

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 18 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501069

研究課題名(和文) 生徒間で科学的議論を生み出す新しい理科実験連携授業システムの開発

研究課題名(英文) Development of a new cooperating system in science education which stimulate discussions among students

研究代表者

稲田 佳彦 (Inada, Yoshihiko)

岡山大学・教育学研究科(研究院)・教授

研究者番号：80273572

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：次世代の科学教育に欠かすことのできない、「科学的な議論や判断を通じて結論にいたる能力」を養うために、データロガーの即時性を活用して生徒間の議論を促す理科実験観察授業システムを開発した。各班の測定画面をVNC画面共有を利用してクラス全体で共有するため、デバイスの更新があってもシステムの基本を変更する必要がなく、将来の機器の更新に柔軟に対応できる。学校教員研修や大学講義での試行では、このシステムを利用することで発言回数が増加し、各班で実験方法を逐次変化させる様子が確認できた。授業への参加意識を高める効果がある。今回開発したシステムを活かす授業展開を確立することがこれからの課題である。

研究成果の概要(英文)：The new system, which can stimulate discussions among students in science education class, is developed in this research. This system can work to develop the ability to reach a conclusion through the scientific discussion in the next generation of science education. The system consists of data logger system, the VNC screen sharing system with eight laptop PC (tablet PC) and a center PC, two LCD projectors and a Wi-Fi router. This system is flexible about equipment updating. In the trial lecture for school teacher training and for university students, it was confirmed that comments and speaking among them increased in frequency. It has the effect of increasing the sense of participation to the lesson. A next problem is to develop the construction of lessons which are suitable for this system.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育&#8226;教育学&#8226;科学教育

キーワード：実験&#8226;観察 データロガー 画面共有システム 科学的議論 ICT

1. 研究開始当初の背景

PISA (Programme for International Student Assessment) (OECD 学習到達度調査) (OECD 2009 , 国立教育政策研究所 2007) や新学習指導要領理科 (文部科学省 2008) では , 科学リテラシーや活用力・生きる力等を養うべき重要な能力として重視している . 特に , 「科学的な疑問を認識し , 現象を科学的に説明し , 証拠に基づいた結論を導き出すことを含む能力」 (国立教育政策研究所 2007) は重要であろう . 科学教育で実験観察が重要であることは一致した見解である . しかし , 授業での実験観察が , 単なる技能の訓練や , 与えられた実験を手順通りに進めて結果を確認する「作業」で終わる場合も多い . 自然を科学的に理解して , 判断して , 活用する能力を養うためには , 実験観察データを基にした生徒間の議論を通じて , 科学的な判断のプロセスを訓練しなければならない . しかし , 実験データの整理や発表準備に時間がかかるために , 限られた授業時間内で議論の時間が十分に確保できない場合も多く , 問題の一つになっている .

ところで , 各種センサーとデータロガーの活用は , 英国や米国でも重要視されているが , 理科実験の科学的な先進性を子ども達に感じさせる効果はあっても , データロガーの可能性を十分活用しているとはいえない . データロガーの最大の利点は , その即時性と記録性であり , 限られた授業時間内で , 実験観察と生徒間での科学的議論を両立するための強力な教具になりうる .

本研究では , 生徒間の科学的議論を促す方策の一つとして , 既存の ICT 機器を活用してデータロガーを双方向同時共有して , 個々の実験観察結果を即時共有するシステムの可能性を探る .

2. 研究の目的

次世代の科学教育に欠かすことのできない , 「科学的な議論や判断を通じて結論にいたる能力」を養うために , データロガー

の即時性を活用して生徒間の議論を促す理科実験観察授業システムを開拓する . Wi-Fi、bluetooth、大型高解像度モニタ、可搬型 PC 等の環境が整ってきた現在、これらを活用して個別の機器を連携させることで、リアルタイムの生徒間のつながりを活性化し、科学的な議論を組み込んだ理科実験観察授業を可能にする土壌が整った . 本研究では、いくつかの具体的な次世代型理科実験連携授業の実施まで行い、効果を検証する .

