

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5月18日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700785

研究課題名（和文） いつでも、どこでも、誰もが参加できるユビキタスラーニングを活用した理科教育の構築

研究課題名（英文） Promotion of science education based on ubiquitous environment

研究代表者

興治 文子（OKIHARU FUMIKO）

新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授

研究者番号：60409050

研究成果の概要（和文）：理科に対する児童・生徒の関心や学習意欲を高め、効果的に科学概念を構築するための ICT を活用した教材を開発し、初等・中等・高等教育現場において授業実践を行い、その効果と課題について明らかにした。特に、次世代の教育現場での IT 環境を視野に入れ、いつでも、どこでも、誰もが参加できるユビキタス環境での理科教育のあり方を中心に研究を行った。これら研究の成果を踏まえ、理科指導力を持った教員の養成と研修の機会を設け、地域の理科教育に還元すると共に、国内外の学会で発表し、普及活動に取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：ICT-based teaching materials and instructional approaches have been developed for effective understanding about nature of science under ubiquitous environment. These studies were performed in various stage of pupils and students. Through case studies, achievements and remarks are clarified in this study. We promote ICT-based science education under ubiquitous environment at pre-service/in-service teacher training and conferences.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：自然科学教育（数学、理科、物理・化学・生物・地学、情報）

1. 研究開始当初の背景

(1) 理科離れ・学力低下などが話題になって久しい。これらは国際学力調査や国内の学力テストなどの結果に基づいており、日本の理科教育は危機的な状況にある。その背景には、学習指導要領の改訂により理科の学習内容が削減されたことや、社会の変化にともなって子どもが外で遊ぶ体験や自然に触れる機会が

減少したことが挙げられる。特に日本が戦後、高度成長をとげて経済大国、IT 大国になった一因には、科学技術が革新的に発展したためであり、国民が高い理科の素養を持っていたことが重要な役割を担った。したがって近年の理科の学力低下や興味・関心の低下は憂うべき事態であり、日本の未来を考える上でも打開する方策を考えてゆかなければいけな

い。

文部科学省は、こうした事態を改善するためには幼少時からの理科教育が重要だとして、2007年から小学校の理科授業を支援する理科支援員等配置事業（SCOT事業）を本格的に実施した。理科は日常の授業の中での効果的な実験が重要な位置を占め、その実験の企画・予備実験・準備・後片付けなど、他の教科にはない負担が教師にかかる。また小学校教員は全教科を担当するため、理科を専門としない教員や苦手な教員もあり、理科授業に対する支援は欠かせない。SCOT事業は全国の5,6年生の理科実験授業の支援を目的し、支援員は観察・実験の準備や後片付け、授業の補佐を行う。支援員は大学生・大学院生や地域住民などを対象としており、教育委員会や大学が連携して人材を養成・派遣することが期待されている。

平成20年に本学で行ったシンポジウム「理科支援員事業における連携・共同・交流の促進に向けて」には約210人（新潟および全国の教員、教育委員会職員、学生、支援員ら）が参加し、その利点と問題点が明らかになった。支援員が現場に入ることによって実験が行いやすくなり、教員自身も自発的に授業内容を改善するといった向上心が見られるようになった。また教員志望の学生にとっては1年を通して現場に入るため実践的な体験を積むことができた。その一方で、現場教員の「実験についてわからないことがあっても同僚には聞きづらい」という事例や、新潟では支援員は1学校に1人しか配置されなかったため、支援員自身がわからないことがあったときに聞きに行く場がなく、支援員同士の情報共有の場もなかったことが判明した。シンポジウム参加者からは、小中高大と中等・高等教育への見直しをもって、また、学校現場、教育委員会と大学が連携し、大学が中核的役割を担って人材育成や現職教員の指導力向上を行い、交流の機会を提供することが期待された。

