

論文

マンガ反転授業用教材の開発と学習評価

—教員志望大学生の教育技術を高める情報機器の活用—

大黒孝文

同志社女子大学
教職課程センター
特別任用教授

Development and Evaluation of Flip Teaching Materials Using Manga:

Teacher Candidates' Utilization of ICT to Acquire Educational Skills

Takafumi Daikoku

Teacher training program center
Doshisha Women's College of Liberal Arts,
Special Appointment Professor

Abstract

The objective of this research is to develop and evaluate flip teaching materials to facilitate the learning of experiment skills by teacher candidates. The mechanism for these teaching materials involves the usage of tablet PCs by students for viewing class scenes depicted as manga and for reading explanations about the operation of the gas detector tube system. These class scenes include drawings of children incorrectly operating the gas detector tube system. The learners cannot progress until they identify the scene showing the incorrect operation. Three types of gas are handled in the experiment: nitrogen, oxygen, and carbon dioxide. The learners can read from anywhere in the manga, and it would depict a multistory that cannot be completed unless all the scenes are read. Evaluation experiments were conducted with 47 teacher candidates. They were tests for experiment skills and the knowledge of experiment and questionnaire pertained to the sense of use and learning effects. The experiments revealed the effectiveness of the teaching materials on the learning process. It was indicated that learners took interest in learning contents and acquired adequate basic knowledge, by using manga flipped teaching materials before class.

Key Words: Flip Teaching, Manga, Teacher Education, Experimental Skills, Gas Detector Tube System

1. はじめに

我が国の小学校理科教育において教員の資質向上が課題となっている。日本学術会議（2007）では、経験5年未満の教員に着目した場合、理科の指導法についての知識・技能が「やや低い」か「低い」と自己評価している割合が約90%に達している。この原因の一つとして、小学校教員養成課程が文系学部が多く、理科専門科目を十分に履修して

いないことが挙げられている（CSERS、2010）。さらに、『理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書』（独立行政法人科学技術振興機構理科教育支援センター、2011）では、小学校教員志望学生の「観察・実験等の指導に関する自信」に関する報告がなされている。理科専修の学生と非理科専修の学生では、回答に差はあるものの、本研究で取り上げる「気体検知管の使い方」について、「や

や自信がない・自信がない」と答えたのは、理科専修の学生でも50%以上、非理科専修の学生では80%程度にもおよび。

同報告において、理科選修の学生に対して、必修の実験科目で学生実験を行っている大学が87%、講義科目（必修）の一部で行っている大学と合わせて91%が必修で行っていることが示されている。しかしながら、理科選修がある大学でも非理科選修の学生に対する割合は実験科目が30%、講義科目（必修）が57%、また、理科選修がない大学では、それぞれ6%、53%となり、理科選修コース以外では、多くの学生が必修の科目で学生実験を経験していないことが報告されている。こうした背景には、同報告において、小学校教員免許取得に必要な理科に関するカリキュラムを担当する教員が「学生実験に関して障害となっている事柄」への回答で最も多かった「授業時間が足りない」ことが関係あるものと推察される。

教員志望大学生の理科指導への苦手意識や実験指導の自信のなさなど、教員養成課程における課題については、これまでも研究や実践がなされてきている。例えば、中村（2003）は、教員養成学部の学生が実験を指導する上で不安に感じている安全管理・安全指導に焦点を当て、苦手意識の克服を支援するための教材を開発している。また、山本（2011）は理科教育の専門的な知識と実践的な立場を結び付けて具体的に理解させることを目指して、必修科目の授業プログラムを開発している。この授業では毎時20分間、実験器具の操作演習が実施されている。さらに、吉田（2011）でも、「実験や観察の技能の修得」をしながら「実験や観察を取り入れた授業の進め方」を学べるような小学校理科の指導法科目において、毎回実験を通して学ぶ機会が提供されている。

以上のように、授業時間内に実験技能等を身に付けるための研究は行われている。しかし、十分な理科実験指導を行う時間を確保できていない現状に変わりはない。そこで本研究では授業時間の有効活用を実現するために新たな視点からのアプローチとして反転授業に注目する。

