

理科教育プログラムのための学習過程記録システムの開発とその効果 Development of Recording System of Learning Process and its Effectiveness in Science Education Program

千田 和範^{*1}, 野口 孝文^{*1}, 稲守 栄^{*2}
Kazunori CHIDA^{*1}, Takafumi NOGUCHI^{*1}, Sakae INAMORI^{*2}

^{*1} 釧路工業高等専門学校 電気工学科
^{*2} 釧路工業高等専門学校 教育研究支援センター

^{*1} Department of Electrical Engineering, Kushiro National College of Technology
^{*2} Education and Research Support Center, Kushiro National College of Technology
Email: chida@kushiro-ct.ac.jp

あらまし：初学者に対し様々な知識に対する興味や意欲を持続させながら学習させるには様々な工夫が必要になる。そこで我々はこれまで協調学習の手法を用いた複数校横断型理科教育プログラムを開発し、小学校で実践してきた。本研究では、「新しい気付き」を促進させるため試行錯誤の過程からどのように理解が深まっていくかを検証するために、ICTを用いた学習過程記録システムの開発と、実際に運用した結果について報告する。

キーワード：協調学習，競争原理，問題解決型学習，教育機関連携，ICT利用

1. はじめに

近年、環境問題や省エネルギーなどの観点から電気自動車や風力発電など、モータ利用技術や発電技術が注目されている。この技術の基礎となる電気磁気分野については、小学校で初めて学ぶことになるが、電磁気は直接見ることができないため、児童は難しいと感じることが多く、それが苦手意識につながってしまう場合が多い。

そこで、北海道道東地区で唯一の電気系の専門教育を行なっている本校は、これまで数年間にわたり電磁石に関する出前授業を行ってきた。これらの授業では動機づけを重視し、全員参加型の実験授業を展開することで理科分野へ興味を持たせる活動を実施している。最近ではこれらの出前授業で得られた知見をもとに、「動機づけ」、「満足感」などを考慮した問題解決型学習やそれを拡張したコンテスト型式の学習方法を高専の授業や実験として取り入れ、関連学会で成果報告を行ってきた⁽¹⁾。

これらの活動から、複数校で授業や実験を同時展開することでクラス単位では得られなかった学習の広がりを目指し、小学校向け理科教育用グループ学習プログラムを開発した。このプログラムは4年ほど継続運用しているが、その中で実験記録の取り方により試行錯誤型実験の展開に大きな違いがでてくるのが分かった。そこでこの問題点を改善するため、試行錯誤型学習の学習過程の記録をICT機器により簡単かつ効率よく行うことができるシステムの開発を行なった。

本研究ではこの試行錯誤型実験の学習過程記録システムの概要と、システム運用を通して明らかになった試行錯誤を伴うグループ学習における知識やノウハウの継承について報告する。

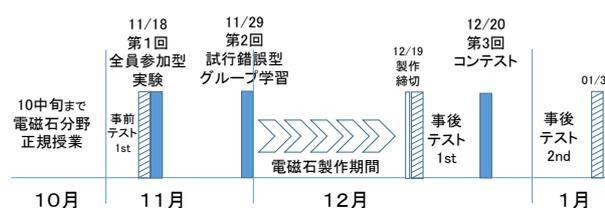


図 1. 2016 年度の教育プログラムのスケジュール

2. 複数校横断型理科教育プログラム概要

まず提案システムを運用する複数校横断型理科教育プログラムの概要を説明する。本教育プログラムは小学校 5 年生を対象として構成されており、主テーマを電磁石の働きと強力電磁石の製作に設定している。このプログラムは図 1 のスケジュールに沿った 3 つの活動によって構成されている。

- 第1回 電磁石の基本特性に関する全身体験型実験 (1 回 90 分)
- 第2回 コンテストに向けた試行錯誤型グループ学習 (高専対応 90 分, 小学校対応 2 週間程度)
- 第3回 複数校/クラス参加による電磁石の性能コンテスト (1 回 120 分)