(2) 理科授業におけるICT活用に対する支援の必要性について述べる。理科授業では、実験を実際に行うなどの実体験が生徒の概念形成に効果的である。しかし運動量エネルギーなど概念形成が難しい分野もあり、必ずしも従来の方では実験を行うことができなかった。教育の分野でも、ITセンサーなどが開発されたことにより、このような分野でもITセンサー運動分析ソフトを併用することで、リアルタイムに視覚化することができ、実体験として科学概念を理解することが可能となった。このようなICTを活用した理科教育は大

学で実践され、その効果についての報告があるが、初等・中等教育でどの程度取り入れることができるのであろうか。

文部科学省によると「小中高と各学校段階を通じて、各教科等や総合的な学習の時間においてコンピュータやインターネットの積極的な活用を図る」とあるが、実際には「2005年度までに、すべての小中高等学校等が各学級の授業においてコンピュータを活用できる環境を整備する」到達目標にとどまっておらず、調べもの学習以外にはあまり活用されていないのが現状である。2007年に視察に行ったある小学校では、コンピュートルームに機材が整っているにも関わらず、使用されずカバーをかけて大切に保管されていた。その主な理由としては、IT機器は備え付けで情報の授業以外では活用できない、パソコンに強い教員がいない、多忙で教員がIT機器を活用した教材の研究をする時間がないなどである。

2008年3月に韓国の教育現場でのICT活用例を視察する機会があった。韓国では、各教科ですでに積極的にICTを活用しており、小学校の段階から始まっているのである理科では、「紙と本を同時に落としたら、どちらが先に落ちるか？」という問題に対し、教員があらかじめ録画しておいた実験を動画として演示していたり、実物投影機を用いて観察のようすを詳細に示していたりした。

2. 研究の目的

理科に対する児童・生徒の関心や学習意欲を高める一方策として、ネットワーク技術を活用し、いつでも、どこでも、誰もが理科学習に携われるような魅力的で独創的なu-learning（ユビキタス・ラーニング）システムを開発し、大学を中心として地域と密接に関わる理科教育支援システムの構築を目指す。このシステムを構築するにあたり、学校現場に資産として埋もれているコンピュータ機器や、日常生活で児童・生徒が使用しているカメラ付携帯電話などの理科授業への活用例を紹介し、理科教育に携わる教員や理科支援員の研修、大学生や大学院生の教員養成の一環として活用する。

また、彼らと協同でICTを活用した理科教育法の研究や教材開発する機会を設け、自らアイデアを持って楽しい理科授業を出来るような実践的指導力を有する人材の育成を目指す。新潟県立教育センターでもデジタル教材活用と、科学技術や理科に関する実験・観察等の体験的活動を融合した学習活動に関する教員研修を理数系教育の目標として挙げており、本研究と教育委員会などのプロジェク

トとで補充しあうことで、地域における理科教育活動が活性化し、地域に根ざした魅力あるものとなるであろう。

3. 研究の方法

(1) u-Learning システムの構築の一環として、コンピュータールーム以外での理科への興味・関心の喚起の教授法の開発を行う。例えば、さまざまな理科授業コンテンツを用いた実験・授業案や素材（身近な植物・動物などの写真や動画）を児童・生徒あるいは教員や理科教育に携わる人にサーバにアップロードしてもらい、学習者のそれぞれの興味関心や進度に合わせた主体的な学びや、教育方法の効果を評価・改善に資するためのプラットフォームや IT 活用システムの構築を目指す。カメラ付携帯電話、PDA や i-touch に代表される小型パソコンなどの特性を生かした、教室外の理科教育方法の開発に主として取り組む。

