

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 4 月 12 日現在

機関番号：34311

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560101

研究課題名(和文) タブレットPCを用いた理科の実験技能育成のための反転授業教材の開発

研究課題名(英文) Development of Flip Teaching Materials to acquire the Experimental Skills of science using the tablet PC

研究代表者

大黒 孝文(Daikoku, Takafumi)

同志社女子大学・公私立大学の部局等・教授

研究者番号：80551358

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、教員志望大学生が理科を指導する教員として実験技能を身につけるためのマンガ反転授業用教材を開発し、その学習効果を明らかにすることである。

本教材は、気体検知管の操作方法がマンガで描かれており、タブレットPCを用いて操作するもので、2年間をかけて2回の改良を加えた。加えて、Webベースでの配信に向けたデジタルコンテンツの基礎準備も完了した。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to develop flip teaching materials for teacher candidates to acquire experiment skills and reveal the effectiveness.

The materials have been improved twice for 2 years. The materials are depicted as manga and the candidates use them with tablet PCs. The experiment skill the learners acquire in this research is operation system of the gas detector tube. Furthermore, the basic preparation of digital contents for the delivery with the Web base had completed.

研究分野：科学教育

キーワード：科学教育 教師教育 反転授業

## 1. 研究開始当初の背景

近年、深刻な問題として挙げられるのは小学校教員の理科に対する苦手意識の問題と理科の授業の質を維持する問題である。これら小学校理科教員の養成の問題として、いかに資質・能力を維持し修得させるのが真剣に問われている(大高ら、2010)。これら日本の教師教育の深刻な実態については、JSTによる調査が挙げられ、例えば教員志望学生が特に自信がない化学分野の実験技能の1つとして、気体検知管の操作が示されている(JST、2011)。これら学生が実験技能に自信がない原因として、教員養成系大学での、十分な理科実験指導を行う授業の確保ができていない実態がある。そこで、反転授業に着目する(山内、2012)。この反転授業を取り入れることで、実質的な授業時間の確保とより実践的な授業が可能となることから、実験指導に対応した教師教育教材が求められている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、教員志望大学生が特に自信のない気体検知管の実験操作に必要な実践的知識やスキルを身につけるための反転授業用教材を開発することである。具体的には、気体検知管を用いた児童実験場面をマンガに埋め込み、自ら課題を見つけ、実験技能を育成できる課題解決型教材として開発し、タブレットPC上で運用を可能にすることである。

## 3. 研究の方法

### (1) 基礎研究とシステムデザイン作成

はじめに、小学校理科の教育現場で起こりうる事象を化学分野中心に検証し、児童実験の失敗が教師の技能不足に起因する実験を抽出し整理した。同時に、科学教育関連図書(主に教師教育分野)や理科実験関連図書(主に化学実験における安全指導や実験操作に関して)およびこれらの領域の学術論文を多数レビューした。また、反転授業関連図書やWebサイト上で公開されているカーンアカデミー等の反転授業教材を参考にし、理科の教師教育方法論の理論的枠組の作成と反転授業のための教材デザインを行った。同時に、タブレットPCの利便性を十分に生かせるシステムデザインを行った。

続いて、ここで作成した理論的枠組を仮説として、反転授業教材の開発や実験を計画し、最終的には小学校教員志望大学生に焦点を絞ったタブレットPCを用いた教師教育用反転授業教材の開発に取り組んだ。

### (2) タブレットPCのシステム開発

教員志望大学生が苦手分野とする化学分野において、観察・実験の指導で自信がないものに気体検知管の使い方があった。気体検知管を使用した児童実験場面と操作方法をマンガで表現し、これを教材デザインに沿ってタブレットPC用のシステム開発を行った。