3. 研究の方法

理科授業で行う実験観察のときに , 単なる技能の訓練や結果を確認する作業で終わらず , 実験観察データを基にした生徒間の議論を通じて科学的な判断のプロセスを訓練できることが大切である . データロガーの即時性と記録性を活用すると同時に , 孤立したデータロガーの使用ではなく , 双方向同時接続の画面共有システムと組み合わせる各班のグラフや画像を即時共有することで , 児童生徒間のつながりを活性化し , 議論を生むきっかけをつくるシステムの開発を進める . 最近では , ビジネスシーンでのワークフローで同時接続遠隔共有作業が浸透しつつあるが , 学校での実験観察にその仕組みを応用する .

本研究では以下の条件を満たすことで , 次世代科学教育で活躍できるシステムを構築できると考えている .

条件 1 測定データや観察画像を適切なグラフや画像で即時提示できること

条件 2 各班の結果をリアルタイムに比較できる提示方法が実現できること

条件 3 授業中での議論の過程で , 実験観察結果の各種提示条件を柔軟に変更できること

条件 4 教師が各班のデータロガーデバイスを同時に遠隔操作できること

条件 5 データロガーや自作センサーをカスタマイズできる柔軟性をもつこと

これらの条件を満たせば , 他の班の実験観察結果を , 即時表示されたグラフや画像

から知ることができ、比較することを通じて、実験観察のねらい・目的を意識するようになる。また、測定中でも即時に各班の途中経過の比較が可能であり、生徒間での情報交換を含む議論を生みやすい。

小中学校で実際に行なわれている実験観察授業の中からいくつか抽出して実践し、効果を明らかにすることを目指した。

図1に、システムの概略図を示す。各班では実験観察のデータを、データロガーやデジタル顕微鏡等を通じて取り込み、タブレット型PCやラップトップ型PCへ表示する。これらの各班の機器は孤立した機器なので、VNC画面共有でセンターPC（教師が操作するPC）とWi-Fi接続し、高解像度プロジェクタから大型スクリーンへ同時投影して、実験データや観察画像やグラフをクラス内で即時同時共有する。1モニタにつき4画面であれば十分な解像度を確保できる。VNC画面共有接続を利用すれば、各班の実験観察で使用するデバイスが変更になってもシステムの基本を変更する必要がなく、将来の機器の更新に柔軟に対応できる。また、教師側から生徒のデバイスを操作できるため、クラス全体のデバイスを迅速にコントロールしやすい。グラフの提示条件等を教師側からも変更できるので、生徒達の議論の内容に合わせて最適な形式でデータを提示しやすい。

測定中でも即時に各班の途中経過の比較が可能であり、生徒間での情報交換を含む議論を生みやすい。測定後も、過去の実験結果をグラフ等で呼び出して提示する等も容易で、科学的に議論する根拠となるデータを提示しやすくなる。

システム構成は、データロガーはSPARK/PASPORTシリーズを利用した。PCでモニタするので、SPARKリンクやUSBリンクを利用する。

モニタ用PCは、複数のOSや機種で動作確認をするために、プロトタイプとして、Windows7タブレットPC（ICONIA Tab W500）、MacBook Air 11インチ、Asus Zenbook UX21Eを利用し

た。その他、Windows8環境も組み入れたシステム構成も完成させた。AppleのiPadは、現在、iOSが連続的なバックグラウンド動作を認めていないため、VNCサーバーが働かない。次期iOSを期待したい。

センターPCには、Mac miniを使用した。小型で移動しやすく、モニタ出力も2系統あるので8班分の2画面に拡張可能である。また、MacOSにはデフォルトでVNCが組み込まれている。MacOS 10.7、10.8での動作を確認している。

明るい環境下で実験をすることを想定して、プロジェクタには高輝度高解像度の機種を選定し、EPSONのEB-1925Wを使用している。表示はUXGA（1600×1200ピクセル）で行なう。スクリーンは120インチの可搬自立型スクリーンを利用するが、教室の壁を利用しても対応可能である。

Wi-Fiは、IEEE 802.11n対応機器を選定し、Air Mac Extremeを利用している。VNC接続はプライベートアドレス下で行なっている。ただし、学校現場では学校のネットワーク経由でWAN側への接続を制限している場合が多く、それに対応するため、イーモバイル Pocket Wi-Fi GL10P（最大接続数10台、IEEE802.11n）を利用したシステムも構成した。LTEまたはG3回線インターネットを利用する。

