

日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 **4** 回 助成期間：平成19年11月1日～平成20年10月31日（期間1年間）
 テーマ： 高校物理を面白くするバーチャル実験室の開発
 氏名： 小田垣 孝 所属： 九州大学大学院理学研究院 登録番号： 07036

1. 課題の主旨

初等・中等教育における理科離れを食い止め、理科に興味を持つ高校生を増加させることは、科学・技術立国を目指す日本の教育の重要な課題である。中でも高等学校における物理離れを改善するために、物理の授業を「魅力があり」かつ「分かり易く」することが緊急の課題である。物理は主に現象の時間変化を対象とした科学であるが、単位数の減少と、授業内容の増加により、現象を実際に見たり、観測データを解析して法則を発見することを経験させる授業時間が取れず、高校における物理が法則の使い方を覚える暗記科目になっているのが現状である。現在のカリキュラムの中で、現象を観察しつつ法則を発見するあるいは法則を直感的に理解させる新しい授業法を開発することが望まれている。

本研究では、上記の目標に向けて、IT技術を活用して物理の授業及び自習で用いることができるインタラクティブ型バーチャル実験室のプロトタイプをデザインし、さらにバーチャル実験のデータを授業中に生徒に解析させ、その結果をクラス全体で持ち寄って、法則を発見する手作業を支援するシステムを開発して、高校における実践授業によりその効果を検証することを目的とした。

バーチャル実験室は、物理現象を教室内のスクリーンに動画として表示し、授業内容を仮想体験させることによって理解を促進する効果を持ち、生徒に興味を持って授業を受け、また法則を発見する喜びを体験させることができることから、高校物理に興味ある科目にすることが期待できる。

2. 準備

本研究は、調査・企画、開発と実装 および実践研究から構成されている。

- 1) 調査・企画：物理 I, II の内容を精査し、プロトタイプに相応しい授業テーマを選択し、バーチャル実験室の画面及び操作キーをデザインする。
- 2) 開発と実装：デザインに基づいてプログラミングを行い、ホームページ上に実装する。
- 3) 実践研究：新潟商業高校において、バーチャル実験室を用いた研究授業を行い、その教育上の効果を検証する。

3. 指導方法

1) 調査・企画

物理I, IIの教科書を調査し、高校の教育現場の意見を取り入れて、力学及び熱現象の単元から五つのテーマ、等加速度運動、重力場中の運動、円運動、単振動、熱平衡 を取り上げることにした。力学に関するバーチャル実験室には、(1) 運動を示すと同時に、速度、加速度、力をオプションで表示できる、(2) 画面を切り替えて位置や速度の時間変化を表示できる、(3) 運動につ

いては連続表示と離散時刻における位置を示すストロボ表示ができる という機能を持たせることにした。熱現象に関しては、温度の異なる二つの気体を透熱壁を通して接触させたときに、平衡に到達する過程をマイクロな描像によるシミュレーションで示すことにした。さらに、等加速度運動に関しては、ストロボ表示のデータを印刷したものを生徒に配布し、授業中に生徒それぞれが自分のデータを解析し、その結果を持ち寄って、運動の法則の発見を体験させられるようにデザインした。

2) 開発と実装

1) の企画をもとに、高校側との連携を取りつつ五つのバーチャル実験室を作成し、研究室のホームページ上に実装した^{*1}。バーチャル実験室は、これまで九州大学理学部物理学科の講義「基礎科学のための数学的手法」^{*2}と「統計力学」^{*3}のバーチャル実験室を作成するために開発されたソフトウェア^{*4}を援用して作成した。

3) 実践研究

新潟商業高校において、運動の法則に関する授業を、バーチャル実験室を利用して行った。力、質量と加速度の関係を示すニュートンの法則をクラス全員が参加して発見できるように、データを生徒に解析させ、結果を黒板に用意した図に書き込ませて、法則を導いた。

*1) <http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/virtuallab/VLHSP/>

*2) <http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/virtuallab/phys/phismath/>

