

小学校第6学年を対象としたデジタル蓄電機を用いた点灯実験

Lighting experiment using a digital power storage device for the sixth grade of elementary school

津田 真秀*・平島 和雄*・黒田 恭史**
京都教育大学附属京都小中学校*・京都教育大学**

算数科で学習する「平均」や「資料の整理」など、いくつかの集められたデータを集計・分類する能力の育成は、与えられた数値でなく、実際に測定して検出された「生のデータ」である方が望ましい。そこで、本研究では、理科の学習における手回し発電機からコンデンサーへの蓄電に着目し、デジタル蓄電機を用いた豆電球とLEDの点灯実験を行い、デジタル化された数値を処理・分析することによる教育の有効性を検証する。

キーワード：教科横断，理数連携，デジタル蓄電機

1. はじめに

理科の学習において、機器を用いた測定・実験は学習者の理解を促進するとともに、事象の変化を数値の増減から考察することができる態度を育成することにつながる。実際、現行の学習においても、ストップウォッチによる時間計測や気体検知管による酸素・二酸化炭素濃度測定など、実験結果に数値を用いる単元はいくつかある（第5学年「ふりこの動き」第6学年「ものの燃え方」など）。これらの学習で使われる教育用の安価な機器に加え、高性能なデジタル機器を活用することにより、理科教育の新たな可能性が見出すことができる。興治・小林（2010）は、ビデオ動画と運動分析ソフトを活用し、物体の自由落下や衝突現象をはじめとする物理実験を「ミリ秒」の世界で解明する教材の有効性について言及している。伊藤・井上（2010）は、小学校第6学年を対象に、赤外線センサーを用いて拍動をリアルタイムで検出する装置を開発し、学習者自身が拍動を計測する教育実践を行っている。このように、速さや運動エネルギー、生体情報など目に見えないものを視覚化することで、より実感の伴った理解が可能となると考えられる。

さて、算数・数学教育の立場から他教科との関連を紐解くと、数学的モデリングが挙げられる。現実世界の問題（現実事象）の問題を数学モデルの活用により解決を考える数学的モデリングの題材にあたっては、理科との連携が有効である。宮川ら（2014）は、二次関数を学習した中学生第3学年を対象とした斜面

を転がる台車の運動実験の課題解決を実施し、数学的モデリングにおける理科的問題の適用可能性について示唆している。さらに、松寄（2015）はSTEM教育の教材・教育として用いられているレゴを用いた研究動向を概観し、ICT利用を前提としたモデリング授業の展望について言及している。理数連携による教科横断型授業の展開として、現実事象を題材としつつ、問題の発見・解決プロセスの形成と科学的な側面からデータを収集・分析を学習者自身が体験することが理想的であると考えられる。

しかし、理数接続や現実事象の取り扱いの重要性は認識しつつも、教育現場では教材の設定や授業時間数の確保、活用できる機器の面で困難な点が少なくない。それらを受け、津田ら（2021）は、小学校第6学年を対象に空気電池とテスターを用いた酸素濃度測定実験に関する教育実践を行った。学習者自らが収集したデータをもとにその妥当性を検証する活動を通して、酸素濃度が変化する場合について測定値を用いた具体的な考察が可能となった。教科書教材の学習に加え、視覚化が難しい量を計測機器により数値として表すことにより、事象の変化を数理的に考察することが容易になると考えた。

そこで、本研究では、小学校第6学年を対象に、デジタル蓄電機を用いた豆電球とLEDの点灯時間を比較する実験に着目する。実験の際、数値化された蓄電量や使用電量を分析・処理する活動を通して、学習者自身が測定に関わりデジタル機器を使用することの有用性と、理数をより深く連携させた教科横断型授業の可能性を検討する。

2. 現行の指導とデジタル蓄電機

2.1. 「私たちの生活と電気」の指導内容

2.1.1. 手回し発電機とコンデンサー

第6学年で学習する「わたしたちの生活と電気」では、身の回りで活用されている電気に着目し、電気の利用方法や性質を手回し発電機やコンデンサーをはじめとする実験器具を用いて再現し、実証する。例えば、身近な電化製品（エアコン・ドライヤー・テレビ・車など）から、電気が熱・音・光・運動に変換されていることを想起したり、乾電池や光電池の利用から、「使う」電気のほかに、「ためる」電気があることに着目したりすることで、学習者の問題設定を図る。実際に行う実験では、モーターや豆電球、電子オルゴールといった電気で作動する器具に対し、手回し発電機やコンデンサーを用いて、発電・蓄電した電気が同じ働きを示すことを確認する。