(2) 地域の特性に合わせた理科支援の交流システムを構築する。教員や理科教育に携わる人が意見交換を出来るような交流の場となるブログなどの場を提供する。特に新潟市では、理科支援員の多くを学生が占める他の都道府県と異なり、主婦などの地域住民が理科支援員として活動を行っている。その理由としては、SCOT 事業では小学校現場が希望する時間帯に理科支援員が補助に入るが、学生では時間の融通が利かないこと、大学の周辺の小学校でしか活動できないためである。新潟市は政令指定都市で地理的に広範囲にわたっており、電車などの公共機関も発達していないことから、対面式の交流が難しい現状にある。そこで、セキュリティーで保護された moodle などを利用したオンラインの交流の場を用意し、新潟市・新潟県教育委員会の指導主事と連携し、利用者の身元を確認し、アクセス制限をかけた上で、利用者同士が自由に学びあうことが出来るような場を構築する。本学部では物理教員、本研究室退官教員とともに学内の物理学実験や理科支援員用に moodle でコースを作成し、既に試行的に実施しており、今後、学外の人的交流まで拡張したいと考えている。

(3) オンライン学習サポート教材のデータベース作成を行う。理科支援の質的な充実が重要な課題であり、理科教育に携わる教員や理科支援員をサポートする支援基地の構築が必要となる。小中高の理科教育をわかりやすく感動的に教授・学習できるように、指導内

容の支援、理科実験の支援、実践性・実効性の高い科学教育分野のコンテンツを準備し、創出する。理科教育の教員養成や研修の授業・実験で活用できるオンラインの学習サポート教材を豊富に蓄積する。

(4) ICT を活用した理科教育教材の開発を行う。主に物理学の力学、熱、波動、電磁気などの分野での実験において、IT センサーを活用した新しい教育実践の検討を行う。例えば、力学分野は作用・反作用と力のつりあいは混同しやすいが、カプレートセンサーを用いることによって、視覚的に理解することが可能となった。授業では、カプレートセンサーをパソコンに接続し、パソコンの画面をプロジェクターでスクリーンに映し出す。センサーとパソコンにインストールされている運動分析ソフトを併用することで、加えた力が即時に数値化、グラフ化されて画面に表示されるため、学生にとってはその場で結果がわかり、インパクトの大きな実験となる。一般に、力やエネルギーといった目に見えない概念を形成することは難しく、生徒の理解度が低いという理由で学習指導要領からも削除されてきた。次期学習指導要領では、中学校 1 分野では「エネルギー」や「粒子」が柱となるカリキュラムが組まれている。IT センサーを活用し、従来は実験することが難しかった、エネルギーなどの分野の実験実践例を開発することにより、生徒の理科に対するより深い理解を図ることが出来るであろう。

IT センサーの活用例としては、例えば小学校における燃焼実験では通常、気体検知管が用いられているが、消耗品であり毎年コストがかかっているが、酸素センサーや二酸化酸素センサーを用いることで、毎年の消耗品購入コストが抑えられ、また教育的にもどのように空気中の気体が燃焼によって移り変わるのかを生徒が目で確かめることができる。

教員研修でこのような実践例を紹介し、実際に演習することで、小中高の現場教員の ICT を活用した理科指導力向上がするであろう。また、最近では超高速デジタルカメラが比較的安価で購入できるようになり、1000 分の 1 秒の世界を視覚化することが可能となった。このことにより、瞬時に肉眼で捉える事が難しかった衝突現象や、水ロケットに代表される急速な加速度運動を画像として録画し、何度も繰り返し再現することによって効果的に教材として利用できるようになった。このような従来実験することが難しかった分野を中心に効果的な教授法の研究を行う。

