

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月2日現在

機関番号：13401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500830

研究課題名（和文） 接続された実験による物理教育方法の研究

研究課題名（英文） Physics education by properly connected experiments

研究代表者

田村 圭介 (TAMURA KEISUKE)

福井大学・医学部・教授

研究者番号：30212046

研究成果の概要（和文）：

適切な実験を接続することによって、現実に足場において物理（理科）の学習を進める方法を開発する。このために、体系化された実験の集合体を構築する。大学初年度の物理教育において接続された演示実験を用いた講義を実施し、教育効果の検討、実験課題および装置の改善を行う。また、公開講座を開催して、保護者や教師を含む広い年齢層を対象とした教育活動を行う。開発する実験課題や装置は、前提となる知識を必要としないように、基本法則から応用までを接続する集合体とする。

研究成果の概要（英文）：

This project develops methods for physics education by using properly connected experiments. Experiments classify into some families of science subjects. We apply developed experiments for physics education of university classes. Furthermore, we have extramural courses for broad age range including parents and teachers. We develop experimental subjects and systems from basic law to application. It is desirable that we apply educations using experiment without acquaintances.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 2010年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2011年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 総計 | 3,300,000 | 990,000 | 4,290,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学 科学教育

キーワード：物理教育，演示実験，公開講座，放射線

1. 研究開始当初の背景

本研究は実験に基づいた物理教育方法を開発することが目的である。本研究グループは大学での物理教育を担当しており、実習はもとより講義での実験を重視している。自然科学の学習を机上で終始すると、多くの学生は「現実」と遊離した「勉強」をする。学

習の各過程で「現実」の現象を実験によって「見る」ことは、自然科学の本来の姿であると考えられる。

本研究グループは主要テーマ「力と運動」「エネルギー」「波動」「電気と磁気」「原子と物質」ごとに、基本法則とその応用例を示す実験プログラムおよび装置を

開発してきている。実験を体系化し、首尾一貫した実験に根ざした物理教育を目指している。

実験結果を分析し、定量的に結果を説明・理解することも本研究の目的である。現象を「見せる」だけでなく、それが数値として理解可能であることを学習者に伝えることも重要である。また、実験プログラムや装置の改良にも定量的理解は不可欠である。

開発した実験は大学での物理教育のみならず周辺地域を対象とした公開講座にも供している。参加者には小学生から高校生、保護者および教育関係者が含まれている。このような活動は、ひとつの地域への貢献に閉じず、本研究の成果を広い年齢層を対象に試すための機会である。子供の感想、成人からの指摘、得難いアイデアを取得することができる。さらに、このような活動を通して形成される人間関係は本研究グループを新しい段階へと導いてくれるものである。

2. 研究の目的

本研究では、テーマごとに体系化された実験の集合体を構築することを目的とする。実験は、

(1) 基本法則の確認(2) 抽象化の確認

(3) 応用例の確認

に分別をおこなう。この際、(1) と(2) で行なう実験については、可能な限り簡単で小規模なものであることが望ましい。(3) で取り上げる実験については、日常生活で見ることができる現象あるいは先端科学技術に迫るのが望ましく、大規模なものとなることが多いと考えられる。また、実験を体系化するための主要テーマは

・ 力と運動・エネルギー・波動

・ 電気と磁気・原子と物質

として、高等学校までに扱うすべての法則と現象を網羅することを目標とする。本研究では、初等教育から高等教育までの幅広い年齢を対象として、テーマごとの物理現象を体験する機会（公開講座等）を設けることも目的とする。このような幅広い年齢の子供達に対して、各テーマについての目標は変えずに、

・それぞれの年齢に合わせた実験の難度となるように工夫をし、
・各年齢層でどれだけの抽象化された概念の獲得が可能かを調査することも本研究の課題である。この活動は、研究成果を社会へ還元する目的もあるが、実験テーマの選択や実験装置の構造を考えるための貴重な情報となる。

3. 研究の方法

(1) テーマの整理と精選

高等学校までに学習する物理学の内容を網羅する。基本法則および概念を相互に関連付け、全体が物語としての流れを持つように、テーマの整理と精選を行なう。大きく5つのテーマ[力と運動][エネルギー][波動][電気と磁気][原子と物質]を設定して、基本法則および概念を網羅できるように配慮する。

(2) 実験装置の開発と改善

演示実験に用いる装置には

- ・ 構造が簡単で機能が容易に把握できる
- ・ 実験条件の変更が容易である
- ・ 実験が短時間で終了する
- ・ 多くの人数で実験が観察できる
- ・ 安定して動作する

の条件がもとめられる。これまでに、様々な演示実験装置が開発され、市販もされているが、すべての条件を満足するものは少ない。また、新たな実験方法、実験装置を世に問うことは重要である。

(3) 実験結果の定量的分析

演示実験は物理現象を分かり易く示すためのものであり、個々の現象を「見える」ようにすることが重要な役目である。このため、演示実験に関わる解説においては定性的な分析に終止することが多い。しかし、実験結果を説明するためにも、装置を改良するためにも実験結果の定量的分析は不可欠である。

(4) 演示実験による公開講座と出前授業
公開講座と出前授業を開催した。テーマごとに、

- ・ 参加者が興味を持つような大規模な実験
- ・ 原理法則を理解するための小規模な実験を準備した。最初に行なう実験については、実験内容は先端科学技術に迫るのが望ましい。このため、実験装置は大規模なものとなることが多いと考えられる。特に、出前授業は外部教育機関で行なうものであり、開催場所ごとに会場の事情は異なる。このため、大規模な実験装置を簡便に運搬できるように、設計と運搬方法について十分に検討する必要がある。また、原理・法則を理解するための実験については、参加者が個別に実験を行なうことが望ましい。このために、多数の実験装置を準備する必要がある。

