

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 20 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24531194

研究課題名(和文) データロガーの活用に基づいた科学的思考力向上実験プログラムの開発と実践的検証

研究課題名(英文) Development and practical investigation of experimental program using dataloggers for improving the scientific thinking

研究代表者

後藤 太郎 (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) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：小中学校教育の中で児童生徒の科学的思考力を育成するために、実験や観察から正しく情報収集をし、その結果から考察することができる授業の充実が重要である。本研究では、理科実験の分野で利用するために開発されたデータロガーと各種センサーを用いたパソコン計測実験を導入することにより高い教育効果が予想される単元を、理科、技術、家庭、保健体育など教科横断的に抽出して実験プログラムを作成した。三重県のCST(コア・サイエンス・ティーチャー)小中学校教員による教育現場での実践や教員研修によって教育効果を検証し、データロガーを活用した実験指導を提唱するとともに、全国に先がけて三重県での実践の普及を図った。

研究成果の概要(英文)：In order to improve scientific thinking of elementary and junior high school students, it is important to enhance the lessons which consist of collecting information from experiments and observation and discussion based on the data. Dataloggers have been used in teaching science in number of countries. However, it is not popular even in high school and college in Japan. In the present study we developed the experimental program for elementary and junior high school students. Experiments suitable for using dataloggers were selected in science, technology, home science, and physical education. Teachers certificated as "Core Science Teacher (CST) program in Mie" used dataloggers in their classes and introduced the experiments to other teachers in their school district. We introduced the inquiry based science experiments using dataloggers and increased use of dataloggers in Mie Prefecture.

研究分野：理科教育

キーワード：データロガー パソコン計測実験 ICT 授業展開 CST(コア・サイエンス・ティーチャー)

### 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。多くの学校では、児童生徒に予想や仮説、構想をもたせて観察・実験に取り組みせ、目的意識や見通しをもたせる取組が行われている。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。通常の授業時間内の実験を通して、ある現象について、児童生徒の科学的思考のプロセスを重視した授業づくりのモデルプランの開発は喫緊の課題である。

近年、ICT機器を利用した科学実験の中で、目に見えない科学情報をリアルタイムに計測しながらそのデータを保有する情報収集機器であるデータロガーの活用が注目され、児童生徒が扱える機種が次々に開発されている。多種多様なセンサーを用いることで、目に見えない科学情報が自動計測され、リアルタイムにグラフ化されることから、児童生徒が実験結果を正確に捉えることができるようになってきた。その教育効果が高いことから、米国では1990年代から高校や大学で活用され、データロガーを活用した実験を掲載する教科書が増加している。しかし、国内では、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理科実験で活用されているものの、導入例は少ない。また、データロガー販売店による活用紹介などはみられるものの、小中学校でデータロガーとセンサーを用いたパソコン計測実験を授業に導入する試みは数例が知られているだけであり、学年や発達段階を考慮しながら系統的な活用を図るための研究は国内外でも例がない。

本研究は、実験の測定・解析結果のリアルタイム性と優れた可視化機能を利用したパソコン計測実験に注目し、理科だけでなく、技術、家庭、保健体育などの他教科においても客観的なデータ計測を必要とする実験に活用することで、教科横断的な授業展開を視野にいれながら、科学的な事物・現象を日常生活に結び付けて考えるための実験プログラムを提案しようとするものである。

申請代表者は、生物教育における教材開発に関して、教育現場との往還を通じて研究を進めており、常に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。平成14年に全米理科教育学会でデータロガーを活用した理科実験を体験した際に、測定結果がグラフとして視覚化されることから容易に結果を理解でき、実験条件を変えることでどのようになるか推測し、疑問を解決するための実験により結果を比較検討が可能なることから、まさに理科教育現場で必要とされるICT機器であると判断し、教員養成課程(学部)での授業で使用してきた。

しかし、操作には習熟が必要である上、小中学校の教育現場で活用する上で欠かせない日本語ソフトが対応していなかったことから継続に関する課題が残った。

平成22年に、従来よりも簡便で使用しやすく、しかも日本語ソフト対応のデータロガーが国内で発売されたことから、申請者は研究・教育活動に導入し、22年度から学部の理科実験で活用を開始するとともに、23年度には小中学校でこれを活用した授業を実践した。簡単な演示実験で、児童生徒の好奇心を引き出すだけでなく、結果からその理由を考え、新たな疑問が生じて次にすべき実験を考えて実施することが、授業時間内で実施可能であるなどの利点から、データロガーを活用した授業案を開発する必要性を考えるに至った。

### 2. 研究の目的

小中学校教育の中で児童生徒の科学的思考力を育成するために、実験や観察から正しく情報収集をし、その結果から考察することができる授業の充実が重要である。本研究では、理科実験の分野で利用するために開発されたデータロガーと各種センサーを用いたパソコン計測実験を導入することにより高い教育効果が予想される単元内容を、理科だけでなく、科学的測定を要する技術、家庭、保健体育など教科横断的に抽出し、学年や発達段階、指導内容に応じた実験プログラムを作成すること、および、教育現場で実際にそのプログラムを用いた授業を行って教育効果を評価し、改善点を明確にする。