特にコンテストによる競争原理を導入することで、課題達成のために試行錯誤を伴う問題解決学習が自発的に行われる。ここでは以下の効果が期待できる。

- ・参加児童の発想力や問題解決能力などを強化し、科学・工学の導入教育が実現できる。
- ・優れた素養や問題解決能力をもつ児童を発見し、理科教育のさらなる動機づけを目指す。
- ・児童全員を実験に参加させることで、実験への興味喚起を行い、実験や講義に集中させる。

2016 年度は市内の O 小学校 2 クラス 46 名の協力のもと本プログラムを運用した。今年度も本プログ

ラムの開始前となる 10 月中旬までに参加児童は電磁石の単元を一通り学習している。したがって、従来型の講義と本プログラム間で知識の定着度や深化の度合いなどを対比して検証することも可能である。なお、前年度の第 3 回まではコンテスト後の壁新聞作成を通して、自グループと他グループの違いを比較検討しながら学ぶ過程があった。しかし、小学校の授業時間確保の観点から最近では長期間にわたる教育プログラムが実施しにくくなっている。そのため、今年度からは担当教諭の要望もあり壁新聞作成を省略することとした。なおこの章では概要のみに留め、その具体的な内容は次章以降で説明する。

2.1 電磁石の基本特性について全身体験型実験

小学校での出前授業は一般に通常授業の中で行われる。そのため新学習指導要領の「物質・エネルギー」の内容をもとに開発し、教科書に示されている基本的な実験は網羅するように心がけている。ここでの学習はプログラム 2 回目の試行錯誤型グループ学習に繋がるため、電流の強さ、コイル巻数の影響、鉄心形状の効果などについて実験を通して体験し、様々な知識を修得してもらっている。この図 2 はこの実験の様子である。なお、この体験型実験は各クラスに対し 1 回 90 分で実施している。また、短時間で実験結果および考察内容をクラス全員に周知する必要があるため、図 3 に示す可視化ツールを開発し利用している。なお、実施内容は事前に担当教諭と打ち合わせを行い、小学校の授業とかい離しないように注意している。

2.2 試行錯誤型実験によるグループ学習

一般に、学習者は失敗などを含む試行錯誤を通して事象の理解を深めることができる。しかし学習に対する動機付けが十分ではない児童は、結果に関わらず一度完成した状態で満足し、それ以上手を加えない場合が多く見受けられる。

ここで、筆者らはこれまで高専における学生実験において、自発的な試行錯誤を促すために競争原理を取り入れることで効果をあげてきた²⁾。そこで、本プログラムでも試行錯誤しながらの取り組みを活性化するために複数校またはクラス対抗の電磁石コンテストを導入している。この試行錯誤型実験では、実験過程の記録内容が実験の成否に大きく影響する。そこで ICT 機器を活用した学習過程記録システムを開発し運用を行った。この概要は次章で説明する。また、試行錯誤の回数を確保し、様々な仮説を立ててもらうために、カウンタ付き手回し電磁石作成機も開発した。図 4 はその電磁石作成機である。この装置を使うことで、手巻きでは難しかった多数巻の実現や、これまで頻発していた巻数のカウントミスなどを抑えることが可能となった。