開発は実験と評価を繰り返しながら、システムデザインを変更し、初期版(e.g., Daikoku

et al.,2014) 改良版(大黒ら、2014) 改良版(大黒ら、2015)と開発を進めてきた。これらの教材はすべてWebアプリケーションとして動作する。

### (3) 評価の方法

開発した反転授業教材の有効性は、同志社女子大学・関西外国語大学の教員志望大学生を対象として2014年5月から2015年6月にかけて実験を行った。

初期版に関しては、同志社女子大学において、50名を対象に使用感と学習効果に関する質問紙調査を実施した。

改良版に関しては、同志社女子大学と関西外国語大学において、47名を対象に使用感と学習効果に関する質問紙調査、操作にかかった時間、実験技能の習得テストと知識獲得テストを実施した。

改良版に関しては、同志社女子大学において、35名を対象に使用感と学習効果に関する質問紙調査、操作にかかった時間、知識獲得テストを実施した。

## 4. 研究成果

### (1) マンガ反転授業用教材の概要

マンガ反転授業用教材で扱った学習内容は、小学校6年生理科の必修実験である気体検知管の操作方法である。いずれの教材も物体が燃焼した後の空気の成分濃度を測定する児童実験場面をマンガから読み取り、正しい操作と比較する学習活動を通して、正しい操作技能を習得するコースウェアとして作成されている。また、これらの教材はWebアプリケーションとして動作する。動作環境は、Google Chrome、Mozilla Firefox、Safari、Internet Explorerなどのブラウザ上で、JavaScriptが動作すれば、iPadなどのiOSやAndroidを含めOSは問わない。

### (2) マンガ反転授業用教材に共通するマンガの特徴

初期版、改良版、改良版で使用するマンガは共通しており、共に読み進める手順は以下のようになっている。

はじめに問題提起では、燃焼後の空気中にある気体の成分を予想する。続いて、二酸化炭素・酸素・窒素の気体ごとにコースを分け、学習者が選択することで、各コースに進めるようになっている。また、二酸化炭素と酸素のコースでは、児童が気体検知管を操作する一連の場面に2コマの誤操作が描かれている。窒素コースでは気体検知管による濃度測定はない。

二酸化炭素コースにおける誤操作場面は、図1のように児童がシリンダー内の気体を出し入れする誤操作がコマに描かれており、コマには1分間という反応時間を待たずに測定値を読み取るようとする誤操作が描かれている。

酸素コースにおける誤操作場面は、気体検知管を採取器に反対に差し込む誤操作とシリンダーに気体を吸い込んだ後、その気体を

放出するという誤操作が描かれている。

(3) マンガ反転授業用教材の操作の特徴

初期版、改良版、改良版 共に、マンガで描かれた誤操作に気づき、画面をタッチした後に正しい操作と比較するのであるが、その比較の手順と方法が、図2に示すように異なっている。これは、版ごとの実験評価において、被験者から指摘を受けた操作上の問題点を改善する目的でシステムを変更したため、本報告では、改良版 についてその概要を説明する。

コースごとのマンガを見ながら、誤った操作画面に気づき、コマをタッチすることでチェックを入れる。

並列して表示される正しい操作画面と比較し再選択を行う(図3)。誤った操作画面を正しく選択できた場合は、次のコースに移動できるが、誤った選択を行った場合は操作を繰り返す。

全コースの操作を終了した後に、誤った操作画面と正しい操作画面を並列に表示し再確認を行う。

(4) マンガ反転授業用教材の評価

マンガ反転授業用教材の評価は、版を重ねる度に行ってきたが、本報告では改良版 を中心に報告を行う。

反転授業教材の操作・使用感に関して

操作・使用感は、表1の16項目について質問紙調査を実施した。評価の方法は4段階評定法で回答させ、項目ごとに「肯定的」「否定的」に分類し、回答人数の偏りを1×2の直接確率計算(両側)を用いて分析した表3の結果では、質問項目のNo.8を除いて、すべての項目で有意に肯定的な結果を得た(No.4:  $p < .05$ , 他:  $p < .01$ )。



