

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：12501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650499

研究課題名(和文)最先端研究成果の初等・中等教育への迅速展開システムの開発

研究課題名(英文)Development of the quick expansion system to a beginning and the secondary education class of advanced of research

研究代表者

東崎 健一 (TOZAKI, Kenichi)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：30102031

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：電子デバイス研究、免疫研究を例に取り社会への還元を目的とするパーソナルディスクラボ(PDL)の開発とその開発過程について研究した。PDLの改良と新たなPDLの開発を中心に研究を進めた。実験講座でのフィードバックによるPDLの改良なども含め、これらの研究成果よりPDL開発手順のマニュアル化もすすめた。新規の教材としては、電子ペーパーや有機LEDなど、近年開発され実用化されたばかりの技術を基にしたPDL開発も行った。実験講座の実施結果から、この研究によって、新たに開発したPDLは中高生の科学に対する興味関心を引き出す効果があることが示された。

研究成果の概要(英文)：This article discusses the process involved in the development of Personal Disk Laboratory (PDL) approach. Specifically, the study dealt on the topics, "electric device", "immunity", "electric paper" and "organic LED." These topics were introduced to students in a form of lecture; feedback was gathered to improve the PDL; a PDL manual was also produced based on the feedback. The results of the study implies that these cutting-edge research topics have motivated junior and senior high school students to learn more about science and other natural phenomena through PDL approach.

研究分野：科学教育

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：PDL アウトリーチ活動 初等・中等教育 教養教育 実習教材開発 遺伝子工学 生命科学 理科教育

1. 研究開始当初の背景

研究成果の公表は研究者の責務であると認識されるようになりつつある。特に、大型予算による研究では、その成果の公表が研究者の社会的責任として示されている。この様な中、研究者はシンポジウムなどの形で自らの研究成果の公開を進めてきた。しかし、現状では成果公表は限定的であり、一般社会への還元という責任を十分に果たしているとは言えない。現状の研究成果の公表は忙しい合間を縫ってのシンポジウムやサイエンスカフェなどの取り組みにとどまっており、今後十分な責任を果たすためには大学としての支援や方策が必要であると考えられる。一方で成果公開のための労力により研究に支障をきたしかねない事態もある。そこで申請者は、大学としてこのような活動を支援するシステムを構築することが、今後の大学運営にとっても急務であると考え、このため最先端の研究成果を初等・中等教育に素早く展開するシステムを学内において構築し、実施する方策について開発研究することとした。また、諸外国に比べ日本においては人員配置や予算的にこのような取り組みを十分に行える状況にない。このため、申請者は教育学部という利点を活用し、これまでの教育及び教員養成の経験を生かし、最先端研究成果を初等・中等教育へ反映することを試みるものである。

この取り組みの斬新な点は、

- 1) PDL 教材開発による個へ対応した最先端技術に触れる教材開発研究である。
- 2) この教材を初等・中等教育に反映させることでより継続性を持つ普遍的な研究成果公表手段を確立しようとしている点にある。

また、チャレンジングな点としては、

- 1) 大学が最先端研究を直接、初等・中等教育という教育に反映することで児童生徒の好奇心をより一層かき立て、将来に対する明確な目標を抱かせることができる点にある。この点に関しては、教員養成により培った教育委員会や学校教員等の人脈を活用し、積極的に展開する。
- 2) 学部横断的な支援体制の在り方を模索するものである点である。この点に関しては、平成 20 年度より取り組んでいる「未来の科学者養成講座」は学部横断的組織であり、教育学部を中心としているが、工学部、理学部、園芸学部など様々な学部の教員の支援を受けて実施している。このような全学的広がりを持つ組織を活用することも、今後の大学としての研究支援のあり方を論じる上でも重要な試みである。

期待される成果として、

- 1) 大型研究費により得られた最先端研究

成果を公開し、研究機関としての社会的責任を果たすことの重要性は認識されているがこれを大学として支援していく組織的研究はいまだ行われていない。

- 2) また、本申請書に示した、PDL や未来の科学者養成講座はここ数年の間に開発実験され成果を上げてきたものである。これを活用し初等・中等教育へ情報発信する本研究の試みは他大学に例を見ないものである。

この研究により

- 1) 広く効果的な研究成果公開方法が確立される。また、大型研究費を獲得している研究者の支援となるとともに、学内においても研究者間の交流を促進し、新たな研究発展の契機となることが期待される。また、この方法は他大学でも応用可能であり波及効果は極めて大きい。
- 2) 初等・中等教育へ応用する道筋をつけることで、児童生徒が早期に最先端研究に触れる機会を持つことが可能となり理系人材発掘や、理科離れ抑制といった効果も期待される。