2.3 複数校参加による電磁石性能コンテスト

ここで行う電磁石性能コンテストは、試行錯誤が



図 2. 全員参加型の電磁石実験

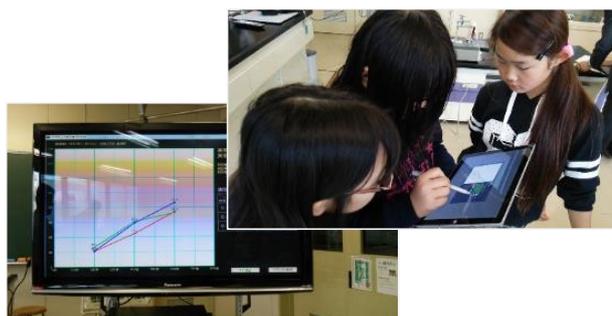


図 3. 実験結果可視化システム（右：操作用タブレット、左：クラス内実験結果共有システム使用時）

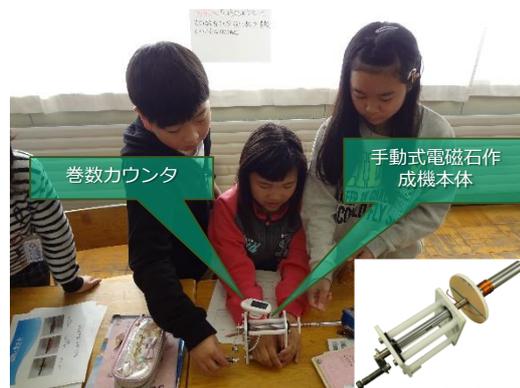


図 4. カウンタ付きコイル作成機を用いた電磁石作成

必要となる様に、競技課題としてクリップや鉄板など異形状の金属を持ち上げる力を競うトレードオフ問題を設定している。この場合、クラス内に競争原理を持ち込むと学習が失敗しやすくなるため、クラス対抗の団体戦で行なっている。

なお、本教育プログラムはコンテスト優勝が最終目的ではなく、試行錯誤を通して知識の深化を実現することにある。したがって、コンテストを契機に、仮説をたて、試行錯誤しながら様々なアイデアに基づく成果物を自ら製作するアクティブな学習活動を期待している。協力校の児童にはこの活動を通して科学的思考を体験してもらうことで科学の面白さを知ってもらうことが狙いとなる。

2.4 事前／事後アンケート

前年度から本プログラム開始前と試行錯誤型グループ学習終了後に同一のアンケートを行って

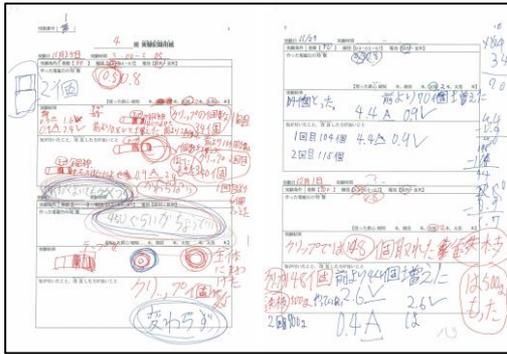


図 5. 第 1 期, 第 2 期のアイデア/実験まとめシート



図 6. 初期型学習過程記録システムの測定値入力画面



図 7. RFID と文字認識による試作型学習過程記録システム

いる。なおこのアンケートは知識共有や定着の度合いの確認に利用している、質問項目は次の三項目とした。

- ・ 電磁石で思いつく言葉を書いてください
- ・ 電磁石について知っていることを書いてください
- ・ つよい電磁石をつくるにはどうしたら良いと思いますか

この事前アンケートは小学校における電磁石の正規の授業が終了して 2 週間ほど過ぎた頃に行い、事後アンケートは試行錯誤型実験直後、そしてコンテスト終了から 1, 2 か月後に行っている。

3. 試行錯誤型実験の学習過程記録システム

3.1 学習過程記録システムの概要

前々年度の複数校横断型理科教育プログラムでは、教育プログラム第 2 回のグループ学習の段階で図 5 のアイデア/実験まとめシートに実験結果を記入し、次の試作に有効利用してもらうことを考えていた。しかし、図の様に、まとめシートは後で読み返すには効果的にまとめられていなかったり、実験に集中するあまり記入を失念したりすることが多く



