

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K04495

研究課題名(和文) 小中学校理科におけるインタラクティブ・シミュレータを活用した授業モデルの開発

研究課題名(英文) Development of science lesson model using interactive simulation in elementary and middle schools.

研究代表者

後藤 太一郎 (Goto, Taichiro)

三重大学・教育学部・教授

研究者番号：90183813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小中学校理科において、パソコンさえあれば実施可能なインタラクティブ・シミュレータであるPhET(The Physics Education Technology Project)を導入した授業モデルを整備し、児童生徒が身近な現象について考え、主体的に探究する授業展開例を具体化するとともに、その教育効果を評価することを目的とした。小中学校でのPhETを用いた授業モデルの実践から、理解が難しい現象を学習することに対する生徒のイメージや、生徒が知識活用の場面において大きな改善が見られた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of our study is to develop ICT-supported lesson models for science classes in elementary and middle schools and to evaluate their education effects. Our lesson models feature the interactive simulation PhET(The Physics Education Technology Project) executable on PCs and tablets, by which students can consider the natural phenomena around them and take the initiative to solve problems. In our practice of the lesson models at elementary and middle schools, students significantly changed their impression about difficult phenomena and improved their ability to utilize their knowledge in solving problems.

研究分野：理科教育

キーワード：インタラクティブ・シミュレータ PhET ICT 授業モデル CST

1. 研究開始当初の背景

小中学校における理科の学習の中で、児童生徒の好奇心や探究心を高めて科学的思考を育むために実験や観察は必要不可欠である。授業では、児童生徒に予想や仮説を立てさせて観察・実験に取り組みせ、目的意識や見通しをもって指導する。しかし、実験・観察の中には、1時間の授業の中で、実験の準備と作業に終始し、正確な実験結果を得ることがなく、結果を考察して結論を導くまでに至らない場合がある。通常の授業時間内、ある現象について、実験を通じて児童生徒が考えるプロセスを重視した授業モデルは様々な面から開発を進めることが求められており、これまでに研究代表者はデータロガーを活用した授業づくりを提案してきた。

近年、ICT機器を利用した理科教材として、コロラド大学で開発されたPhET(The Physics Education Technology Project)というインタラクティブ・シミュレータが注目されている。これは生徒の学習を支援することを明確な目的としてデザインされ、科学のすべての分野の現象を小学校から大学レベルまで扱える構成となっている。現在、129種類のコンテンツが用意され、37か国語に翻訳されており無料で使用でき、126種類のコンテンツが日本語にも翻訳されている。仮説を立てて条件を入力することで対話型のシミュレーションで現象を調べることができる。国内におけるPhETの活用は、SSH(スーパー・サイエンス・ハイスクール)指定高校や、一部の理工系学部における授業でみられるものの、小中学校教員の間にPhETは普及しておらず、小学校の活用は例がない。本研究は、小中学校の児童生徒が主体的な活動を通して科学概念の理解を深めるためのツールとしてPhETに着目し、PhETを活用した授業モデルを整備し、科学概念の定着や学力向上との関係についての調査するもので、国内はもとより、海外でもこのような研究は行われていない。

研究代表者は、現代の科学技術の成果に伴った教材開発と、その教育現場への導入を進めており、教育現場のニーズに応えるために、簡便で教育効果の高い教材開発を進めている。2012 - 2014年度には科学研究費「科学的思考力を高めるためにデータロガーを活用した実験プログラムの開発と実践的検証」を受けて研究を進めてきた。また、2012年度より、科学振興機構による「理数系教員養成拠点構築プログラム」を実施しており、実施責任者として三重県におけるCST(コア・サイエンス・ティーチャー)養成に取り組んでいる(<http://cst.pj.mie-u.ac.jp/>)。データロガーの活用事例研究成果は、CSTのプログラムにも反映され、理科教育学会等での発表を通じて三重県でのデータロガーの活用は全国的にも知られるようになった。

2013年9月に、教師の職能教育の進んでいるニュージーランドにおけるICTツールの

活用について視察した。その際、高校生がPhETを用いた主体的な学習をみたことで、日本の小中学校への導入に着手する必要性を感じた。そこで、2013年11月に、CST養成プログラムの中でPhETを活用した講座を実施した。受講者である小中学校教員からは以下のように高い評価であった。小中学校理科の単元にマッチした内容が豊富である。条件設定を変えることで、通常の実験ではできないことを行うことができ、現象について深く考えることができる。ゲーム感覚的な要素も含まれていることなどから、児童生徒が高い関心を持つ。国内で実施されている学力調査の問題を解く上でも役立つ。ネットワーク環境などの整備が進んでいない小中学校でも実施でき、経費がかからないことから、直ちに教育現場で実施できる。しかし、小中学校教員の多くは、教科書に掲載されていない教具を授業の中で実際にどのように取り入れるかわからない。そのために、小中学校理科の中でPhETの活用の有効性が高い内容を選び、授業モデルを作成するとともに、ワークシートなどを整備する必要がある。PhETの活用により、科学的探究活動だけでなく、工学的な問題解決学習へのつながりを図ることで、新しい理科教育の取り組みとして発展させることが可能となる。