(5) 「ものづくり」と「IT」をキーワードとした科学教室を実施する。2008 年に、科学技術振興機構の地域科学技術理解増進活動推進事業の一環として従来の体験型子ども科学教室（水ロケットの作成と噴射，連続衝突器の作成，軽量力学台車の作成）にパソコンを用いて理科に関わる演習を取り入れた講習会を数回実施した。小学校低学年ではものづくりの体験を通して「理科は楽しい」ことを実感することが大切であるが，学校教育で習う理科とはギャップがある。そこで，パソコンを利用して，科学教室と学校教育での教育内容に繋げる取り組みを行ったのである。小学生の参加が多かったため高度な内容は組み込めなかったが，初年度の取り組みとしては一定の効果があった。参加者の科学に対する知的好奇心を刺激したのみならず，実施主体を教員希望の大学生としたため，大学生にとってもパソコンを用いた理科教育についての経験を積むことができた。また，参加者が年少のため保護者も同伴で参加したが，科学に対する関心が高く，理科支援員として活動している人いた。彼らにとり大学は馴染みがないものであったが，科学教室を機に身近な存在となりつつある。このように，地域に密接に根づいた科学教育推進の場として大学の果たす社会的意義は大きく，また，申請者にとっては児童・大学生・大人がどのように科学現象を理解しているか，また実践によってどのように変化するかといった認識に関する研究の対象の場ともなることから，継続して行う。

(6) 国際的な ICT を活用した理科教育の研究ネットワークの確立する。日本国内各地での ICT を活用した理科教育に関わる研究会を実施し，大学研究者だけではなく小中高教員や理科教育に関わる地域住民，学生の研究交流の機会を持つ。なお，本学で理科教育のシンポジウムを 2008 年に実施し，2009 年以降も開催する予定である。遠方で参加が難しい場合には，Web カメラを利用し中継する予定である。また平行して，アジアや欧米諸国での実施状況を国際交流事業や国際会議を通して取り込み，研究計画の検討を進める予定である。また，物理教育国際会議には 2006 年以降毎年参加し，携帯電話や表計算ソフトといった IT 機器，ソフトを利用した物理教育についての研究発表，安価で身近な素材を教材とした理科普及活動のワークショップに参加しており，ユネスコやアメリカ，南アメリカ，インド，南アフリカなどの物理教育研究者と交流がある。

4. 研究成果

(1) 据え置き型のパソコンが設置されているコンピュータールームから離れて，教室の内外で ICT を活用して効果的な科学概念を形成するための教授法の開発をおこなった。物理の力学や電磁気分野では，センサーや小型ノートパソコンにインストールした分析ソフトを活用し，速度，加速度，作用・反作用，運動量，電磁誘導などの領域で，IT の進歩なしには成しえなかった実験を可能とし，生徒が能動的に学べるような授業づくりを行った。また，1,000 分の 1 秒の分解能を持つデジタルカメラを活用し，肉眼では確認することのできない波の動きや気体の分子模型を用いた観察などの教材を開発した。

これらの授業法を基に，大学においては教員希望の学生や，現職の教員研修で教授法を紹介し，理科指導力向上に努めた。

また，開発した教材を用いて県内小・中学校において ICT を活用した理科教育の実践を行った。その際，教員希望の大学生を授業者とすることで，ICT を活用した理科指導力を備えた教員の育成を行った。実践授業では，各種センサーやデジタルカメラを活用した理科実験を行うだけでなく，実験結果の共有を図るためにも ICT を活用し，電子黒板や無線機能付き SD カードを内蔵したデジタルカメラなどを利用して生徒それぞれの実験結果をクラス全体で共有化し，多様な ICT 活用理科授業の促進を行った。

授業実施後は，連携先の教員と授業検討を行ったり，授業を受けた生徒へのアンケート調査を行うことで，実際の初等・中等教育現場に即した ICT 活用理科授業の構築を行った。教員志望の大学生・大学院生には年度の終わりに科学概念形成に対する ICT 活用の有効性について意識調査を行った。小・中学生を対象とした調査からは，おおむね好評であり理科に対する興味・関心の喚起の点では有効であったと言えるが，学力向上に結び付いたかどうかはこの実践だけでは十分に評価が出来なかった。ICT 活用指導力を身に付けた大学生・大学院生に対する調査からは，ユビキタス環境づくりに対する自信をつけることはできなかったが，教員になってからも ICT を活用した授業を実施することに対する意欲的な回答が多く寄せられた。