反転授業とは、授業の流れを一変し、学習者が予習を行うことが前提で、授業の中で知識のさらなる定着と発展的な課題解決を行う手法であり、実質的な授業時間の確保ができる（Bergmann & Sams, 2012）。現在、反転授業を用いた取り組みは日本においても、校種を問わず多くの実践が行われている。しかし、その定量的な評価に関する報告は少なく、例えば、西本ら（2013）は、教員養成の実習演習科目において、使用上の課題や教材の問題点を指摘した

ものはあるが、理科の実験技能獲得を目指した実践と評価の報告はほとんどない。そこで、本発表の目標を情報機器を活用して小学校教員志望大学生に気体検知管の操作を習得するために必要な実験技能と知識を高めるためのマンガ反転授業用教材の開発と評価とする。

2. 本学のカリキュラムとの関連

同志社女子大学現代社会学部現代こども学科は、多様な授業をとおして学際的な理論と実践的知識を獲得し、未来を担うこどものための社会を創ることに貢献できる能力の修得を目指している。その中で、将来小学校教員を目指す学生の為に2回生で必修科目として理科が開講されている。理科の授業目標には、小学校教師としての資質と能力の育成をめざして、次の3項目が設定されている。

- ①小学校の理科授業に関する基礎的な知識や判断力を持つことができる。
- ②現在の理科教育の課題を把握し、各種授業法やテクノロジー利用の実際を知ることができる。
- ③各領域における実験・観察を行い、学習指導や教材開発を行なう基礎的な技能を身につけることができる。

先にもあげるように、文系学部としての授業時間の制約と非理科系の学生に対して以上の目標を実現するために、本研究は重要な役割をはたしているといえる。同時に今後の教員養成系大学において、より効果的で効率的な授業を行うためにも、マンガを用いた反転授業用教材の開発は新たな学習ツールとしての提案を行うものである。

3. マンガ反転授業用教材の特徴

本教材でマンガを学習ツールとして用いる主な理由は、マンガが分かりやすくふり返りが容易であり、作画の仕方などで情報を操作したりナラティブに表現したりすることができる（吉川、2005）。これにより、実験道具の機能的な特徴部分を象徴的に描いたり、実験操作の失敗場面を操作上の事件として表現したりすることで、学習者に発見させ問題解決的に実験道具の機能理解と操作技能の向上が期待できるからである（大黒ら、2011）。

本教材は、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について、物体が燃焼した後の空気成分濃度を測定する児童実験場面を描いたマンガで学習するコースウェア（図1）として作成されている。

はじめに問題提起では、燃焼後の空気中にある気体の成

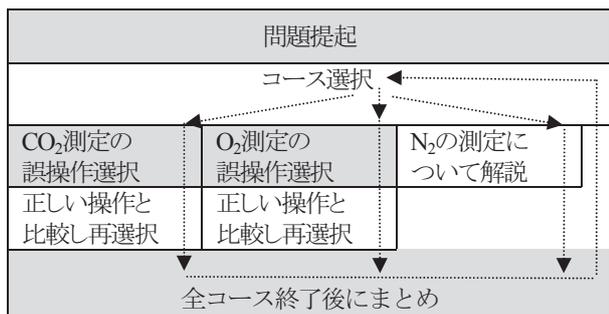


図1 コースウェアの概要

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おり(図2)、その2コマを選択すると正しい操作場面と比較しながら再選択する確認場面(図3)に進むことができる。正しい操作解説と比較しながら誤操作を選択することで、単に操作方法を覚える学習活動にとどまらず、操作の意味を判断させる活動を取り入れている。さらに、1つのコースが終了するたびに、異なったコースへの選択指示が行われ、すべてのコースを読み進めなければ終了しない仕組みとなっている。

本教材は、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などのブラウザが動作し、IDとPass Wordの入力が可能であれば、iPadなどのiOSやAndroidを含めOSは問わない。

4. 研究の方法

本研究では、マンガ反転授業教材を使用することで、理科の授業を受けるまでにどの程度の学習効果が得られるかを評価した。対象は小学校教員志望の大学2年生で、同志社女子大学に在籍する36名と関西外国語大学に在籍する11名の計47名で、時期は2014年6月~7月に実施した。



図2 二酸化炭素コースのコマ⑤と⑥



図3 正しい操作と比較し再選択する画面



図4 iPadの操作

実験の方法は、参加者に1人1台のiPadを配布し実験を行った(図4)。参加者に指示したのは、IDとパスワードの入力だけで、起動後は指示を出さず操作を行わせた。平均操作時間は10分04秒であった。