本システムでは、接続速度、表示速度に大きな遅延は無く、リアルタイムの測定データのグラフ表示には支障がない。センターPCには、4台もしくは8台のPC（タブレット）のグラフ画面が、それぞれVNCでの画面共有で表示される。それぞれのデータロガーの画面操作は、各班で子供たちが行うが、センターPCのマウスとキーボードで教師が同時に行うこともできる。また、電子黒板ユニット（例えばELPIU02やe-beam等）を利用すると、スクリーン上のグラフ等をタッチ操作で変更できるので、より直感的、機動的に授業を進めることができる。

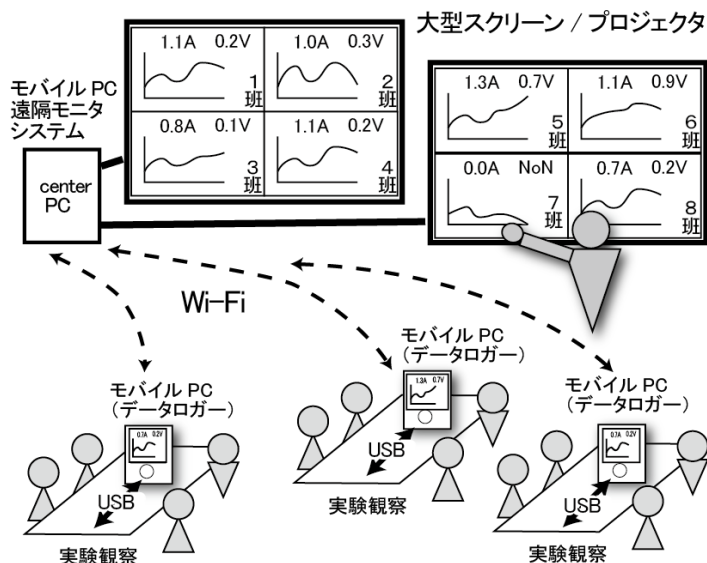


図1 システムの概念図

4. 研究成果

プロトタイプを利用した、具体的な授業構成を想定した予備的な試行として、スマートグリッドを意識した電力供給システムの教材を開発した。発電システムは手回し発電機と光電池、消費システムは豆電球やモーター、蓄電システムは大容量キャパシタを使用し、電力安定度をデータロガーで測定した電圧をリアルタイムのグラフで表示して確認する。

小中学校教員研修や免許状更新講習等で現職教員にこの授業を体験してもらい、効果や課題の抽出を行った。リアルタイムに変化する各班のグラフを同時共有することで、班内と班間の両方において、児童生徒役で使用した教員間の議論が活発になる様子が確認できた。特に、他の班のグラフの変化の様子と比較しながら自分の班の手回し発電機の安定性を議論しながら調整するなど、実験中での逐次フィードバックが実現されることを確認出来た。生徒役の小中学校教員からは、授業への参加意識を高める効果があること、逐次変化がグラフで視覚的に確認できるため、班内でデータの視認と議論が容易であるとの意見があった。

学校現場での使用での問題点については、特に ICT が苦手な教員から、短時間で簡単にシステムを構成できるように改良を望む声が多い。PC の電源を入れ、ワンタッチでセンターPC と VNC 接続して利用できるの

が理想との意見が多くよせられている。

中学生による使用テストは、岡山大学教育学部附属中学校3年生で実施した。この使用テストでは、データロガーのグラフ表示ソフトの操作方法を生徒に事前に説明せず、授業中に大型スクリーン上で教員がクリックする場所を指示する形式で使用させた。センターPC と各班のモバイル PC との接続は教員側から行い、グラフ表示操作も生徒が困難な状況では教員側から遠隔操作することでも対処し、中学生でもトラブル無く使用できることを確認した。システム構成で想定した条件の中で条件4の効果を確認できた。事前に使用方法を練習する機会を設ければ、教員側からの補助操作も殆ど必要なくなると思われる。