さらに学習が進むと、ものによって電気の消費量が違うことに着目し、豆電球とLED電球の点灯を比較する実験に移る。ここでは、両者の条件をそろえるために、手回し発電機を30秒間一定の速度で回してコンデンサーに電力を蓄え、ストップウォッチを用いて点灯時間を計測する。実験結果としては、豆電球の方が短い時間で消灯し、LED電球の方が電気を効率よく利用して点灯していることを学習する。

上記の指導においても、機器上のトラブルを除けば豆電球の方がたくさん電気を消費することを確認できるが、「手回し発電機を30秒間一定の速度で回してコンデンサーに電力を蓄える」段階で、条件がそろいにくい。実際、通常の実験をする際、結果の妥当性を検証するために、30秒蓄えて点灯する実験を3回行うことになっている。電気をはじめとする視覚化できない量に関しては、豆電球・LEDの点灯のように、実験機器が作動している現象をとらえて考察するほか検証の手立てがない。

2.1.2. デジタル蓄電機

教科書で示された条件整備に加え、デジタル計器の使用を前提とした実験を組み合わせることにより、実験内容のさらなる理解と精度の高い検証を行えるのではないかと考えた。本実践においては、デジタル蓄電機(ウチダ製)を用いて、蓄電した量をデジタルメーターで確認することができるメリットを生かした実験・考察を目指す。このデジタル蓄電機は、上部の

接続部に手回し発電機をつないで蓄電すると下部のデジタルメーターに小数第1位までの百分率で蓄電量が示される。中部のソケットに豆電球などを接続すると、コンデンサーを同じ仕組みでためた電力を放出する仕組みとなっている。

3. 教育実践

3.1. 教育実践の概要

本実践を行う前に、学習者は手回し発電機を30秒間回してコンデンサーに蓄電し、豆電球とLEDの点灯時間を計測する実験を行っている。ここでは、そのときの実験から明らかになったことと、条件が不十分であったところ導入で検証し、蓄電量を一定にする必要があることを意識した状態で、デジタル蓄電機を導入し、前時の実験を再検証する。

3.2. 対象・日時・内容

対象：京都教育大学附属京都小中学校

小学校第6学年 A組 (32名) 当日欠席3名

日時：2021年2月1日 (月) 5～6校時 (計2時間)

内容：デジタル蓄電機による豆電球とLED点灯実験

第1時：機器導入と実験計画・比較・考察

第2時：実験結果の共有・妥当性の検証

3.3. 第1時：機器導入と実験計画・比較・考察

導入では、前時に行った豆電球とLEDの点灯時間を計測した実験をふりかえり、豆電球の方が点灯時間が短いこと、LED電球の方が少ない電力で光り続けることができることを確認する。前時の実験はグループごとに進めたが、その際、手回し発電機を回すスピードにより、点灯時間がグループで異なったことに対し、ためる電力を一定にすることが難しいことには触れている。そこで、今回の実験は、前回は行った実験をより精度が高いものへと再検証すべく、ためた電力を確認することができる機器を導入することを説明する。

実験においては、まず、100%蓄電した状態で豆電球とLEDの点灯時間を計測する (図2)。早く実験が終わったグループは2回目を行うよう指示し、その際の蓄電量はグループで決めてよいこととした。(ちなみに、半数のグループが2回とも100%の蓄電を行い、残りのグループは50%にしてみたり、100%以上蓄電して計測したりしていた。)

実験の注意事項として、点灯した際の数値の変化

をデジタルメーターで確認すること、点灯する光の強さと数値を比べること、数値の減るスピードをLEDと比べることなどが挙げられる。4人一組のグループとなり、蓄電する役割、メーターやストップウォッチの計測など分担して進めることができていた。実験が終了したグループから、実験結果と考察をノートに記入する。

