

試行錯誤型理科教育プログラムのための思考支援システムの開発 Development of Thinking Support System for Science Education Program based on Heuristic Approach

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, National Institute of Technology, Kushiro College
^{*2} Education and Research Support Center, National Institute of Technology, Kushiro College
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。我々はこれまで試行錯誤を伴う協調学習をベースとし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、この試行錯誤による発見的解決を学習者に効率的に行なわせるための ICT を用いた思考支援システムについて報告する。

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、様々な教育機関において、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習が取り入れられてきている。本校の授業や実験においても「動機づけ」、「満足感」などを考慮し、問題解決型学習を拡張したコンテスト型式の学習方法を取り入れ、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2013年度から行なっている。その中で実験記録の取り方とその活用の仕方により実験の展開に大きな違いがあることが分かった。そこで試行錯誤型学習の学習過程の記録と提示を 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思考支援システムの概要について報告する。

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は小学校5年生を対象として構成されており、試行錯誤による電磁石製作を通して、電磁石の特徴や性質を深く学んでいく。なお、このプログラムは図1の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
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, 小学校教諭対応約 2 週間)
第3回 複数校による電磁石の性能コンテスト

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。ここで思考支援システムを運用する第2回目とその結果となる第3回目のコンテストの内容を説明する。

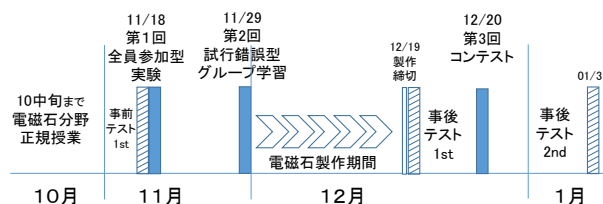


図1. 2016年度の教育プログラムのスケジュール

2.1 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不十分な児童は、反復が必要な試行錯誤過程を避ける傾向が見られる。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とトレードオフ課題を導入することで効果をあげてきた⁽²⁾。本プログラムでも同様に、実験用材料に材質や寸法形状などトレードオフとなる条件を設定すると同時にクラス対抗の電磁石コンテストを実施することで効果を上げている。なお、この試行錯誤型実験では、実験過程の記録内容とその活用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た。この概要は次章で説明する。

2.2 複数校参加による電磁石性能コンテスト

ここで行うコンテストについても、トレードオフとなる様に競技課題としてクリップと異形状の金属を持ち上げる力を競う競技課題を設定している。

なお、本教育プログラムはコンテストの勝利が目的ではなく、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を試すアクティブな学習活動を期待している。

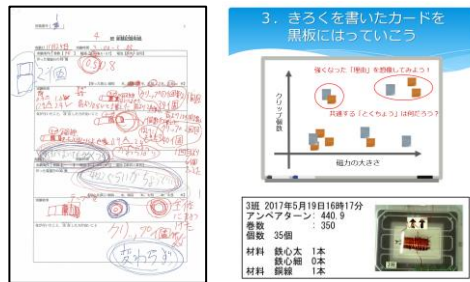


図 2. 以前の実験まとめシート(左)と今期の記録カード

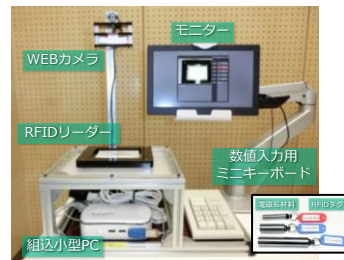


図 3. 学習過程記録装置と RFID タグ付き実験材料



図 4. 改良型学習過程記録システムのモニター

3. 試行錯誤型実験の思考支援システム

3.1 2次元マトリクスによる実験結果の分類手法

前々年度は、教育プログラム第2回の試行錯誤型グループ学習の段階で図2左の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、このまとめシートは実験に集中するあまり乱雑だったり記入漏れがあったりと事後活用が困難な場合が多かった。またトレードオフ課題では有効な組み合わせ条件を探索する必要があるが、第2回のグループ学習は日程的に小学校教諭が主導することになるため、専門的なアドバイスができない状況であった。そこで専門家による指導無しに効果的な組み合わせを児童に発見してもらうことを考える。まず事前に用意した図2右上の2次元マトリクスに図2右下の様な電磁石の製作条件を記入したカードを貼り付け分類を行なう手法を導入する。ここでマトリクスは横軸に性能指標、縦軸に実験結果とした。児童はこのマトリクスの右上に位置するカードの共通する特徴を試行錯誤しながら見つけ出すことになる。この手法は実験を繰り返すほど、カードがクラスター化していくため、知識や経験の少ない児童でも電磁石の性能を上げるための条件が見つけやすくなると考えられる。また学校間でこのマトリクスを共有することで、実験から得られる知識の共有も可能となると考えられる。

3.2 思考支援のための学習過程記録装置の構成

3.1節で示した様に、試行錯誤実験の結果の分類と事後活用も考慮すると、カードは統一されたフォーマットかつ紛失しない形態が望ましい。そこで記録カードは扱いやすさと保管を考慮し 60×15mm のシールとすることを前提に、記録カードを製作するための実験データを収集しつつ記録カードを出力する学習過程記録装置を開発した。このシステムの概観を図3に、入力画面を図4に示す。この学習過程記録装置は、これまで手書き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、電磁石製作に用いた鉄心等の材料には図3の右下の様に RFID タグを付加し、学習過程記録装置に搭載された 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小学校の担当教諭から事前打合せにて意見聴取し、キーボード入力を採用した。この学習

表 1. 測定値記録データフォーマット

```
{ "date": "201705103@190115", "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": "#0_D18/L100" ] }
```

過程記録装置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。その上で次の手順で作業を行う。

1. キーボードを用いて各測定値を入力する
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. 作成したコイルを撮影する
4. 記録カードをプリンターから出力する。

なお、今後の知識継承過程の自動解析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. 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において、試行錯誤に必要な思考過程を支援するためのシステムを開発した。今年度も、本教育プログラムを1月から3月に実施することが決定したため、プログラムの運用を通して今回開発したシステムの評価と改良を行なっていく予定である。

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)