起

図 8. RFID タグ付き実験材料

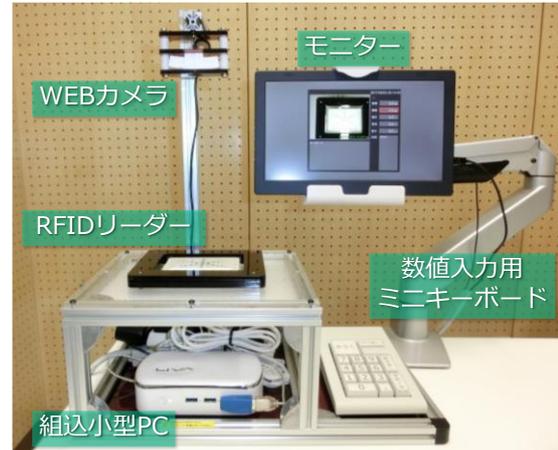


図 9. 改良型学習過程記録システム

こっていた。そこで全員体験型実験で使用した図 3 の実験結果共有システムのインターフェースを流用した実験まとめシステムの開発を始めた。ただしシステム運用において、試行錯誤型グループ学習は日期的に小学校教諭が主導することになる。そのため、ICT 機器管理の負担低減を考慮し、班ごとではなく 1 台の PC で運用することとした。これらを踏まえた初期の記録システムの入力画面を図 6 に示す。このシステムを運用した結果、入力項目の多さから操作が複雑になり、最終的には元のアイデア/実験まとめシートのみ利用されていた。この時の小学校側の担当教諭のコメントを踏まえ、今年度当初に図 7 の試作型学習過程記録システムを開発した。

この試作型学習過程記録システムは、これまで手入力していた実験諸元などの様々な情報を自動的に収集することを目的としている。そのため、電磁石作成に用いた鉄心等の材料には図 8 の RFID タグを付加し、学習過程記録システムに搭載された RFID リーダにかざす事で諸元を取り込める様にした。なお、RFID タグにはその材料の物性値を書き込んでいる。また巻数などの測定値は作品撮影エリアに手書きで記入することで、文字認識により取り込める様にした。この試作型システムについて、小学校の担当教諭から事前打合せにて意見聴取したところ、文字認識はトラブルが多発する可能性が高いとのコメントを頂いた。あわせて、キーボード入力は比較的慣れているため、指導の手間が省けるとの意見から、手書き文字認識からキーボード入力に改良した。この改良型システムの構成図を図 9 に示す。

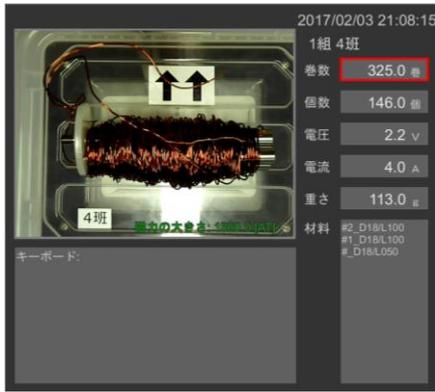


図 10. 改良型学習過程記録システムのモニタ画面

表 1. 測定値記録データフォーマット

```
{ "date": "20170203@210815", "CLS": "1組 4班",
  "巻数": "325.0", "個数": "146.0", "電圧": "2.2",
  "電流": "4.0", "重さ": "113.0",
  "材料": [
    "No1": "#2_D18/L100",
    "No2": "#1_D18/L100",
    "No3": "#_D18/L100",
  ] }
```

この改良型学習過程記録システムは次の様に使用する。まず準備として、班ごとに鉄心種別や銅線径を決めた上で電磁石を作成し、巻き数、クリップ吸着個数、コイルの電圧電流値、重量の測定を完了しておく必要がある。その上で次の手順に沿って作業を行う。

1. キーボードを用いて各測定値を入力する(図 10)
2. 使用した全ての材料の各種 RFID タグをシステムの RFID リーダにかざす
3. 作成したコイルを RFID 付きトレイの上に乗せ、RFID リーダの上にトレイごと設置する
4. 撮影ボタンを押し作品の写真を撮る