したがって、本研究の目的は最先端研究成果を「手にとって学べる」学習プログラムへと迅速に開発するための手法の開発である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、大学で行われている最新の研究成果を学校での授業に組み込むことで、児童生徒の科学への興味関心をかき立て、理系人材の養成を助け、将来的に技術立国「日本」の力をさらに高めることにある。また、その手段として最新の研究成果を迅速に初等・中等教育で使用可能な教材化する手法を開発することである。具体的には、これまでの申請者の経験を生かし、最先端研究成果を PDL 教材化する手法の開発と大学における成果公開支援体制の開発である。

社会情勢の変化や経済システムの改革の中で税金を基にする大学における研究活動もこれらの変革と例外ではないことが明確にされた。この様な中、研究者はシンポジウムやサイエンスカフェなどの形で自らの最先端の知識の公開を進めてきた。しかし、この様な形での成果公表は限定的であり、一般社会への還元という責任を十分に果たしているとは言えない。一方で研究者が非常に少ない時間をやりくりしこのような活動を行わざるを得ない現状も存在している。

申請者は教育学部にあつて教員養成に携わる中で学生の実践的物理学教育に力を注いできた。この過程で「パーソナルディスクラボ(PDL)」を開発に携わり、一般教養教育における物理学学習に使用し成果を上げている。PDL は千葉大学で開発された個人実験実習

教材である。この教材の使用によりこれまで大型の機器を数名から 10 名以上の学生が取り囲み教員の話の聞くというスタイルで行われていた従来の教育に対し、学生 1 人 1 人が授業テーマごとに用意された小型化された個人用の実験機材を用いて自由な発想のもと実験を行い、学習し、レポート作成を行うことが可能になった。PDL 教材を用いた新たな授業展開により高校において物理を選択していない文系の学生においても物理への興味、関心がかき立てられ知識の定着と理論の理解が進むことが示されている。

さらに申請者は千葉大学が受託し JST の支援のもと実施されている「未来の科学者養成講座」の実施担当者の中心的メンバーとして、初等・中等教育への大学レベルの内容の学習及び実験実習活用を試みている。この結果、受講生は様々な論文コンテスト等で最優秀賞、優秀賞などの受賞を含め成果を上げている。本研究ではこれらの取り組みを総合し、最先端の研究成果公開をさらに広範囲かつ有効にする方策の開発に取り組むものである。(参考：日経新聞 2009 年 3 月 4 日、2009 年 7 月 31 日、読売新聞 2009 年 4 月 23 日等で取り組み状況および成果紹介)

3. 研究の方法

◎活用可能な PDL 教材化する手法の開発
申請者らの目指すものは

I) 最新研究成果を体感できる小中高
校生用の PDL 実習教材開発である。
また、この成果は大学で行われた大型、最新研究成果の効率的かつ効果的な社会への還元が目的であるため、

- ① 大学における支援体制構築
- ② 小・中・高校生に対する講座開催を行う必要がある。

この 2 点についても逐次実施していく。

①の中ではサイエンスコミュニケーター等の、最新研究を行う研究者と PDL 教材開発を行う研究者間をつなぐアレンジャーが必要となる。②に関しては現在実施中の「サイエンススタジオ CHIBA」を活用し、実施しフィードバックする。

最新研究を PDL 化するマニュアルの開発
PDL 化にあたっては

- 1) 初等・中等教育への活用のための学習指導要領に基づく展開について検討する。
- 2) 個人型実験装置であるため安価であること、また、安全面の配慮もした開発方法を探る。
- 3) 使用者のレベルに応じて使用方法を変える、制御を加える等の工夫を行う。
- 4) 予習、復習などの学習テキストの開発を目指す。これらの点を踏まえて新規 PDL を開発する。

II) 開発のためのノウハウの蓄積と実践的マニュアル化。

これまでに検討した 4 点に焦点を当て、開発のためのノウハウを蓄積する。また、PDL 教材開発マニュアルを作成する。開発モデルとしては、千葉大学が COE 拠点として活動している最先端研究を例に取り上げ PDL 教材化を行う。開発においては既存の PDL 開発を参考にする。