4. 研究成果

本研究活動において、接続された実験による物理教育をおこなうために、実験装置を開発し、それらの装置を用いた教育を実践した。開発した実験は以下のとおりである。

[力学] 輪軸・滑車（てこの原理）、モンキーハンティング（自由落下と運動方程式）、

ピタゴラススイッチ（駆動機構）、こま（回転体の法則）

[圧力および流体]エアホッケー（等速直線運動）、竜巻・風洞（流体力学）、圧縮発火（気体の状態変化）、大気圧（圧力の大きさ）、真空（真空中の物性）

[電気]高圧電源（電圧の大きさと放電現象）、コンデンサー（蓄電の機構）、携帯電話の構造（電磁シールド）

[磁気]磁石（永久磁石の種類と性質）、電流と磁場（右ねじの法則とフレミングの左手の法則）、モーター（電磁力）、電磁誘導（交流発電）、高温超伝導体（マイスナー効果とピン留め効果）

[音]パイプフォン（音の共鳴）、トーキング・テープ（振動と音の関係）、真空（音の伝搬）

[光]ホログラム（光の干渉）、万華鏡（光の反射）、レーザー（レーザーの仕組み、光の可視化）、分光器（原子の構造と光の放射）、カラー・キャンドル（炎色反応）、鏡の部屋（光の反射による幾何学、黒体）

[熱]スターリングエンジン（熱機関）、過冷却（相転移）、液体窒素による冷却（極低温での物性）

[放射線]霧箱（放射線の可視化）、放射線計測装置（各種計測装置）、放射線源（人工放射性物質と自然放射性物質）

これらのうち例として、ホログラムの作成実験の手順を図1に示す。その他の実験についても随時インターネットを通して公開する予定である、

①ホログラム像となる図形



②2次元フーリエ変換

```
#pragma omp parallel private(x, y, j)
#pragma omp for
for (x = 0; x < insize; ++x) {
  for (y = 0; y < insize; ++y) {
    j = INDEX(x, y, insize);
    *(pix + j) +=
      cos(PI*(x*(1.-row/res) + y*col/res)
          + *(ranphi+i));
  }
}
```

③ホログラムをフィルム・カメラで撮影し現像

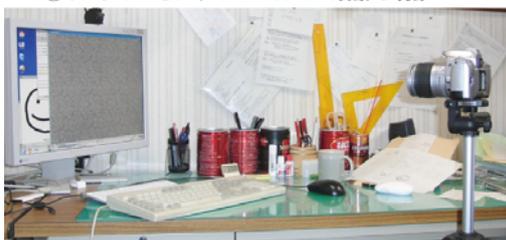


図1：ホログラムの実験

開発した実験課題・装置は、福井大学での物理教育に適用し大きな効果を上げていく。また、広い年齢層の参加者を対象とした公開講座を開催した（表1）。このような活動は、実験課題や装置を改良するために重要である。

表1：平成21年～23年の公開講座開催

| | 開催回数 | 参加人数 |
|--------|------|------|
| 平成21年度 | 11 | 585 |
| 平成22年度 | 8 | 370 |
| 平成23年度 | 11 | 520 |

平成23年度の活動は、福島第一原子力発電所の事故の理解、推移の分析、放射線に関する現象を「見せる」ための実験から始まった。事故の収束、放射性物質の除去、将来のエネルギー問題への方針、どれをとっても長い年月をかけて取り組まなければならない問題ばかりである。これらの課題は、現在の親世代では、けっして解決することはない、子供さらにその先へと委ねるしかない。まことに残念である。先の世代は、数々の問題に立ち向かって行かねばならない。もちろん、われわれは、対処療法でも、技術および金銭の問題に立ち向かわなければならない。それに合わせて、子供たちに「考える方法」を与えることは重要である。放射線の問題があるから「放射線」について勉強するのではなく、科学、社会、歴史さらには芸術をも含んで「広い視野」を持てるように、子供たちに経験をしてもらう必要がある。長い年月かけて課題を乗り越えていくときに、根拠のない「ばくち」を繰り返すことはできない。強固な基礎に立った「判断」をしなければならない。このときに「どうすれば成功するか」よりは「なにが失敗を導くのか」を知ることは極めて大切であると考えられる。

科学教育において「実験」によって現象を確認することの重要性は論を俟たない。しかし、指導者が「実験」を見せることに終始すると、学習者は「成功する」現象だけを見ることになる。時間や手間がかかるとしても、学習者は自らの手で「実験」を遂行し、「失敗」を経験して、それを乗り越える術を獲得する必要があると考える。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

- ① 小鍛冶優, 田村圭介, 伊佐公男, 橋場隆, 新指導要領に即した「放射線の性質とその利用」の授業実践、応用物理教育、査読有、35巻、2011、51-57、<http://ci.nii.ac.jp/naid/10029240050>
- ② 田村圭介、演示実験に基づいた物理教育方法の試み、砥粒加工学会誌、査読有、53巻、2009、208-211、<http://ci.nii.ac.jp/naid/1002477661>

〔学会発表〕（計0件）

〔図書〕（計0件）

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村圭介 (TAMURA KEISUKE)
福井大学・医学部・教授
研究者番号：30212046

(2) 研究分担者

大垣内多徳 (OGAITO TATOKU)
福井大学・医学部附属病院・講師
研究者番号：70291375

内田聡子 (UCHIDA SATOKO)
福井大学・医学部・助教
研究者番号：60334843

(3) 連携研究者

なし