これにより、小中学校において児童生徒が科学的事象に関心を深め、科学的思考を高めるための実験指導を提唱する。また、子どもの科学的思考力を向上させ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、データロガーを最大限に活用した教材開発と実践研究を通して、新しい実験指導の体系化を行う。

### 3. 研究の方法

児童生徒にとって把握しにくい現象をデータロガーにより可視化することで高い学習効果が得られると期待される実験項目を、理科、技術、家庭、保健体育から測定を必要とする実験を抽出し、データロガーの活用に適した実験方法の開発を進め、授業で実施するための指導計画を立てる。これを、小中学校で実践することで児童生徒および教育現場の教員からの評価を受けて改善を進める。また、教員養成系学部の授業や、教員研修などでも実施し、受講者からの意見を調査して改善を図る。

すでにデータロガーを本学部の授業で扱っている研究者をはじめ、小中学校における科学実験指導や小中学校教員を対象とした教員研修の実績をもつ研究者と協働することにより、小中学校の科学教育の中でデータ

ロガー活用の有効性が高い実験を精選して、教育現場で活用できる科学実験プログラムを作成する。そして、三重県内の小中学校においてデータロガーを活用した授業実践の普及を図る。また、海外における動向を調査することで、データロガーを取り入れた授業や、今後、日本におけるデータロガー活用推進に向けた方策についても検討し、データロガー導入した科学実験を発信する。

#### 4. 研究成果

小中学校における理科、技術、家庭、保健体育分野で、パソコン計測実験を導入する効果が大きいと考えられる単元内容についての調査・検討を行なった。小学校の理科で3、中学校理科で9、保健体育で3、技術で4、家庭科で5の、計24の実験を選んだ。具体的には、光合成、呼吸、蒸散、微生物による分解、発酵、前線の通過、霧や雲の発生、沸点と融点、電気伝導性、音の高さと振動、電磁誘導、運動エネルギー、心電図、心拍数、血圧、肺活量、地球温暖化現象の再現、はりの荷重と変形の関係、照明装置の効率、発電の原理とエネルギー保存、ハンバーグの内部温度の観察、かきたま汁の保温効果、衣服内温度の測定、部屋中の二酸化炭素濃度の測定など、科学現象をはじめ、心身の機能、材料加工技術、環境、食文化など生活面での科学的理解に関するものとした。

データロガーの機種として世界的に普及している機器にはPasco社のSpark(島津理化)とVernier社のLabQuest(日本マイクロボット教育社)があるが、国内流通状況等からSparkを選定した。選定した実験にそれに必要なセンサー類を整備し、実験装置の考案や使用材料を検討して予備実験を行った。授業の中で演示実験として用いることとし、予想、実験、測定結果の解釈と考察をする探究的指導を展開するように授業案を作成した。授業実践としては大学の授業で行なった。特に、温度センサーと二酸化炭素センサーは、科学現象を日常生活と結びつけて考える上で、小学校で教科横断的に活用できるものであった。受講者からは、新しい理科授業のあり方を考えるようになったという評価を受け、データロガーを活用した実験の一部を報告した。

データロガーを活用した実験を三重県教育委員会および四日市市をはじめ三重県内5市での小中学校教員対象の研修講座で実施した。また、申請者が責任者となって実施している「CST(コアサイエンスティーチャー)養成拠点構築プログラム(三重大学)」においても受講者に紹介し、この事業における拠点校構築を進める中でデータロガーの導入と活用を進めた。平成26年度までの段階で、三重県内の小中学校25校(13市町)でCSTに認定された教員がデータロガーを活用した実験を実施するようになった。データロガーの普及が全国的に進んでいない中で初めての取組となり、本研究で開発したデータロ

ガーを活用した授業案を展開する基盤づくりが進んだ。三重県において推進しているデータロガー活用の取組については、国内の学会およびシンガポールで開催された国際科学教育会議で報告した。

CSTに認定された教員および受講者が勤務校で実践を行ったところ、単に観察だけでなく、量的関係を見ることで、データを取りながら理解することの大切さを教えることができたこと、児童・生徒が集中して取り組むという意見が多かった。また、生徒がグラフの見方に慣れ、様々な単位(例えばppm、hPaなど)についても自然と学ぶようになるという効果もあった。しかし、指導者がデータロガーの取扱に習熟することは欠かせず、生徒の理解度は習熟度に依存していた。これらの成果は共同研究者以外にも、授業実践を行った教員らが成果を理科教育学会などで発表した。