- ① 光電変換デバイスを用いた小型実験装置を開発する。これは光と電気の仕組みを理解し、応用について学ぶものである。
- ② 実験マニュアル開発方法を検討し、フィードバックする。
- ③ 予習、復習のためのテキスト開発。試行過程においてフィードバックを行い教育科学的見地から検討する。

III) 講座の実施中、高校生を対象とした実験講座の実施、フィードバック

- ① 中高校生を対象とした事件教室を実施し、教材の効果について検討する。効果に関してはレポート、アンケートによる受講者の理解度、関心の高さなどの項目により判定する。
- ② さらにこの過程で迅速な PDL 開発の在り方を研究する。
- ③ 以上の成果をもとにフィードバックを行い①～②の改変を行う。また、その過程における開発手順を記録してマニュアル化する。特に初等・中等教育に活用する上での留意点について詳細に検討する。
- ④ これらの成果をまとめ公表する。

◎最先端研究の迅速な PDL 化の手法の開発
PDL 化にあたっては

- ① 初等・中等教育への活用のための学習指導要領の理解が必要である
- ② 個人型実験装置であるため安価であること、また、安全面の配慮も必要である
- ③ 使用者のレベルに応じて使用方法を変える、制御を加える等の工夫が必要になる
- ④ 予習、復習などの学習テキストの開発も必須である

この 4 点に焦点を当て、開発のためのノウハウを蓄積する。中・高校生を中心とした体験型研究学習講座「未来の科学者養成講座」において開発した教材を使用した実験講座を実施し、その有効性や問題点をフィードバックし、PDL 及びその学習プログラムを改変する。また、開発実施にあたっては TA の活用による人材教育やサイエンスコミュニケーター育成に努める。

開発モデルとしては、千葉大学が COE 拠点として研究活動している有機 EL 研究や地雷探査等で有名なロボット研究を例に取り上げ PDL 教材化を行う。開発においては既存の PDL 開発を参考にする。

① 有機ELを用いた小型実験装置を開発する。これは有機ELの仕組みを理解し、応用について学ぶものである。

② ロボット制御技術に関する視覚化教材開発する。ロボット制御はどのようなアイデアでなされ何が最先端研究として行われているかを理解するもの。

③ 実験マニュアル開発

④ 予習、復習のためのテキスト開発

⑤ 中、高校生を対象とした実験講座の実施
この過程で迅速なPDL開発の在り方を研究する。またロボット研究など千葉大学が最先端の成果を上げている研究を取り上げ、教材化を試みる。

最新研究成果の効率的かつ効果的な社会への還元については以下の2方法を軸に行った。

① 大学における支援体制構築

② 講座の開催を主とする

①については、最新研究者とPDL教材開発を行う研究者をつなぐアレンジャーの育成。

②については、「未来の科学者養成講座」を活用する。

4. 研究成果

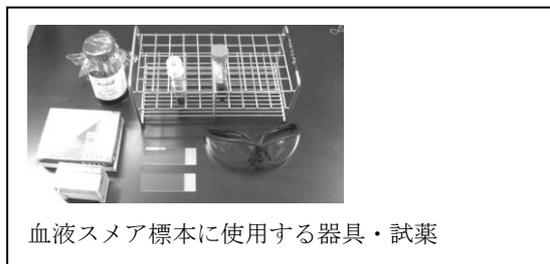
◎ パーソナルディスクラボ (PDL) の開発

白血球による食食作用に基づくパーソナルディスクラボ開発とその教材活用

白血球の食食作用についての教材開発を試みた。この教材開発にあたって、血液そのものを遠心分離し得られるパフィコート(白血球層)を用いる従来の方法に加え、フィコール液を用いて比重遠心法による単核球の単離、さらにはMagnetic cell sorterを用いた単球分離法教材化を各3つの方法を試み、教材化として比較検討をした。また高等学校3年生(希望者)を対象に、高校生物の学習内容である「白血球の食食作用の観察、血液スミア標本の作製・観察について」の講座を開発し、実施した。

