時間のみから必要変数を導出でき、確率的に問題を自動選択できるアルゴリズムを提案し実装検証を行った。図3に確率的に自動選択された問題を用いた演習による学習過程を示す。図のように学習を進めることが可能であり、図2と同様の傾向で学習を実施できることが確認できた。

次に、タブレットおよびスマートフォン端末で動作可能な拡張現実型無機化学学習支

援システムのプロトタイプシステムを実装した。

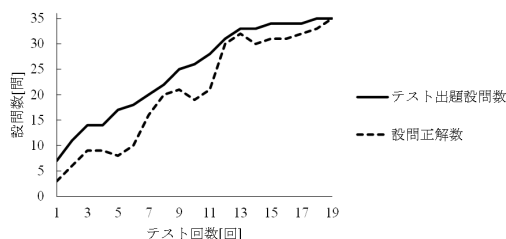


図 3：確率的に選択された問題を用いた学習過程例

図 4 に実装したプロトタイプシステムの外観を示す。図のようにスマートフォンまたはタブレット端末に装着されているカメラでマーカをリアルタイムで撮像し、その映像上にマーカに対応する CG を表示することで仮想実験環境を実現する(図 5)。マーカ操作に伴って実験を進めることができ、実験による化学反応はスマートフォン上のディスプレイで確認できる。

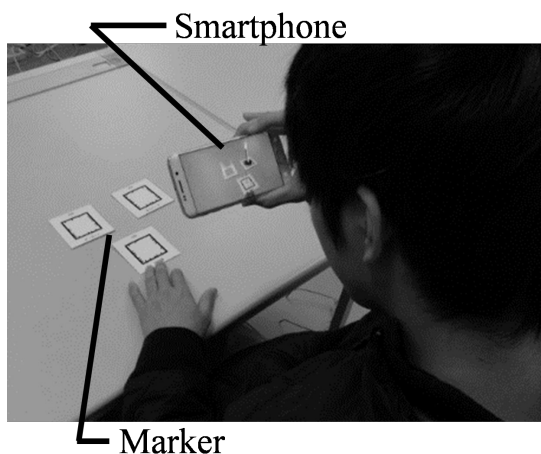


図 4：スマートフォン端末を用いた仮想実験環境

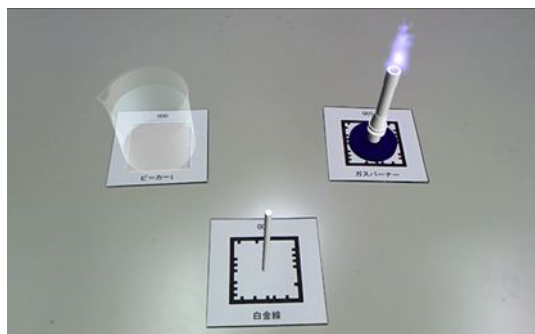


図 5：拡張現実型仮想環境例

次に、表示方法としてタブレット、スマートフォン両方で活用できるハンドヘルド型(図 4)の他にヘッドマウント型の利用可能性を検討、実装した。VR ビューアに取り付け

たスマートフォン端末(図 6)を装着することで学習者が視認する映像がスマートフォン端末のディスプレイのみとなり、ディスプレイ上の拡張表示された仮想環境を現実の代用として視認しながら学習を進めていくことができる。ヘッドマウント型では図 7 で示すように両目で異なる映像を提示することで臨場感を高めた仮想環境の提示を実現できた。



図 6：ヘッドマウント型装置

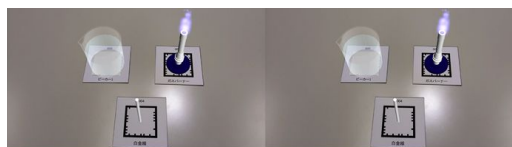


図 7：ヘッドマウント型で用いる仮想環境例

タブレット端末、スマートフォン端末の通信機能とマルチタッチ機能を活用し、仮想環境の共有機能と仮想環境のマルチタッチ操作インタフェースを実現した。(図 8)



図 8：複数台のスマートフォン端末を用いた仮想実験環境

この環境では各自で視認しているマーカに対応した仮想環境が表示されるが、マーカ操作履歴は共有されるため、視認方向が異なる時点で実験が進行した場合でも、実験状況を共有できる。共有には Bluetooth 機能を利用した。さらに図 8 で右側の学生が手に持っているようにスマートフォン端末をもう一台追加し、マルチタッチ操作可能なインタフェースを実現した。この操作形式では学習者が画面を見ることを想定せず、操作インタフェース用スマートフォン上の画面をスワイプ、

フリックなどすることで仮想環境を操作できるインタフェースとした。ユーザの操作によって図9に示す学習者が見ている映像に提示されたメニューが遷移し、目的の操作を実現できる。この実装により実際の実験とは関係ない操作をマーカから切り離すことができ、マーカ操作と実験との対応関係を強めることが期待できる。

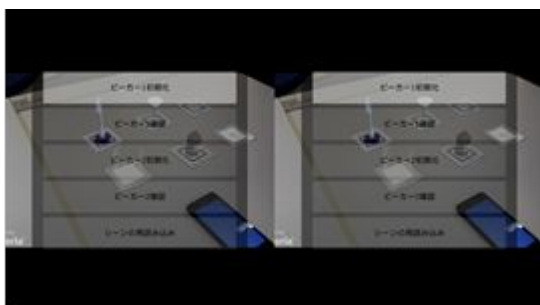


図9：メニューが表示された仮想環境例

さらに、従来システムではマーカ操作によって実現した提示問題への回答機能もマーカ操作から切り離し、端末操作で実現できるように開発した。スマートフォン端末やタブレット端末が持つ特徴として角度センサがある。この機能を利用してユーザが上を向くまたは端末を上に掲げることで、回答画面が表示されるように開発した。またこの際の実証実験で指摘された、学習状況のわかりにくさなどをインタフェースおよび提示情報の変更で改善を行い、学習中の情報提示に不備がないことを実験的に確認した。