大学生を対象に、議論の頻度の変化について測定を行った。中学校理科教員免許取得を目指す大学2年生16名を対象に、開発した電力供給システムの教材を使用して授業を実施した。データロガー未使用時、データロガー使用時、全班的画面同時共有時における、学生間の議論と会話頻度の変化を、各班での実験中の会話を録音し測定した。現在、詳しい解析を行っているところだが、データロガー使用時に班内での議論が増加することが確認できている。画面同時共有時の変化については、授業の展開方法の影響を考慮する必要があり、現在詳しい解析を進めており、結果をまとめて学

会や論文等で報告予定である。

電力供給システムの教材以外に、小学生向けのエネルギー変換を学ぶ教材として、ペットボトル容器中の砂を振ることで生じる温度上昇をリアルタイムに測定して変化の様子を同時共有できる教材を開発した。外径 3mm のステンレス管で保護した温度センサーを 500ml ペットボトル中にセットして砂を入れるだけの簡便な教材である。これを激しく振ると砂の温度が上昇する。その様子をグラフで逐次表示し、振る激しさと温度上昇の関係を体感させる。各班の温度上昇の様子を同時に比較することで、競争感覚を通じて、振る激しさと温度上昇に相関があることを体感しやすくしている。振る動作を止めると温度上昇が止まり、熱容量の関係でしばらく定温を維持できる。再び振ると温度上昇の様子がグラフで逐次変化として確認できる。定量性は確保できないが、小学校理科でエネルギーを意識させる場面に活用できると思われる。

この教材も小学校教員の教員研修で使用テストを実施した。仕事と熱の関係を実感できる教材として高評価であった。小学校理科では発展的内容の扱いではあるが、エネルギー概念を重視する指導要領の改訂に対して効果が期待される。小学生が仕事と熱の関係を理解する教材としての効果を検証する予定である。

現在は市販のデータロガーシステムを利用しており、カスタマイズに少し難点がある。安価でカスタマイズしやすい独自のデータロガーシステムやプログラムの開発がまだ途上である。センサーの測定値を電圧に変換して出力してあれば、自作のAD変換器とUSBユニットでPCへの取込みは可能であり、ソフトはLabVIEWで開発しアプリケーションとして書き出せば、フリーで配布できる。安価なシステムの開発は可能である。

これからの課題として、この同時共有システムの使用が適している場面、適していない場面を明確にして、実際の授業での活用方法を確定することがあげられる。従来の実験観察授業とは異なるので、実験観察の新しいルールや展開の方法、効果的な機

器の活用方法を明確にする必要がある。児童生徒の自由な発言を促す効果は高いことが期待されるが、教師によって統制された発言では無いので、授業の展開の中での効果的な活用場所の検討が重要になる。実験観察結果を各班で整理し発表し、クラス内で順序立てて議論する従来の方式を軸とし、今回開発したシステムをどこに位置づけるのかについて、議論を活性化するために必要な授業展開も含めて、システムの活用方法を確立することがこれからの課題である。

生物単元でのリアルタイムの観察画像の共有にも、このシステムが効果的かどうかを検証する。

実験観察中に、生徒間や教師を介した議論を活性化して、さらにそのフィードバックを、即時に実験観察に戻すことで、生徒自身が実験観察に改良を加えることのできるシステムは多くない。多くの活用事例を蓄積していきたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 画面共有システムとデータロガーを利用した理科実験システムの構築
JST12-3(日本教育工学会研究報告集)(2012) pp.99-102
稲田佳彦 単著
2. 画面共有システムで共有されたデータロガーを利用した理科実験観察システム
JST12-4(日本教育工学会研究報告集)(2012) pp.9-12
稲田佳彦 単著

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 稲田佳彦
画面共有システムとデータロガーを利用した理科実験システムの構築
日本教育工学会研究会(2012年7月7日) 京都大学
2. 稲田佳彦
画面共有システムで共有されたデータロガーを利用した理科実験観察システム
日本教育工学会研究会(2012年10月27日) 岡山大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕(計 0 件)

〔その他〕 特に無し

6. 研究組織

(1)研究代表者

稲田佳彦

(岡山大学・大学院教育学研究科・教授)

研究者番号: 8 0 2 7 3 5 7 2

(2)研究分担者 無し
(3)連携研究者 無し