2. 研究の目的

理科教育の中で、児童生徒が身近な現象に関心を持ち、正しく現象をとらえるように、様々な条件設定をして理解を深めるステップを取り入れることが重要である。本研究では、小中学校理科において、パソコンさえあれば実施可能なインタラクティブ・シミュレータを導入した授業モデルを整備し、児童生徒が身近な現象について考え、主体的に探究する授業展開例を具体化する。

そして、開発した授業モデルを活用した授業実践を行うことで、児童生徒の科学概念の理解を深めるための授業として、子どもが主体的に学び、教師が実践しやすいような、インタラクティブ・シミュレータを最大限に活用した授業開発と実践研究を通して、新しい理科授業の体系化を行うことである。

また、小中学校の全段階での理科教育の中で科学(理学)と工学を統合させるために、科学的探求と工学的デザインを取り入れる工夫をする。開発した授業モデルやワークシートは三重CSTのHPの「教材資料」に掲載することで、PhET活用の授業モデルとしての普及が期待される。本研究で得られる成果は、国内の理科教育に貢献するのみならず、PhETの新しいコンテンツ開発への提案につながることを期待される。

3. 研究の方法

小中学校理科で活用できるインタラクティブ・シミュレータであるPhETのコンテンツを理科の指導要領から抽出して、学年別、

分野別に分類する。そして、それらの授業モデルの開発を小中学校で実施する順序性と系統性を考え、PhETを活用した理科学習プログラムを作成する。また、個々の授業モデルについては、小中学校での実践と児童生徒および教育現場の教員へのアンケート調査結果をもとに改善を進める。授業実践には、三重県におけるCST(2014年3月の段階で認定者16名)が中心となって実施する他、CSTが企画する理科研修会で他の教員に紹介する。また、研究分担者が教員研修などでも実施し、受講者からの意見を調査して、授業モデルの改善を図る。

また、海外の動向を調べるために、ICTを活用した授業が進んでいるシンガポールにおけるシミュレーションソフトの活用状況を調査する。さらにPhETを開発したコロラド大学ボルダー校を訪問して、主に授業を行うクラスの規模とPhETの効果的な利用方法の関係について、PhETの開発チームにインタビューを行なうとともに、PhETを活用した指導案や、米国の中学校におけるPhETを活用した授業を視察する。これにより、先進的事例を集約し、本研究のプログラム開発を見直し、さらなる改善を図る。

4. 研究成果

2015年度は、まず、PhETのコンテンツを活用できる単元の抽出を行い、小中学校教員の教員研修で紹介して活用について検討した。また、三重県におけるCSTに対して、授業でのPhETのコンテンツの活用を依頼するとともに、CSTが行う教員研修の中で、他の教員に対して活用方法を伝達することも依頼した。そして、中学校教員からの意見や実践により、中学校で活用できるシミュレーションとして23を選定した。このうち11については中学校教員が授業実践し、PhETの活用によって生徒の興味関心を高めるとともに、現象に対する理解を深めることができたという意見であった。また、海外におけるPhETの活用について、ICT機器の活用が進んでいるシンガポールの小中学校を訪問した。しかし、シミュレーションの活用については途上段階であり、PhETを活用した授業づくりの整備の必要性が改めて提起された。

2016年度は、PhETのコンテンツを活用できる単元について授業モデルを作成し小中学校教員が実施した。電気に関する単元でPhETの「直流回路キット」を用い、授業前後で生徒へのアンケート調査の結果、電気について学習することのイメージが好ましい方向に変化した。また、生徒のPhETに対する関心も高かった。この成果の一部は、小学校教員のCSTである研究協力者により報告された(理科の教育66巻775号)。

また、PhETを開発したコロラド大学ボルダー校を訪問して、主に授業を行うクラスの規模とPhETの効果的な利用方法の関係について、PhETの開発チームにインタビューを行っ

た。その結果、数百人規模の授業であれば、PhETによるデモンストレーションを行いながら科学概念の解説を行い、その後クリッカーによる質問をいくつか学生に出すと最も効果が得られること、小規模な授業では、学生にパソコン上でシミュレーションの操作に慣れた後、教員からの質問や課題について考え、シミュレーションを実行して調べさせると効果的であること得た。PhETを活用したK-8(中学2年生)の授業の視察では、グループごとに既存の知識をまとめさせた上で、PhETのを用いて生徒に確認させるという形態であった。これらのもとに、指導マニュアルとワークシートの作成に着手した。これらを教員研修で実践するとともに、CSTによる研修会でも紹介した。