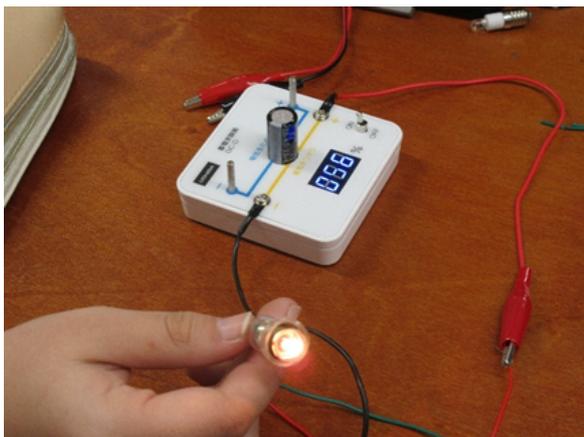


図1：デジタル蓄電機を使用した豆電球の点灯

3.4. 第2時：実験結果の共有・妥当性の検証

ここでは、実験結果・考察を共有し、その妥当性を検証する。実際、どのグループも大きなトラブルなく蓄電に成功し、実験結果を得ることができた。図2は8つのグループの計測結果を学習者が表にまとめたものである。

	1回目				
豆電球	49秒, 48秒, 1分5秒, 47秒, 47秒, 42秒, 47秒, 51秒	平均49.5秒			
LED	3:50, 2:43, 4:19, 2:30, 3:36, 2:29, 3:35, 53秒	平均3:15 (195秒)			

図2：点灯時間の記録と平均値の計算

100%の蓄電において、豆電球・LEDの点灯時間の平均は49.5秒、3分15秒であった。この平均を用いた考えは、指導者がグループごとの計測結果を黒板にまとめている際に、学習者が「平均を出せばいいのでは」と発案したことがきっかけである。学習者に電卓を渡して計算してもらった中で、1つのグループのLEDの点灯時間が「53秒」と他のグループより短い時間であったことから、「この数字はどうする？」と問いかけると、「外してもいい」という意見が出た。このグループになぜこの結果が出たのかと質問してみると、「蓄電の際につなぐ場所を間違えていたため、うまく点灯させることができなかつたから」と答えた。第5学年の算数科の学習で「平均」について、「飛び値」について扱われているため、平均を出す際に結

果に影響する数を外した方がよい、という考えが学習者側からスムーズに出た。

3.5. 記述分析

表1は、授業実践後の学習者のふりかえり記述を分類したものである。前述した平均値への着目や、測定したデジタルメーターの数値を元にした考察（～%では…）が見られたのは44.8%であった。また、蓄電する電気の量を双方の実験で揃えられることや、前回行った実験よりも精度が上がったことなど、実験機器への好感を示す記述は31.0%であった。その他の記述は、実験に対する情意面の感想（「楽しかった」「またやりたい」など）が目立ち、24.1%であった。

表1：授業実践のふりかえり記述分析（計29人）

記述の分類	反応率
実験結果の数的考察	44.8%
実験機器への好感	31.0%
その他	24.1%

それぞれに分類した記述について詳しく分析していく。まず、「実験結果の数的考察」に分類した記述について詳説する。図3は、実験結果の予想について100%蓄電と50%蓄電の違いについて述べているものである。ここで、蓄電量が半分になれば点灯時間も半分となるという予想に反したことについて記述していることがわかる。実際、豆電球・LEDともに最初の点灯時に多くの電力を消費する。各種記述の中には、そうした数値の変化の振れ幅に対する気づきも見られた。このように、蓄電量の数値から実験結果を予想し、それに対して自分たちが行った計測実験の結果を元に考察を記入している学習者が複数見られた。

100%から50%下は時間も半分た
なると思、ていたが全然ちがった
今日の実験では予想したものとはが、て
いふそれについて考えること加わりました

図3：実験結果の予想と考察に関する記述

図4は、デジタル蓄電機のメーターが示す蓄電量・使用電量の変化について、さらに詳しく記述することができた学習者の考察である。ここでは、豆電球・LEDの点灯実験の終盤に着目し、LED電球が残り20%付近で使用電量が少なくなったこと、15%で点灯が終了したことについて述べている。

さらに、これらの結果を受け、身近にある充電する機器（スマートフォンなど）に着目し、本時の学習か

ら拡張して事象を捉える視点を獲得していると考えられる。なお、授業実践においては、充電式の電池や家電製品などを取り上げ、充電することができる機能が身近にあることを全体共有している。

