

物理の定性的な実験を取り入れたアクティブラーニング型授業

福井県立若狭高等学校 教諭 野坂卓史

1. はじめに

平成 19 年に改正された学校教育法において、「基礎的な知識及び技能」、「これらを活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等の能力」、「主体的に学習に取り組む態度」の 3 つの要素（「学力の三要素」）で構成される「確かな学力」が重要であると示された。現行の学習指導要領でも、この「学力の三要素」が強調されている。こと物理教育においては、学習者に対して教員が一方的な説明を行う従来型の授業とは異なる、いわゆる「アクティブラーニング」型の授業が注目を集めている。本稿では、筆者が実施したアクティブラーニング型の物理の授業について報告する。

2. 物理におけるアクティブラーニング

物理に限らない、一般的なアクティブラーニングについての詳細な説明は割愛するが、本稿において、どのようなものを「アクティブラーニング」と呼ぶかについては、以下のものを参考とする。

す。

（『初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について（諮問）』文部科学省、平成 26 年 11 月 20 日）

物理教育におけるアクティブラーニングについては、エドワード・F・レディッシュが著書『科学をどう教えるか』において、アメリカにおける新しい物理教育の実践のうち「講義を基本とする方法」として、下記のようなアクティブラーニング型授業を紹介している。これらにはすべて、ある物理の問題についての、学習者同士のグループや学習者全体での討論・活動が盛り込まれている。ILD については演示実験も含んでいる。

○ 講義を基本とする方法

- ・ピア・インストラクションとコンセプトテスト
- ・相互作用型演示実験講義 (ILD)
- ・ジャスト・イン・タイム教授法

3. 授業の設計

3.1 定性的な実験を含めた授業の概要

今回筆者が実施した授業では、前章で紹介したピア・インストラクションや ILD、および板倉聖宣が提唱する「仮説実験授業」の運営方法を参考にした。仮説実験授業は、日本において行われてきた理科のアクティブラーニング型学習形態であり、問題・予想・討論・実験などが盛り込まれている。板倉自身は、『科学と仮説』（季節社）で、仮説実験授業について次のように述べている。

（仮説実験授業は、）科学上のもっとも基礎的一般的な概念・法則を教えて、科学とはどのようなものかということを経験させることを目的とした授業理論である。

これらを参考に、p.7 下の図に示すような流れの授業を実施した。講義形式のスタイルではあるが、

「何を教えるか」という知識の質や量の改善はもちろんのこと、「どのように学ぶか」という、学びの質や深まりを重視することが必要であり、課題の発見と解決に向けて主体的・協働的に学ぶ学習（いわゆる「アクティブラーニング」）や、そのための指導の方法等を充実させていく必要がある

一方的な受け身の授業ではなく、実験を行うことで学習者も能動的に学ぶことができるように配慮している。まず、学習者にある物理実験の条件を問題として提示し(3.2 節参照)、結果を予想させる。各自の予想について、学習者同士で意見交換や議論を行った後、実際に教員が演示実験を行って結果を教室内で共有する。その結果を踏まえて、次の問題について同様のことを行う。法則性を確認できるまで実験を繰り返し、ある程度の学習者が法則性に気付いた時点で、数式を用いて説明する。

扱う実験は、「長くなるかどうか」などを問う定性的なものや、「およそ〇倍になる」などの簡単な定量性を問うものとしている（以後、これらをまとめて「定性的な実験」と呼ぶ）。学習者が気軽に物理現象を予想できるようにするためである。この一連のプロセスによって、科学的な見方や考え方を身に付け、正しい概念や法則性を学習者間で見つけることができると考えられる。こういった科学の体験が主体的な学びにつながることも期待できる。実験後に数式を用いて現象を一般化したとき、自然科学が数学的法則に従う喜びを味わってくれればなおよい。

そういった効果を考察するための材料として、理解度の自己評価と授業の感想を述べる「振り返りシート」を各授業後に実施した。

3.2 定性的な実験の例

実施した実験の例として、「単振動の周期」に関する問題を次に示す。この問題は、おもりの質量と周期との関係性の理解を目的としたものである。

まず前置きとして、ばねにおもりを 1 個ぶら下げて振動させ、10 回の振動に要する時間(10 周期)をストップウォッチで計測する実験を行った。次に、【問題 1】を出題し、結果を選択肢から予想させた。予想を集計後、学習者全員で議論し、議論後に予想を再度集計したところで、実験を行い、結果を確認した。続いて【問題 2】を出題し、同様のプロセスを

繰り返した。この後、物理現象を数式で一般化し、数式が実験結果をよく説明すること（この場合は、 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ より、 T が \sqrt{m} に比例すること）を確認した。このような、問題・予想・討論・実験を伴う一連の問題を、各分野について考案し、実施した。

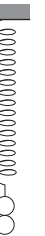
【問題 1】

今度は、ばねの一端に同じおもりをもう 1 つ取り付けて、おもりを 2 つにした。さっきと同じように、おもりを少し下に引っ張って離し、おもりを振動させた。このときのおもりが 10 回振動する時間(10 周期)はおもり 1 個のときと比べてどうなるでしょうか？

予 想

選択肢

- ア、およそ 2 倍になる。
- イ、およそ半分(1/2 倍)になる。
- ウ、ほとんど変わらない。
- エ、その他()