2017年度は、前年度に引き続いてPhETのコンテンツを活用できる単元として授業モデルを作成し小中学校教員が実践した。中学校では電気分野を苦手とする生徒が多いため、「回路と電流・電圧」の指導における粒子モデルとPhETの利用を考案した。これにより、生徒は知識活用の場面において大きな改善が見られ、複雑な回路の電流・電圧の推定の検証にはPhETの利用により電気の学習について生徒のイメージは大きく改善された。

また、PhETを開発したコロラド大学ボルダー校のPhETの開発チームと研究打ち合わせを行い、PhETのiPadアプリの日本語化に取り組んだ。これにより、日本でのPhETの利用がしやすくなった。さらに、PhETを活用した指導案、ワークシート、および活用を具体的に紹介する動画ファイルの作成に着手し、現在も進めている。

技術教育に関する内容については、直接的に活用できるシミュレーションが準備されていないため、中学校での実践は困難であったが、音響シミュレーションなど、技術科の教材開発段階において活用できることが明らかとなった。

PhETを用いた授業づくりには、教師の力量だけでなく、教育現場のICT環境整備が欠かせないが、特に後者に問題のある教育現場が多く、PhETの普及は主にCSTの勤務校(2018年3月の段階で50名)での実施に留まった。実施した場合も、小中学校に液晶プロジェクターがないことから演示は大型テレビとなるが、これでは児童生徒が詳しく見えない。PC室の活用にしても、PhETをインストールすることの制約もあった。ICTの活用は教育現場で欠かせない現在においても未だにICT環境整備が途上段階にあることが、日本におけるPhETの活用においても大きな障害となっている。

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6件)

1. 國仲寛人・荻原 彰・後藤太一郎
小中学校の理科の授業におけるシミュレーション教材 PhET の活用. 三重大学教育学部研究紀要、査読無、Vol.69、pp.313-318、(2018)
2. 鈴木健文・松本金矢・中西康雅
技術科教員養成における木材加工技術修得のためのホーン型スピーカー教材の提案, 三重大学教育学部研究紀要, 査読無, Vol.69, pp.245-249, (2018)
3. 松本金矢・山田康彦・松浦均・守山紗弥加・鬼寅紘史・嶋麻美 鈴鹿サーキットとの共同による自動車産業に関わる体験学習プログラムの開発と実践, 三重大学教育学部研究紀要, 査読無, Vol.69, pp.403-412, (2018)
4. 松本金矢・守山紗弥加
技術科教員養成における教材開発支援システムの開発, Dynamics and Design Conference 2017 講演論文集 (電子媒体のためページ番号無し), 査読無 (2017)
5. 荻原 彰・北川奈々・小西判尚
中学校における紫外線教育教材の開発と実践, 生物教育, 査読有, Vol.57, pp.20-26 (2016)
6. 荻原 彰・佐古裕史・寺島隆志
科学部活動における高校生の成長に果たすステークホルダーの寄与に関する事例研究, 科学教育研究, 査読有 (印刷中)

[学会発表](計5件)

1. 後藤太一郎・國仲寛人・伊藤信介・荻原 彰
シミュレーション教材 PhET の小中学校における活用. . PhET の概要と三重県における取組状況, 日本理科教育学会全国大会, 2017年8月5日, 福岡教育大学
2. 國仲寛人・荻原 彰・後藤太一郎
シミュレーション教材 PhET の小中学校における活用. . iPad アプリの日本語化の取り組み, 日本理科教育学会全国大会, 2017年8月5日, 福岡教育大学
3. 高城紀孝・荻原 彰・國仲寛人
中学校での「回路と電流・電圧」の指導における粒子モデルと PhET の利用, 日本理科教育学会東海支部大会, 2017年12月2日, 三重大学
4. 後藤太一郎・國仲寛人
シミュレーション教材 PhET の活用に向けた調査と実践. . PhET の概要と三重県における活用の取組状況, 日本理科教育学会東海支部大会, 2016年12月3日, 名古屋女子大学
5. 國仲寛人・後藤太一郎
シミュレーション教材 PhET の活用に向けた調査と実践. II. 米国コロラド州における活用実践の調査, 日本理科教育学会東海支部大会, 2016年12月3日, 名古屋女子大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

後藤 太一郎 (GOTO, Taichirou)
三重大学・教育学部・教授
研究者番号: 90183813

(2) 研究分担者

平山 大輔 (HIRAYAMA, Daisuke)
三重大学・教育学部・准教授
研究者番号: 00448755

松本 金矢 (MATSUMOTO, Kin'ya)
三重大学・教育学部・教授
研究者番号: 10239098

三島 隆 (MISHIMA, Takashi)
三重大学・地域イノベーション学研究科・准教授
研究者番号: 40314140

根津 知佳子 (NRZU, Chikako)
日本女子大学・家政学部・教授
研究者番号: 40335112

國仲 寛人 (KUNINAKA, Hiroto)
三重大学・教育学部・准教授
研究者番号: 70402766)

荻原 彰 (OGIHARA, Akira)
三重大学・教育学部・教授
研究者番号: 70378280