図1 二酸化炭素コースのコマ と

ここで No.8 は、教材を見ながら児童実験の間違いをを見つけるのは簡単であったかどうかを問う質問であった。被験者が初めに既存の知識を活用して誤操作を判断し、その後正しい操作と比較しながら、再度誤操作を見つける学習活動が簡単ではないことを評価したものと捉えることができる。これに対して、他の項目はすべて有意に肯定的な評価を得ていることから、マンガ反転授業用教材の使用による操作知識の習得に効果があることを認めており、タブレット端末の操作も容易に使用していることが示唆された。

反転授業教材の操作時間に関して

1人ひとりの教材操作時間を計測し、平均操作時間と最多操作時間帯を求めたところ平均操作時間帯は7分30秒で、操作時間帯で最も人数が多かったのは、6~7分台であった。

初期版	改良版	改良版
問題提起		
気体のコース選択		
誤操作選択		
誤操作が見つかるまで再選択	正しい操作と比較しながら再選択	正しい操作と比較しながら再選択
正しい操作確認		決定した誤操作と正しい操作を比較し確認
まとめ		

図2 各教材の操作手順と方法



正しい手順と見比べて確認・修正し、下のボタンをタッチしてください。

確認・修正完了

図3 正誤の操作比較選択画面

反転授業教材の使用時間に関しては、使用時間はできるだけ短く、15分が限度で10分程度が適切であるとしている(Bergmann, J., & Sams, A., 2012)。また、Prober, C. G., & Heath, C. (2012)は、スタンフォード大学コンピュータ科学の授業において、操作時間は10分から15分が適切としている。これらから、改良版にかかる操作時間は、反転授業用教材として適切な時間と判断することができる。

実験操作知識の習得に関して

テストは、実験前、実験後の2回に分けて行い、実験操作の手順に対応した7項目の操作方法について自由記述で回答させたものを7点満点で採点した。その結果、事後テストの結果は、事前テストより有意に高く( $p<.01$ )、平均得点は7点満点中6.0点で習得率は約86%であった。以上から、授業前に改良版を用いて気体検知管操作の基礎的知識を習得することはおおむね可能なものと判断できる。

以上の成果をまとめたものは、現在日本科学教育学会の学会誌「科学教育研究」にタイトル「教員志望大学生の実験技能を高めるマンガ反転授業用教材の開発と評価 - 気体検知管の操作技能に着目して - 」として投稿中であり、採択されたのちには研究成果として公表される予定である。

表1 質問紙調査の結果

1.教材を使うのは楽しかった	**
2.教材の画面は見やすかった	**
3.教材を読み進める操作は簡単だった	**
4.教材を読み進める操作方法はすぐにわかった	*
5.二酸化炭素・窒素・酸素の3コースをすべて見る事ができた	**
6.教材を見ながら児童実験の様子がよくわかった	**
7.教材を見ながら児童実験の間違いについてよく考えた	**
8.教材を見ながら児童実験の間違いを見つけるのは簡単だった	n.s.
9.教材を見ながら児童実験の間違いがよくわかった	**
10.教材を見ながら児童実験の間違いについて、正解と見比べながら検討するのは簡単だった	**
11.教材を見ながら児童実験の間違いについて、正解と見比べながら検討することで良く考えた	**
12.教材は気体検知管の性能の理解に役立つ	**
13.教材は気体検知管の操作方法をわかりやすく表している	**
14.教材を授業前に見ることで学習への関心意欲が高まると思う	**
15.教材を授業前に見ることで気体検知管の知識理解が高まると思う	**
16.教材を授業前に見ることで気体検知管の実験技能が高まると思う	**

\*\*  $p<.01$  \*  $p<.05$

## (5) 総括

本研究の目的は、教員志望大学生が特に自信のない気体検知管の実験操作で必要な実践的知識やスキルを身につけるための反転授業用教材を開発することであった。2年間にわたる実験研究と教材の改善により、教師教育に固有な課題解決型の反転授業用教材として、新しい学習プログラムの開発と提案ができたものとする。また、Webベースでの配信に向けた準備も完了していることから、本研究の目的を果たすことができた。