(2) 地域の特性に合わせた理科支援を行うために，初等・中等教育の教員および教員志望の学生を対象に，ICT を活用した理科教授法の研修会を実施した。また，これらの IT センサー類を研修会後に貸し出した。実際に学校現場で活用し，その成果と課題を持ち寄ることで人的なネットワークの構築と，現場に即

した活用のあり方を探る一助となることであるだろう。

(3) 開発した教材や実践事例など収集し、デジタル化した。学習サポート教材の公開にまでは至らなかったため、今後の課題とする。

(4) ICT を活用した理科教育教材の開発について、2009年度は力学、波動及び電磁気分野の教材開発を行った。力学分野では、摩擦のない世界を、場所を問わずに手軽に再現できるようなガラスビーズとアクリル板の実験装置と、デジタルカメラ・分析ソフトを活用した2次元の運動概念形成のための教材および教授法の開発を行った。波動分野では、高分解能のデジタルカメラを用い、通常のデジタルカメラでは再現できなかった定在波が伝わる様子を視覚的に理解できるような教材画像を作成した。また、新学習指導要領では、小学校から電磁気分野が増えたため、例えばコンデンサーの蓄電・放電などをITセンサーと分析ソフトを活用することで、既存の実験にはない、リアル・タイムで場所を選ばず実験を行うことができるような教材を開発した。2010年度は、電流や磁界は目に見えない抽象的な概念であり、「電磁石」の単元を学習する小学校5,6年生ごろから特に理解に困難に感じることを調査で明らかにした。そこで、磁界を視覚化する教材の開発を行った。小・中学校段階では磁界は平面上に分布しているように見せている教材も多いため、磁界は3次元に広がる場であることを示すように留意した。また、高等教育への接続を図るため、開発した教材を磁場センサーなどを活用し、定量的な実験ができるようなものとした。2011年度は、1000分の1秒の分解能を持つデジタルカメラやITセンサーを活用し、物理では力学、電磁気学、光学分野、化学では物質の三態変化、地学では堆積の分野の教材開発を行った。

(5) 地域貢献のための単発的な科学教室ではなく、実際の初等・中等教育の学校現場の中で子どもたちの学力向上につなげていくことを主眼とすることにした。(1)で述べたとおり、学校現場での実践を多く取り入れた。

(6) 2009年度から2011年度にかけて、年に1度開催された物理教育の国際会議に出席し、研究発表および安価で持ち運び可能な教材を提示するワークショップを実施した。また、国際交流の成果を踏まえ、2009年～2011年度まで年度末に3年にわたり(2008年から継続4年)、本学にてICTを活用した理科教育のシンポジウムを開催し、初等・中等教育の教員および教員志望の学生らに広く研修の機会を

提供した。

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9件)

興治文子、科学教育創成期における熱と温度の学習と現代の理科教育への具現化、理科教室、査読無、683、2011、8-15

興治文子、小林昭三、1/1000秒の世界が拓くICTを活用した理科教育、可視化情報学会誌、査読無、30、2010、108-114

Fumiko Okiharu、Akizo Kobayashi、Towards Scientific Concept Acquisition under Ubiquitous Environment、AIP Conference Proceedings、査読有、1263、2010、139-142

[学会発表](計14件)

Fumiko Okiharu、Akizo Kobayashi、ICT-based Distinguished In-service Pre-service Teacher Training、International Conference on Physics Education、2011年8月15日～19日、メキシコシティ(メキシコ)

Fumiko Okiharu、Akizo Kobayashi、ICT-based student conceptual understanding with real-time analysis tools、GIREP - ICPE - MPTL2010、ランス(フランス)

興治文子、小林昭三、ユビキタス時代のICTを活用した科学概念形成、日本物理学会2009年秋季大会、2009年9月25日～28日、熊本大学

[図書](計 件)

[産業財産権]
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：

取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

興治 文子 (OKIHARU FUMIKO)
新潟大学・人文社会・教育科学系・准教授
研究者番号：60409050

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：