評価の方法は次の3項目を実施した。まず、技能の定着を観るために、実験終了後に気体検知管操作の実技テストを実施した。つづいて、知識定着の変化を観るために、実験実施前、実験終了後、実験終了4週間後の3回に分けて気体検知管操作の知識獲得テストを実施した。最後に本教材の使用感と学習効果に関する主観的評価を観るために質問紙調査を実施した。

(1) 気体検知管操作の実技テスト

実施方法は、参加者1人に対して観察者1人が付き(図5)、気体検知管の操作を表1に示す7項目の技能に分け、正しく操作できたか失敗したかで判断した。分析方法は、正しい操作を行った人数と誤操作を行った人数の偏りについて、直接確率計算(両側検定)を用いて行った。

(2) 気体検知管操作の知識獲得テスト

実施方法は、実験前、実験後、4週間後に事前・事後・遅延テストを行い、気体検知管操作の実技テストで確認した操作の手順に対応する7項目の操作方法(表2)について自由記述で回答させた。分析の方法は、実験後のテストについては、設問ごとに正解した人数と不正解の人数の偏りを直接確率計算(両側検定)を用いて行った。また、事前・事後・遅延テストでは、参加者ごとの得点を用いて分散分析(一要因参加者内)を行った。

(3) 使用感と学習効果に関する質問紙調査

この調査は、表3に示すように16項目の質問から構成さ



図5 気体検知管操作実技テスト

表2 知識獲得テストの結果(事後テスト)

No.	質問項目	正解	不正解	
1	採取器に取り付ける前にすること	41	6	**
2	検知管を取り付ける向き	34	13	*
3	ハンドルを引く前に気をつけること	27	20	n.s
4	引くときに気をつけること	46	1	**
5	引いた後に気をつけること	29	18	n.s
6	測定時間について知っていること	26	21	n.s
7	測定値を読むこと	40	7	**
	計	243	86	**

** $p < .01$ * $p < .05$ n.s. $.10 < p$
 ※直接確率計算1×2表(両側検定)

れており、4段階評定法で回答させた。分析方法は、肯定的回答と否定的回答に分け、その回答傾向の偏りについて、直接確率計算(両側検定)を用いて行った。

5. 結果

(1) 気体検知管操作の実技テストの結果

表1は実技テストの内容と評価結果を表したものである。7つの調査項目中、No1の検知管の矢印の反対側に保護ゴムを付けている($p < .01$)。No4のハンドルを一気に

表1 実技テストの結果

No.	内容	成功	失敗	
1	検知管の矢印の反対側に保護ゴムを付けている	38	9	**
2	検知管の方向を間違えずに採取器に付けている	30	17	+
3	ハンドルを目印に合わせている	17	30	+
4	ハンドルを一気に引いている	32	15	*
5	ハンドルの固定を確認している	32	15	*
6	測定時間を待っている	27	20	n.s
7	測定値を正確に読んでいる	29	18	n.s
	計	205	124	**

** $p < .01$ * $p < .05$ + $.05 < p < .10$ n.s. $.10 < p$
 ※直接確率計算1×2表(両側検定)

引いている ($p < .05$)。No5のハンドルの固定を確認している ($p < .05$)。以上の3項目において正確に実験することができた人数が有意に多かった。これに対して、成功人数が多く有意傾向がみられたものにNo2の検知管の方向を間違えずにガス採取器に付けている。失敗人数が多く有意傾向がみられたものにNo3のハンドルを目印に合わせているがあった ($.05 < p < .10$)。その他の調査項目については、有意差はみられなかった。また、各実験操作を正確に行った合計人数と失敗した合計人数の偏りを分析したところ、正確に操作を行った人数が有意に多いことがわかった ($p < .01$)。

(2) 気体検知管操作の知識獲得テスト

表2は知識獲得テストの質問項目と事後テストの結果を表したものである。7つの調査項目中、No1の採取器に取り付ける前にすること ($p < .01$)。No2の検知管を取り付ける向き ($p < .05$)。No4のハンドルを引くときに気をつけること ($p < .01$)。No7の測定値を読むこと ($p < .01$)。以上の4項目において正確に操作方法を説明することができた人数が有意に多かった。これに対して、その他の調査項目については有意差はみられなかった。また、操作方法を正確に説明できた合計人数とまちがった合計人数の偏りを分析したところ、正解した人数が有意に多いことがわかった ($p < .01$)。