なお、今後の知識の継承過程の解析の自動化を見据えて作品の写真撮影と同時に表 1 の JSON 形式のテキストデータも PC 上に保存している。

4. 学習過程記録システムの運用結果

今回開発した改良型学習過程記録システムを図 1 に示す試行錯誤型グループ学習期間に 2 つのクラスに導入した。この記録結果を図 11 に示す。この図は縦軸に班番号、横軸に製作した電磁石の作り直した回数を世代として表している。また各世代で左側に位置しているほど作成開始日時が早いことを意味している。また図中の矢印は形状および測定値の記録から類似傾向が見られる作品をつなげたものである。ただし、1 班および 5 班は 2 世代目から完成形まで形状や特性に差があるが途中経過が不明なため、点線矢印で表している。

図より、まず形状の観点からは、4 班が太銅線と短太鉄心を用いて巻き数を多めにする電磁石の作成を開始し、この結果が 1 班に伝わったと考えられる。また 2 班は 2 回ほど試作した後、3 世代目に 4 班の作例を参考にしたと考えられる。次に、巻き方の

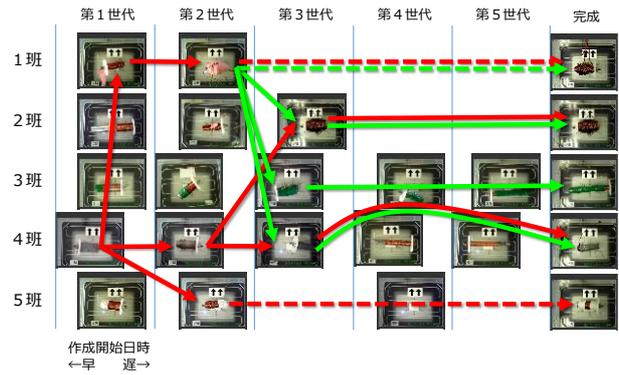


図 11. 形状と測定値から見た知識伝播の系譜

工夫として 1 班が 2 世代目で銅線を並列化したまま巻いていく手法を開発しており、この手法は 3 世代目の 2 班, 3 班, 4 班に受け継がれていることが分かった。またクリップ吸着数の結果から、2 つの特徴を受け継いでいる作例がコンテストでも良い成績を収めていた。この様に学習過程記録システムを用いることで、どのように知識が伝播するか可視化し、学習者を指導する際の指針として用いることができる可能性があることが分かった。

なお、プロジェクト終了後に運用中に 1 台が不調になったとの連絡を受けたため、1 クラス分のデータ収集が不十分であった。今後は耐障害性の確保とリカバリーできる機能が必要と考えられる。

5. まとめ

本研究では、試行錯誤を通して学習の幅を広げるグループ学習を伴う教育プログラムを開発し、継続運用の結果を報告している。その中で今年度は、

- ・ 学習過程記録システムの改良
- ・ 記録された学習過程の検討と知識伝播の系譜図の作成

を行なった。加えて試行錯誤過程の系譜図には様々な考え方の繋がりが可視化されると同時に試行錯誤学習時の指導内容を検討しやすくなったことは大きな成果である。

今後は、教育プログラムを継続しつつ、今年度明らかになった課題を改良したシステムを開発し、本プログラムの効果をより向上させていく予定である。

謝辞

本研究は科学研究費基盤研究 (C) 課題番号 16K01151 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- (1) 千田和範, 稲守栄, 野口孝文, 複数校横断型理科教育プログラムの効果を向上させるための実験支援システムの開発, 教育システム情報学会第 41 回全国大会, D2-2, 2016
- (2) 千田和範, 佐藤英樹, 野口孝文, 稲守栄, 荒井誠, 梶原秀一, 風力発電用翼設計を通じた試行錯誤型実験における課題設定とその作品との関係, 工学教育, 56-5, pp.103-110(2008)