開発したPDLは以下のようなものである。

1 血液スミア標本の作製



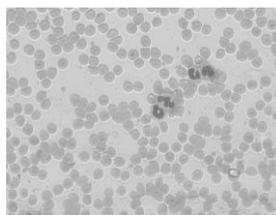
2 白血球の食食作用の観察

A 血液細胞の分離

(1) ヘマトクリット法

(2) Ficoll-paque 法による比重遠心分離法

(3) Magnetic cell sorter による単球の単離



顕微鏡で見たスミア標本

B 食食実験に用いる菌の染色

(1) 酵母菌の固定と染色

a トリパンブルーによる染色

b メチレンブルーによる染色

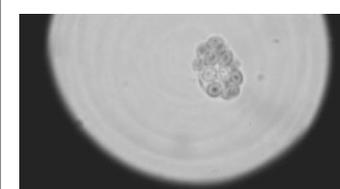
c 0.1%クリスタルバイオレットによる染色

d FITCによる染色

(2) 大腸菌の染色

FITCによる大腸菌の染色

酵母菌の染色と同様の手順でFITC染色を行った。



染色された酵母菌を取り込んだ単球

C 食作用の観察

(1) 『改訂版リンパ球機能検査法』(矢田純一、藤原道夫編著)6の方法を用いた観察

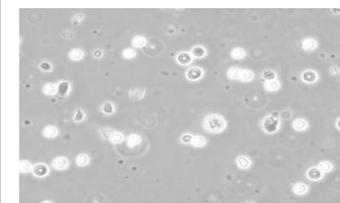
(2) 毛細ガラス管を用いた観察

(3) 納豆菌を用いた食食の観察

D フローサイトメトリー解析

1) 蛍光標識酵母菌及び大腸菌を、C食作用の観察(1)の方法で単核球に食食させた。

2) 細胞混合液をフローサイトメーターを用いて細胞集団ごとに解析した。



明視野での蛍光画像(白血球と大腸菌)

教材の実施及び考察

この教材のねらいは、学習意欲を持たせ、生徒の自主性を引き出すことであった。ねらいを達成するために、工夫・留意した3点を以下にあげる。

(1) 専門的な実験をしているという雰囲気作り。

感染症予防も兼ねて、白衣・ゴム手袋・防護メガネを着用させた。高校において経験がない状況に興味を持ち、実験にも真剣に取り組んでいた。

(2) 身近な題材として扱った。

自分の体内に菌が侵入した時に、白血球が免

疫系の最前線となり菌を捕食し、病気の発症を抑えていると身近なこととして捉えることができた。

(3)実際に血液スミア標本を作製させた。

白血球は形態的に好中球、好酸球、好塩基球、単球、リンパ球（小リンパ球・大リンパ球）に分類されることを予め説明した後に、自分で標本を作製し、スケッチ・観察した。高校で扱うことがないマイクロピペットを操作し、高価な顕微鏡で観察することで、集中して実験に取り組んでいた。

生徒のアンケート 7)からは、9割の生徒がグループの人と協力して実験ができ、今回の講座は面白かったと答えていた。また7割の生徒が「理科・数学」を勉強することは、将来の自分にとって重要だと思っていると答えていたことから、理科・数学に対する興味関心が高まったと考えられる。

この教材では、リアルタイムで食している様子の演示を試みたが、食食反応を視覚的に理解しやすい「まさに今捕食している」状態の単球を見つけ出すことが困難であり、既に捕食してしまったものが多かった。このためあらかじめ捕食している瞬間を撮影したビデオも用いておこなった。

この教材で課題として残ったものは、結果が安定して出る実験方法を難易度別に確立することである。単球が最も活発に捕食する酵母菌と単球の混合濃度や温度条件等を今後も検討する必要があると考える。

◎色素増感太陽電池の作製教材

一般的なグレッツェル型の太陽電池を教材としてPDL化を試みた。

この教材は以下の材料からなっている。

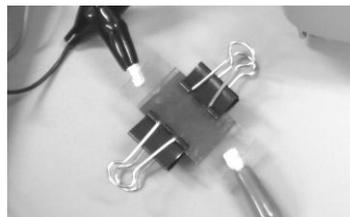
- (1) 透明電極付きガラス基板2枚
- (2) 酸化チタン粉末（アナターゼ型）
- (3) 酸化チタン分散溶媒（エチレングリコール、酢酸エチル、界面活性剤等）
- (4) 増感用色素（色素抽出用植物：乾燥ハイビスカスまたは、散策で採取）
- (5) カーボン電極作製用鉛筆
- (6) ヨウ素溶媒