次に事前・事後・遅延テストで実施した知識獲得テストの結果を分散分析を用いて評価したところ(図6)、事前テストよりも事後テストと遅延テストの得点が有意に高く ($p < .05$)、遅延テストよりも事後テストの得点が有意に高い結果となった ($p < .05$)。

(3) 使用感と学習効果に関する質問紙調査の結果

表3は反転授業用教材の使用感と学習効果に関する質問紙調査の結果を表したものである。まずNo1~No5の操作のしやすさや画面の見やすさ等、教材の使用感に関する5つの質問に関しては、すべて有意に肯定的な評価を得た ($p < .01$)。

次にNo6~No13の知識の獲得を行う上での学習効果に関する8項目の質問に関しては、児童が気体検知管の一連の操作を行っている場面から2か所の誤操作に気づいたり、正解と見比べたりしながら選択する作業が簡単であったかを問うNo8~No10の3項目の質問には有意差は見られなかった。しかし、児童実験の様子がよくわかったか、正解と見比べながらよく考えたかなどを問う5項目の質問に関しては有意に肯定的な評価を得た ($p < .01$)。

最後に、No14~No16の反転授業用教材として授業前に

表2 知識獲得テストの結果 (事後テスト)

No.	質問紙調査の内容要約	はい	いいえ	
1	教材を使用するのは楽しかった	36	11	**
2	教材の画面は見やすかった	43	4	**
3	教材を読み進める操作は簡単だ	33	14	**
4	操作方法はすぐにわかった	34	13	**
5	全てのコースを見ることができた	46	1	**
6	児童実験の様子がよくわかった	36	11	**
7	間違いについてよく考えた	33	14	**
8	間違いを見つけるのは簡単だった	18	29	n.s
9	間違いがよく分かった	24	23	n.s
10	見比べながら検討するのは簡単だ	23	24	n.s
11	見比べながら検討し良く考えた	38	9	**
12	教材は検知管の性能の理解に役立つ	33	14	**
13	検知管の使用方法がわかりやすい	35	12	**
14	授業前に見ることで関心意欲が高まる	38	9	**
15	授業前に見ることで知識理解が高まる	38	9	**
16	授業前に見ることで実験技能が高まる	33	14	**

** $p < .01$ n.s. $.10 < p$

※直接確率計算1×2表(両側検定)

使用する学習効果に関して聞いた3項目の質問に関しては、すべて有意に肯定的な評価を得た ($p < .01$)。

6. 考察と今後の課題

本研究の目的は、教員志望大学生を対象にした理科の実験技能を高めるためのマンガ反転授業用教材を開発し、その学習効果と使用感を2種類のテストと質問紙調査を用いて評価することであった。

まず、実験技能の習得を確認した気体検知管操作の実技テストの結果からは、7つの評価項目中有意に正確な操作ができた人数が多かった項目が3つ、正確な操作と失敗をした人数に有意傾向がみられた項目が2つ、有意差がみられなかったものが2つであった。この中で唯一失敗人数が多く、有意傾向がみられたものにNo.3のハンドルの目印を合わせる操作があった。しかし、この操作はNo.5の固定の確認を行う前操作であり、ハンドルを引いた後に行うことも可能であったため十分な注意が払われなかった可能性がある。また、各操作を正確に行った合計人数の方が、

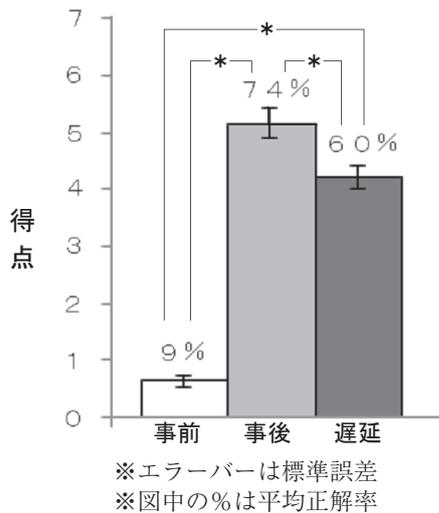


図6 知識獲得テストの結果 * $p < .0$

失敗した合計人数よりも有意に多いことがわかった。本実験の前に行った調査では、62%の参加者がこれまでに気体検知管の操作経験がなく、残りの38%すべての参加者も気体検知管を操作するのは小学校以来初めてであった。以上から、参加者は、マンガ反転授業用教材を用いて実験技能の習得ができたものと捉えることができる。