*3) <http://www.cmt.phys.kyushu-u.ac.jp/virtuallab/phys/statphys/>

*4) 桜井雅史・大塚和高、“可視化・疑似体験教材作成システム”
<http://www.ipa.go.jp/NBP/13nendo/reports/explorat/ccs/ccs.pdf>

4. 実践内容

1) 参加者

新潟商業高校 3年 6・7組（情報処理科）の物理選択者クラス（26名）において、研究授業を行った。授業を公開し、10名の高校教員、3名の教科書出版社職員、大学生1名が参観した。

2) 授業手続き

運動の法則を、バーチャル実験室を利用した授業として行った。まず、力と運動の関係をバーチャル実験室の動画で説明し、次いで運動を1秒ごとに計測した画面のコピーを配って、各生徒に平均速度及び平均加速度を求めさせた。各生徒には、力と質量の異なるバーチャル実験のデータを配り、各自の得た結果を、黒板に用意した、加速度対力、加速度対質量(の逆数)の二つの図に書き込ませた。得られた結果から、各質量ごと、あるいは各力ごとに直線となる様子を説明しながら、加速度が力に比例し、質量に反比例していることを結論づけた。

バーチャル実験室により講義の説明をスムーズにまた魅力的に行うことができた。さらに、バーチャル実験のデータを授業の中で解析させ、かつクラス全員のデータを持ち寄って、物理法則を導くことを体験させることができた。

5. 成果・効果

従来授業法では、時間変化する現象であっても、図に書かれたものしか利用できなかったが、バーチャル実験室では、授業の進行状況に応じて、パラメーターを変えつつ現象の時間変化を見せることができ、生徒の直観的な理解を大きく増進させることができた。さらに、データ解析の手作業を授業の中で行わせて、法則の発見をクラス全員が参加させて行うことができた。これは、従来に

はない全く新しい授業スタイルである。

研究授業の後、懇談会を開催し、様々な角度から意見を交換した。特に、過去に行われていたが、現在衰退しているシミュレーションとの違いが議論された。バーチャル実験室は、最終的には Web 上に設置されるので、教室にコンピューターとディスプレイの環境を整えば、生徒自身を含め誰でも、どこでも、いつでも、かつインタラクティブに利用でき、従来のものより各段に使いやすく有効なシステムであることが示された。

新潟商業高校における研究授業の様子



各自のデータを解析中。



黒板の図にデータを書き込む。

6. 所感

バーチャル実験室は、これまで大学の講義用に開発され、講義の中で時間に依存する現象やパラメーターを変えたときの図形の変化などの直観的な理解の向上に役立っている。今回、理科・環境教育助成を得て高校物理のためのバーチャル実験室を開発でき、高校の授業でも、現象の説明を直観的に分からせるのに大いに役立つことが実証できた。さらに、授業中の手作業としてデータ解析を行わせることができることを示した。

今回行ったようにバーチャル実験の結果を実際の手作業で解析させることができることを実証したのは極めて意義深い。授業時間の削減と教科書の内容の増加によって、授業としてほとんど実験は行われぬのが現状である。バーチャル実験室を用いると、バーチャル実験及びその結果の解析を通常の授業の中で行わせることができ、生徒の理解を大いに助けることができるであろう。特に、ミクロな現象など通常見ることが困難な現象の説明には、バーチャル実験室が不可欠の手法となることが期待される。

7. 今後の課題や発展性について

このプロジェクトで製作したプロトタイプを基礎に、今後物理で扱われる全ての現象について、バーチャル実験室を構築し、全国の高校で利用されるように整備することが課題である。

今回の開発は、当初汎用性の高い flash を用いて行う予定であったが、プログラマーが確保できず、やむなく Java を用いて行った。今後、flash へのアップグレードも課題である。

8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

口頭発表

1. 小田垣孝、梅崎雅寛、尾嶋拓、藤江遼、土肥啓一：高校物理を面白くするバーチャル実験室の開発、第114回日本物理学会九州支部例会、福岡工業大学、2008年12月。