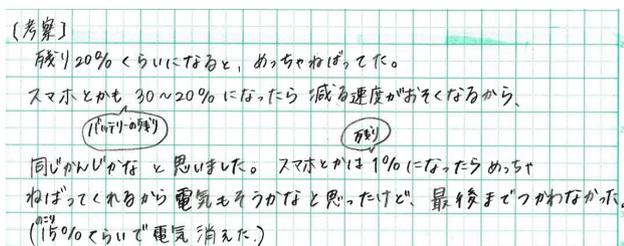


図4：残りの蓄電量を元に考察した記述

上記のように実験結果の数値を元に考察した分析の一方で、実験終了後に班ごとの計測値を平均で処理したことについて言及している記述も見られた。図5は、数多くの実験結果を積み重ねることにより、その平均をとることの意義について気づきを記述したものである。今回の実践の中で、学習者が算数の知識を用いて数的な処理をする場面は、デジタル蓄電機を用いた活動やその考察と比べ、短い時間であったため、前者に比べ強調しきれない部分もあった。しかし、前述した通り、平均値を出すことの発案や、飛び値・外れ値についての指摘など、学習者自らが気づいたものである。今後の指導内容と学習単元によっては、さらにデータの処理・分析に焦点を当てた活動内容が考案できる可能性があると考えられる。

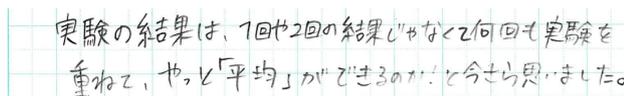


図5：残りの蓄電量を元に考察した記述

次に、「実験機器への好感」に分類した記述について詳説する。図6は、本実践で行った実験を「再検証」と捉え、前回行った点灯実験よりも条件が整備され、精度が向上したことに対して考察している記述である。「電流の量を見える化」と記されているように、デジタル蓄電機の特長やその有効性である可視化に着目できていると考えられる。下記の記述のように、前回行った実験に対して、今回の実験がどのような位置づけであるかを理解することができていると判断できる記述も複数見られた。

一方で、点灯時間を比較するという実験内容は同じであるため、学習者にとって目新しさに欠けてしまうという一面もある。実験中にも数値化している

ことの良さより、機器が数値化できることのみに興味を示しがちな学習者も一定数見られた。

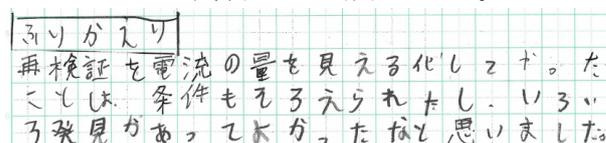


図6：再検証の意義や条件の整理についての記述

4. まとめ

本実践の成果をまとめると以下の通りである。

- ・デジタル蓄電機を用いた実験により、数値を元に現象を考察することができたこと
 - ・計測した結果の妥当性を検証するために、平均を用いたり、外れた値を除外すべきことに気づけたりすることができたこと
 - ・既習の実験を再検証することで、自ら行う実験の精度が上がったことを実感することができたこと
- 実験器具を扱う際に、蓄電や接続の部分で手間取る場面もあり、操作の慣れも必要であると考えられる。また、今回は代表の学習者の数的な処理を任せる形となったが、平均の導出やデータの選択・整理を含め、学習者に委ねる授業形態も構築できると考えられる。

参考文献

興治文子・小林昭三 (2010). 1/1000秒の世界が拓く ICTを活用した理科教育, 可視化情報 Vol.30 No.117, pp.20-26.

伊藤敏・井上祥史(2010). 拍動の視覚化教材の開発ー指先からの拍動検出, 教育システム情報学会誌 Vol.27 No.3, pp.290-293.

宮川敏之・深尾武史・谷口和成・渡邊伸樹・柳本哲 (2014). 数学的モデリングにおける理科的問題の可能性ー中学生対象の台車実験を通じた学習ー, 数学教育学会誌 Vol.55 No.1・2, pp.11-20.

松寄昭雄(2015). 数学教育からみた教具レゴを用いたモデリング研究への期待ーモデリング課題研究の企画趣旨説明とわが国における STEM教育の展開に向けてー, 日本科学教育学会第39 回年会論文集, pp.31-34.

津田真秀・平島和雄・辻礼史・黒田恭史(2021). 小学校第6 学年を対象とした酸素濃度の計測実験に関する教育実践ー理数連携の教科横断型授業を目指してー, 数学教育学会春季年会予稿集, 印刷中.