## <引用文献>

大高、角屋、堀、森本、矢野(2010)小学校理科教員の養成と研修のあり方を考える、座談会、理科の教育、理科教育学会、Vol.56、514-525、2010

(独)科学技術振興機構 理科教育支援センター(2011)理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書

山内(2012)10年後の教室 講義が宿題になる - 「反転授業」教育とICT Online

Daikoku,T.,Yamamoto,T.,Funaoi,H., Takenaka,M.,Kusunoki, F.,Terano,T.,&Inagaki,S. : Flip teaching materials using manga on tablet PCs-How to operate the gas detector tube systems. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, 2087-2092, 2014

大黒孝文・舟生日出男・竹中真希子・山本智一・黒田秀子：実験操作技能を高めるマンガ反転授業用教材の改良-気体検知管の操作、日本理科教育学会第64回全国大会、470、2014

大黒孝文・舟生日出男・竹中真希子・山本智一・黒田秀子：気体検知管操作の知識獲得を高めるマンガ反転授業用教材改良版の開発、日本理科教育学会第65回全国大会、506、2015

Bergmann, J., & Sams, A. :*Flip your classroom: Reach every student in every class every day.* Washington, DC: International Society for Technology in Education.,2012.

Prober, C.G., & Heath,C. : Lecture halls without lectures- A proposal for medical education. , *The New England Journal of Medicine*, 366, 1657-1659, 2012 .

## 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)

[雑誌論文](計 1件)

Daikoku,T.,Yamamoto,T.,Funaoi,H., Takenaka,M.,Kusunoki, F.,Terano,T.,&Inagaki,S. : Flip teaching materials using manga on tablet PCs-How to operate the gas detector tube systems. *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, 2014 , 2087-2092

〔学会発表〕(計 5 件)

大黒孝文、舟生日出男、竹中真希子、山本智一、黒田秀子、タブレット端末を用いたマンガ反転授業用教材の改良と評価：気体検知管の操作技能に着目して、日本科学教育学会第39回年会、2015年8月23日、山形大学（山形県山形市）

大黒孝文、舟生日出男、竹中真希子、山本智一、黒田秀子、教員志望大学生の実験技能を高めるタブレット端末を用いたマンガ反転授業用教材の開発と評価、平成27年度ICT利用による教育改善研究発表会、2015年8月7日、東京理科大学森戸記念館（東京都）

大黒孝文、舟生日出男、竹中真希子、山本智一、黒田秀子、気体検知管操作の知識獲得を高めるマンガ反転授業用教材改良版の開発、日本理科教育学会第65回全国大会、2015年8月2日、京都教育大学（京都府京都市）

黒田秀子、大黒孝文、舟生日出男、竹中真希子、山本智一、実験操作技能を高めるマンガ反転授業用教材の評価：初期版と改良の比較から、平成26年度日本理科教育学会近畿支部大会、2014年11月15日、兵庫教育大学神戸ハーバーランド キャンパス（兵庫県神戸市）

大黒孝文、舟生日出男、竹中真希子、山本智一、黒田秀子、実験操作技能を高めるマンガ反転授業用教材の改良：気体検知管の操作、日本理科教育学会第64回全国大会、2014年8月24日、愛媛大学（愛媛県松山市）

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

大黒 孝文 (DAIKOKU, Takafumi)  
同志社女子大学・教職課程センター・教授  
研究者番号：80551358

### (2)研究分担者

舟生 日出男 (HUNAOI, Hideo)  
創価大学・教育学部・准教授  
研究者番号：20344830

黒田 秀子 (KURODA, Hideko)  
関西外国語大学・英語キャリア学部・准教授  
研究者番号：20726931

竹中 真希子 (TAKENAKA, Makiko)  
大分大学・教育福祉科学部・准教授  
研究者番号：70381019

山本 智一 (YAMAMOTO, Tomokazu)  
兵庫教育大学・学校教育研究科・准教授  
研究者番号：70381019