また、理科に関して抽出した実験のうち、データロガーを活用しなければ現象を捉えにくい12の実験について、小中学校で教員が円滑に実施するためのマニュアルを作成した。ここでは、開発した実験装置をはじめ、データをわかりやすく表示するための設定についても具体的に示し、データロガーに不慣れな授業者でも実施できるようにした。これを「三重CST」のホームページにおける「教材開発」に掲載して発信している。

データロガーによる計測実験を学年や指導内容をもとに考えた場合、小学校では温度センサーや二酸化炭素センサーを用いて理科をはじめ家庭科での活用を中心に、中学校では理科における運動エネルギーと連動して技術での発電、理科の呼吸と連動して保健体育での心拍数や心電図の測定を行う実験プログラムがあげられる。データロガーの導入には価格面からスムーズに進まない場合もあるが、海外での調査(ニュージーランドSt Cuthberts College、全米科学教育会議(NSTA))から、iPhoneにある機能を活用して心拍数や音の測定や、温度やpHセンサーをiPadにWiFi接続できる簡便な計測器も開発されてきた。これらの教育用測定機器の中には教育現場で直ちに導入できるものもあるため、本研究で提唱したデータ計測を必要とする実験について発信を継続している。

#### 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4件)

1. 尾上修一・平山大輔・後藤太一郎(2015) データロガーを活用した理科教材開発とマニュアルの作成 三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 vol.35 pp.119-123. (査読なし)

2. 松本金矢・中西康雅 (2014) 遺伝的アルゴリズムを用いた最適設計に関する教材の開発. 日本産業技術教育学会誌 vol.56 pp.177-186. (査読あり)
3. 平山大輔・尾上修一・後藤太一郎(2014) 植物の蒸散の実験におけるデータロガーの活用. 三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要 vol.34 pp.19-23.(査読なし)
4. 平山大輔・森川英美・後藤太一郎(2013) 光合成の授業における ICT の活用とその有効性 小学校理科6年小単元「生物と空気のかかわり」に注目して. 理科教育学研究 vol.54 no.3 pp.419-425.(査読あり)

〔学会発表〕(計 9 件)

1. T.Goto, S. Onoue, A. Nishiguchi, D. Hirayama Trial to introduce use of dataloggers in Japanese elementary and junior high schools. International Science Education Conference (ISEC) 2014年11月26日(シンガポール国立教育学院 シンガポール)
2. 牧原義一 パソコン計測による誘導起電力の測定 日本物理学会秋季大会 2014年9月8日(中部大学 春日井市)
3. 尾上修一・後藤太一郎 小中学校におけるデータロガーを活用した理科実験 教材開発とマニュアル作成 日本理科教育学会全国大会 2014年8月23日(愛媛大学 松山市)
4. 後藤太一郎・尾上修一 小中学校におけるデータロガーを活用した理科実験 三重県におけるデータロガーの普及 日本理科教育学会全国大会 2014年8月23日(愛媛大学 松山市)
5. 磯部由香・加藤静香・和田みなみ. 家庭科食物分野におけるデータロガーを活用した授業実践. 日本家政学会 2014年5月24日(北九州国際会議場 北九州市)
6. 松本金矢. 技術教育における教材開発 - CST養成プログラム実践から. 学び教育フォーラム 2014年3月1日(大阪産業大学 大阪)
7. 尾上修一・後藤太一郎. データロガーの活用 - 植物の蒸散について. 日本理科教育学会東海支部大会 2013年11月10日(愛知教育大学 刈谷市)
8. 尾上修一・後藤太一郎. データロガーの活用 - 「葉のつくりとはたらき」を中心に. 日本理科教育学会全国大会 2013年8月10日(北海道大学 札幌市)
9. 牧原義一 パソコン計測を利用した講義実験. 大学教育改革フォーラム in 東海 2013年3月2日(名古屋大学 名古屋市)

〔図書〕(計 1 件)

1. 後藤太一郎(監訳)(2014) ワークブックで学ぶ生物学実験の基礎、オーム社

148pp.

〔その他〕

ホームページ等

1. 三重 CST 教材資料  
[http://cst.pj.mie-u.ac.jp/contents/kyouzai\\_list.php](http://cst.pj.mie-u.ac.jp/contents/kyouzai_list.php)
2. 尾上修一・後藤太一郎 データロガーを活用した理科実験 世界通信教材科学ニュース 平成 26 年 11 月

6. 研究組織

(1)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

(2)研究分担者

牧原義一 (MAKIHARA, Yoshikazu)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：10148786

伊藤信成 (ITOH, Nobunari)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：60344272

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

寺西克倫 (TERANISHI, Katsunori)  
三重大学・生物資源学研究科・教授  
研究者番号：20237001

根津知佳子 (NEZU, Chikako)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：40335112

富樫健二 (TOGASHI, Kenji)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：10227564

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

磯部由香 (ISOBE, Yuka)  
三重大学・教育学部・教授  
研究者番号：80218544