

相互作用型演示実験講義の効果

齊藤隆仁

徳島大学教養教育院

1. はじめに

理科の授業においては、学習する内容について現象を観察し、場合によっては実験を通じて法則として理解することが求められる。しかしながら、大学においてもあるいは高等学校においてもそうした観察・実験といったプロセスは準備の手間および時間の関係からすべてを行うことはできない。簡便な方法としては、ビデオを見る、あるいは教卓上での演示実験などもある。

演示実験の発展として有名なものは、板倉聖宣が1963年に提唱した仮説実験授業がある。これは予め実験について問題と選択肢を用意し、学習者はその選択肢を予想する。この予想は学習者が仮説を立てることに相当する。さらに複数の学習者が予想を話し合ったうえで、実験を行うことで、実験結果と仮説を比較する。この仮説実験授業は自然科学に限らず、人文科学・社会科学においても適用可能であるといわれている。仮説実験授業において適した課題は、自然科学においては、素朴概念と法則が食い違うような事例（誤概念）において、より有効である。例えば、落体の運動において質量の異なる2つの物体を落とした時に、素朴概念では重いものが早く地面に到達すると考えるが、落体の法則で空気抵抗を無視すれば、同時に到達する。こうした学習を単に暗記せずに、自ら仮説を立て、実験結果と比較することが、学習効果を高めるとされる。

米国の物理学研究として、学習者間の討論を積極的に活用することにより、まず素朴概念を表出させ、演示実験の結果に対して認知的葛藤を促し、再度討論により課題解決を促す方法が、D. Sokoloff（オレゴン大学）らにより開発され、『Interactive Lecture Demonstrations (ILDs) 相互作用型演示実験講義』と呼ばれている[1]。ILDsの実践報告は日本においては主として力学分野

が多い。そこで電気分野における実践報告の事例として、徳島大学における初年次の電磁気学に関する授業での活用の可能性を実証的に検証することを目指す。本研究では、以下の2つの教育ツールの有用性にも着目する。そのひとつは近年のアクティブラーニングの導入で整備されているクリッカーである。予想（仮説）をクラスで共有し、予想の多様性を認識することで、活発な討論を促すことが期待される。もうひとつは、リアルタイムに計測結果をディスプレイ上に示す仕組み（ここではナリカのイージーセンス）を導入する。単に測定結果を数値として表示するだけでなく、グラフ化することにより、討論内容が充実するかどうかにも着目する。

2. ILDsの手順

ILDsにおいては次の8ステップの段階を実施することが提唱されている。

- (1) 演示について説明し、測定せずに現象を見せる。
- (2) 学習者に個々の予想される結果を予想シートに記載させる。
- (3) 数名の学習者（班）で討論を行わせる。
- (4) クラス全体に共通するいくつかの予想を引き出す。
- (5) 最終的な予想を予想シートに記載させる。
- (6) 測定を伴う演示実験を行う。
- (7) 数名の学習者に結果を述べさせたのちに、演示実験の意味するところを述べさせる。それを結果シートに記載させる。
- (8) 同じ概念で説明できるが、見かけが別の類似する現象について議論させる。

こうした手順を繰り返すことで、概念理解が進むだけでなく、学習者の動機付けにおいても効果があることが北村らによって報告されている[2]。

3. 電流の概念形成

本報告においては、電流の学習（オームの法則、電球の非線形性、キルヒホッフの法則）におけるILDsを扱うこととする。

金属中を自由電子が流れることで生じる電流の示す現象としては、白熱電球や豆電球などにおけるジュール熱による発熱作用、電気分解などの化学作用、電磁石などによる磁気作用などがあり、それらの現象を通じて電流が流れていることを『間接的に』理解することとなる。このため電球に電流を流して発光させたときに、学習者には「電流は消費されて、電球の前後で電流値は異なる」という誤概念が形成される可能性が指摘されている。キルヒホッフの第1法則により電流は連続することを学習したとしても、この誤概念との葛藤は続くことになる。このような状態で金属におけるオームの法則などを学習したとしても、電流の概念は文脈として統合されずに、個々の知識として理解されるのみであろう。加えて、白熱電球のように電流と電圧が比例しないようなオームの法則の適用範囲を超えたときに、学習者は考える基盤を失ってしまう。そこで、本研究では並列回路、直列回路の初等的な問題を戦略的に配置し、順番に予想・実験を繰り返すことで、誤概念を自らが認知し、電流についての概念を定着するILDsを行う。

4. 評価方法

初等中等教育においても、あるいは大学の講義でも、公式を適用する、あるいは数理計算によって問題を解決することを重視している。そのため学生は概念の理解を欠いたまま公式、法則を記憶しがちである。こうしたことから学習を通じて誤概念が克服されにくいことが指摘されている。基礎的な物理概念を理解の評価方法として電気分野においてはECCE (Electric Circuits Conceptual Evaluation) がD. SokoloffとR. Thorntonにより開発されている[3]。この評価方法の特徴は公式に当てはめて解くという形では問わず、定性的に量の大小関係等を問う。計算を経ないことから、それ

ぞれの概念が形成されているかどうかを知ることができる。45の問いで構成されており、個々の問いは多肢選択方式で、典型的な誤概念が含まれる誤答が用意されている。日本の大学生における先行研究[4]では、「異なる負荷が接続していても、電池からは一定の電流が流れる」という誤概念が多い（回答者の7割）という結果を報告している。

本研究では電気回路の概念調査を目的としているため、問題数を減らし、授業の前後に同じ問題を問うことにより、評価することとした。授業の進行から、現段階では評価を完了していない。発表時に評価結果とともに報告を行う予定である。

参考文献

- [1] D. Sokoloff and R. Thornton, *Interactive Lecture Demonstrations*, Wiley (2001).
- [2] 北村貴文他、物理教育 Vol.63, p. 98-103
- [3] E.R. Redidh, *Teaching Physics with the Physics Suite*, Wiley (2003).
- [4] 谷口健太他、物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集 Vol. 29, p. 50 (2012)