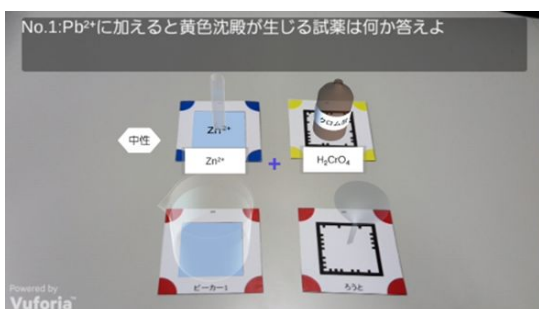


図10：問題提示機能を実現した仮想環境

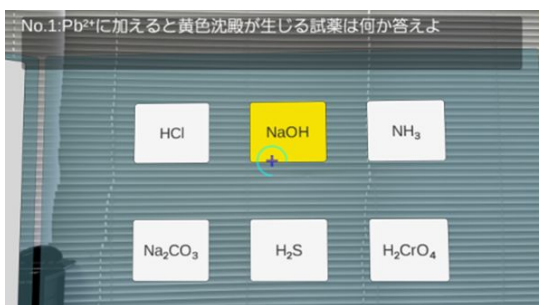


図11：上を向いたときに表示される回答メニュー欄

図10に改良し問題提示機能を追加した仮想

環境画面を示す。上を向いた時の回答選択画面を図11に示す。このシステムを用いることで、タブレットやスマートフォンなど小型端末上でも拡張現実化技術を活用した仮想環境内で無機化学の実験を行うことが出来る。さらに、このシステムを用いた学習実験でも、従来システムと同様の繰り返し学習による学習効果は確認できた。(図12)

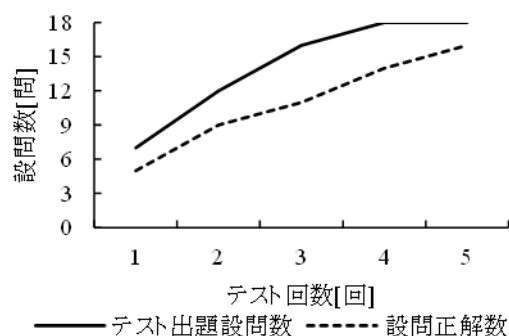


図12：システムを用いた学習効果検証結果

以上の結果より、小型端末上での拡張現実型仮想環境の実現と操作インタフェース構築および小型端末特有機能を使った操作機能の改善が実現できたと考えられる。一方で、今回の研究においてヘッドマウント型インタフェースへの評価がアンケートなどでも高く、利用可能性が期待できる。また一般市場においてもヘッドマウントディスプレイの普及が始まっている点もあるため、小型端末を用いた拡張現実型学習支援手法と並行してヘッドマウントディスプレイ利用を想定した仮想実験環境の実現を行っていく予定である。

〔雑誌論文〕(計1件)

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, 査読あり, Vol. J98-D, No. 1, pp. 83-93, 2015.

〔学会発表〕(計8件)

Masaru Okamoto, Ryoya Sumida and Yukihiro Matsubara, Probabilistic Question Selection Approach for AR-based Inorganic Chemistry Learning Support System, Proceedings of the 22nd International Conference on Computers in Education (ICCE2014), 査読あり, Nara Prefectural New Public Hall (Nara), 2014年12月2日.

岡本勝, 隅田竜矢, 松原行宏, 行動履歴に基づく問題選択機能を有するAR型無機化学学習支援システム, 第39回教育システム情報学会全国大会, 2014年9月11日, 和歌山大学(和歌山県)

岡本勝, 松原行宏, 拡張現実型学習支援システムにおける学習過程の検討, 人工

知能学会 第 72 回 先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST) , 慶応義塾大学 日吉キャンパス 来往舎 (神奈川県), 2014 年 11 月 12 日

石村司, 岡本勝, 松原行宏, ケーブルレス HMD を用いた AR 型無機化学学習支援環境, 人工知能学会 第 73 回 先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST) 湯の風 HAZU (愛知県), 2015 年 3 月 5 日

石村司, 岡本勝, 松原行宏, 岩根典之, 小型タブレット端末を用いた AR 型無機化学学習支援環境 PDF, 第 40 回教育システム情報学会全国大会 2015 年 9 月 1 日, 徳島大学 (徳島県)

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, 2015 年 9 月 22 日, 電気通信大学 (東京都)

【特別講演】岡本勝, 情報拡張による実験型学習支援手法, JSiSE 中国支部・第 15 回研究発表会, 2015 年 10 月 10 日, 岡山大学 (岡山県)

岡本勝, 石村司, 松原行宏, 簡易 HMD を活用した学習支援システムの検討, 人工知能学会 第 75 回先進的学習科学と工学研究会(SIG-ALST) , 慶応義塾大学 日吉キャンパス 来往舎 (神奈川県), 2015 年 11 月 14 日

〔その他〕

【解説記事】岡本勝, 仮想環境での体験に基づく学習支援, 人工知能 Vol. 30 No. 4 , 査読なし(2015 年 7 月)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 勝 (Masaru OKAMOTO)

広島市立大学大学院情報科学研究科知能工学専攻 講師

研究者番号 : 30453210