素子の作製は、

- (1) 酸化チタン膜付き基板への色素の吸着
- (2) 対向電極の炭素化
- (3) 電解液の注入と素子の完成



色素の吸着



素子の完成

実験としては、電子機器の動作と素子特性の測定を行った。素子特性は太陽光の下で電流電圧特性の測定を行い、素子の特性曲線等の導出を行う。



太陽光での特性評価の例

◎金属と半導体の抵抗の温度依存性

金属や半導体の電気抵抗について、その温度依存性の理解を行う実験のPDL化を試みた。この教材では、抵抗についての原理の難易度が高いために、他の教材に比べより丁寧な講義を行ってから実験の実施を行っている。次のような講義内容である。

- (1) オームの法則
- (2) 電流の流れる原理とキャリア濃度
- (3) キャリアと電界と電流
- (4) 電流と導電率
- (5) 温度に対する抵抗の表し方



実験装置の接続の概要

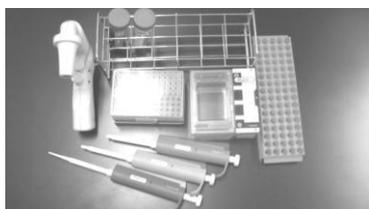
その他のPDL開発について

生命科学系では、)DNA（核酸）の解析システム、B)タンパク質の解析システム、C)糖質の解析システムである。

生命化学分野でのPDL開発の成果

様々な生命科学系PDLを開発に成功した。また、このPDLを使用することで受講生が小グループで実験可能なことより、受講生の興

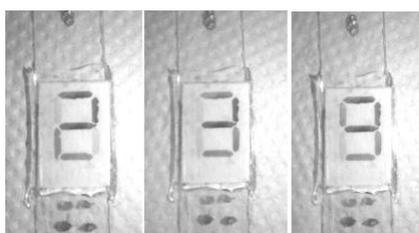
味が喚起され、自主的に様々な取り組みを行う姿が観察された。また、お互いにコミュニケーションをとりながら実験を進めており、ソーシャルスキルの向上にも働くと考えられた。さらに、観察力が伸長することが示された。



DNA 解析用 PDL

その他、開発中の工学の PDL 開発として、電子ペーパーの作製の PDL 化を進めている。

電子ペーパーの作製教材については、作製条件までの開発できているが、PDL 化については現在も開発中であり、講座での実施までは至っていない。



電子ペーパー教材の表示例

研究の成果について

電子デバイス研究、免疫研究を例に取り社会への還元を目的とするパーソナルディスクラボ (PDL) の開発とその開発過程について研究した。さらに、新たな PDL の開発と開発した PDL の改良を中心に研究を進めた。改良には、前年度から実施している開発した PDL を用いた実験講座での実験過程やアンケート結果をもとにより効果的な教材としての PDL 開発を行った。生徒数数名から 20 名までの中高生を対象に実験講座を実施した。実験講座でのフィードバックによる PDL の改良なども含め、これらの研究成果より PDL 開発手順のマニュアル化もすすめた。講座実施までには至らなかったが、電子ペーパーや有機 LED など、近年開発され実用化されたばかりの技術を基にした PDL 開発も行った。研究期間内での実験講座での検討までは困難であったため、継続して研究を進めていく予定である。実験講座の実施結果から、この研究によって、新たに開発した PDL は中高生の科学に対する興味関心を引き出す効果があることが示された。

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 3 件)

①飯塚 正明、他、色素増感太陽電池の製作教材の考察、千葉大学教育学部紀要、査読無、62 巻、2014、367-370

②山口 悠、東崎 健一、飯塚 正明、他、白血球による食食作用に基づくパーソナルデスクラボ開発とその教材活用、千葉大学教育学部紀要、査読無、61 巻、2013、457-462

③東崎 健一、他、才能支援教育のための新たなパーソナルディスクラボ開発とその教材活用、千葉大学教育学部紀要、査読無、60 巻、2012、281-285

〔学会発表〕(計 1 件)

野村 純、次世代のアジア共生基盤構築のための科学教育革新 ～グローバル化社会における拠点リーダー輩出を目指して～

2013 年度 第 37 回 静電気学会全国大会講演論文集 10pS-1、2013.9.10、千葉大学

〔図書〕(計 1 件)

飯塚 正明 他、千葉大学教育学部、サイエンススタジオ CHIBA 千葉大学からアジアへそして世界へ、2012、135

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://ssc.e.chiba-u.jp/index.html>

サイエンススタジオ CHIBA

未来を目指す子どもたちへ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東崎 健一 (TOZAKI, Kenichi)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：3 0 1 0 2 0 3 1

(2) 研究分担者

飯塚 正明 (IIZUKA, Masaaki)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：4 0 3 9 6 6 6 9