次に知識獲得テストの評価では、事後テストにおいて正解した人数がまちがった人数より有意に多かったのが、7つの評価項目中4項目であり、それ以外の項目に有意差はみられなかった。また、各実験の操作方法を正確に説明できた合計人数の方が、まちがった合計人数より有意に多かった。さらに、事前・事後・遅延テストを比較したところ、事後テストは事前テストより有意に高く、遅延テストでは事後テストよりも得点が有意に下がっているものの、反転授業用教材としての使用目的から、授業前には基礎的な知識が獲得できていたといえる。

最後に、質問紙調査の結果から、学習者はマンガ反転授業用教材の操作感や学習効果を認めていることがわかる。唯一、誤操作を選ぶことについて肯定的意見と否定的意見に有意差がみられなかった。これは、単に操作を覚えるという学習活動ではなく、マンガに描かれた児童実験の場面から誤操作を選んだり、正しい操作と比較しながら間違えた操作を判断したりするという学習活動の難しさが現われたものと解釈できる。

以上から総合的に判断した結果、学習者はタブレット端末で操作するマンガ反転授業用教材を約10分程度使用することで、操作技能の習得と基礎知識の獲得ができ、タブレット端末で操作する教材でも違和感なく効果的に使用できることが示唆された。これらの結果が得られた理由の一

つには、マンガを学習ツールとして用いることで、実験道具の機能的な特徴部分に分かりやすく、実験操作の失敗場面を操作上の問題と捉えることで、改善のための判断が行われたからだと推察することができる。

今後は参加者による意見を参考にシステムの改良を行うと同時に、反転授業の学習効果をより高める授業方法の研究を進めていきたい。

引用文献

- 1 日本学術会議：要望これからの教師の科学的教養と教員養成の在り方について，2007.
- 2 CSERS・教科「理科」関連学会協議会シンポジウム：小学校教員の資質確保に向けて，2010.
- 3 (独)科学技術振興機構 理科教育支援センター：理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書，2011.
- 4 中村重太：理科教師のための安全教育支援－化学薬品の管理・取扱いを中心に－，日本科学教育学会研究会研究報告，17(5)，109-112，2003
- 5 山本智一：小学校教員養成のための実践的な理科授業プログラムの開発(小学校理科における教師教育研究を展望する，課題研究，次世代の科学力を育てる－社会とのグラウンディングを実現するために，日本科学教育学会年会論文集，(35) 26-27，2011.
- 6 吉田安規良：観察，実験をとりいれた理科授業ができる小学校教員養成実践：小学校理科指導法科目「理科教育研究」での物質・エネルギー領域に関する実践，理科教育学研究，53(3)，497-521，2013.
- 7 Bergmann, J., & Sams, A. :*Flip your classroom: Reach every student in every class every day.* Washington, DC: International Society for Technology in Education. 2012.
- 8 西本彰文・田口浩：継教員養成系実習・演習科目における反転授業のデザインおよび実施，日本産業技術教育学会九州支部論文集，21，111-116，2013.
- 9 吉川厚：ナラティブアプローチを使った教材開発，日本科学教育学会研究会研究報告，20(2)，pp.7-10，2005.
- 10 大黒孝文・竹中真希子・中村久良・稲垣成哲：理科の指導が苦手な教師に理科実践能力を獲得させるマンガ説明書の開発と評価，科学教育研究，35(2)，pp. 205-212，2011.

謝 辞

本研究は平成26～27年度日本学術振興会科学研究費補助金・挑戦的萌芽研究「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」(課題番号26560101、代表・大黒孝文)の支援を受けたものである。

また、本研究においては、舟生日出男先生(創価大学教育学部・教育学科・教授)、黒田秀子先生(関西外国語大学・英語キャリア学部・准教授)、山本智一先生(兵庫教育大学大学院・学校教育研究科・准教授)、竹中真希子先生(大分大学大学院・教育学研究科・教授)から多大な協力を受けた。ここに感謝を申し上げる。