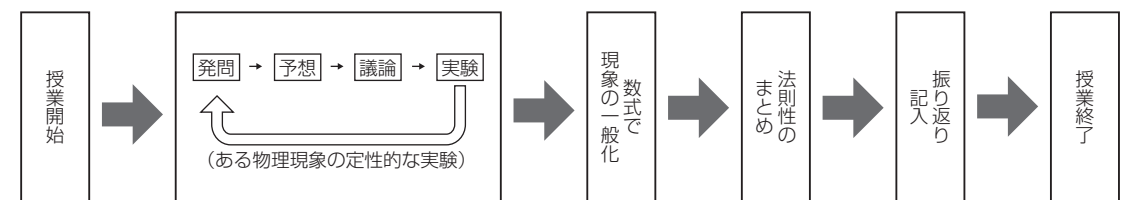
【問題 2】

今度は、ばねの一端にさらに同じおもりをもう 1 つ取り付けて、おもりを 3 つにした。さっきと同じように、おもりを少し下に引っ張って離し、おもりを振動させた。このときのおもりが 10 回振動する時間(10 周期)はおもり 1 個のときと比べてどうなるでしょうか？

予 想

選択肢

- ア、およそ 3 倍になる。
- イ、およそ 1/3 倍になる。
- ウ、ほとんど変わらない。
- エ、その他()



今回実施した授業の流れ

4. 実施対象

福井県立若狭高等学校 普通科 第2学年 理系「物理」選択者 16名(男子 13名・女子 3名)。この集団は、1年次に「物理基礎」を履修済みである。

5. 実施方法

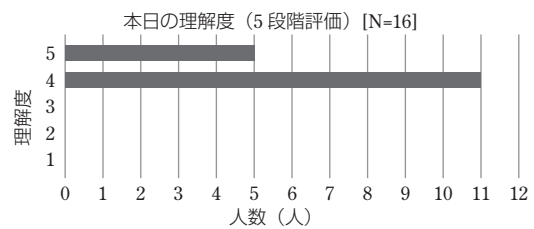
「力学」「波動」の2つの分野において、教科書 数研出版「物理」(物理 /304)を使用するとともに、3章「授業の設計」で説明したような、定性的な実験を取り入れた授業を1年間行った。各授業後には、理解度の自己評価と授業の感想を記述する「振り返りシート」の記入を実施した。また、「力学」分野終了時に「振り返りアンケート」を行った。

6. 結果

3.2節で例としてあげた「単振動」の授業での結果を報告する。

6.1「振り返りシート」から見る結果

授業後に行った「振り返りシート」(理解度の自己評価)の内容の例を以下に示す。質問内容は「本日の理解度」(5段階評価)と「授業に対するコメント」(自由記述)の2つである。



授業に対するコメント

Nさん 「実験があるのは、やっぱりたのしい。理解が深まるし、自分でイメージしながら考えられるのが良かった。」

Tさん 「数式を実験から導けるのは、すごいと思った。」

Iさん 「予想と実験結果が合ったときおもしろかった。」

Mさん 「ほぼぴったり $\sqrt{2}$ 倍 $\sqrt{3}$ 倍になっていてびっくりしました。」

Sさん 「実験を終えた後に、運動方程式を立てると本当に実験通りの数字が出てきてよくわかりました。」

Hさん 「 $\sqrt{\quad}$ で計算した答えが実験した結果でてきて感動的だった。」

Oさん 「 $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ がしっかりとわかりました。」

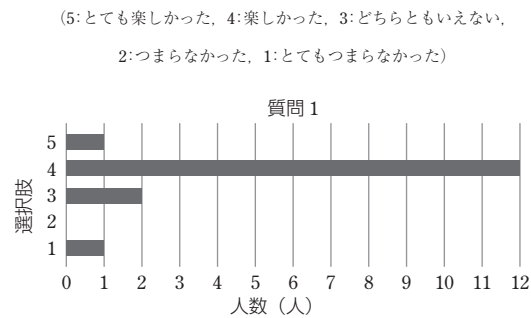
Mさん 「予想があたってよかった。」

Sさん 「ばね定数が大きいものも見てみたかった。」

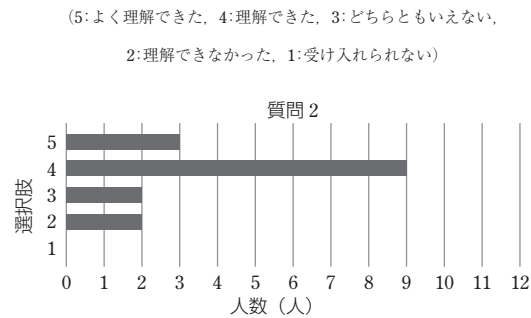
6.2「振り返りアンケート」から見る結果

同様に、「振り返りアンケート」の質問内容と結果を次に示す。

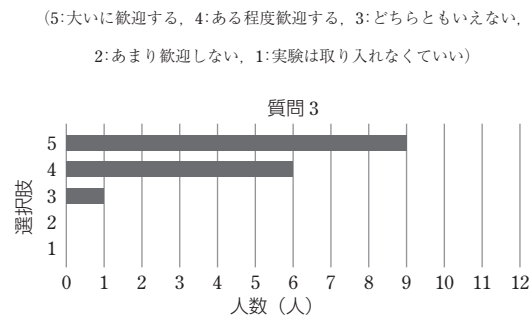
質問1:力学はいかがでしたか?



質問2:力学の内容・考え方は理解できましたか?



質問3:物理の授業で定性的な実験を扱うことをどう思いますか。



質問4:物理へのあなたの取り組み方・考え方に変化はありましたか?自由に書いてください。

Hさん 「物理が数学で理解できるようになってとても

面白かった。物理の勉強をするのが苦痛ではなくなりました。公式の数式が導かれる過程はとても興味が深まった。」

Mさん 「1年生のときは公式を覚えてそれに当てはめて考えていたので、テストのときにどの公式を使っていいかわからなくなる時があったけど2年では考え方を考えることができた。」

Nさん 「公式を覚えるだけじゃなくなったので、適当な場面で使うことができるようになった。」

Yさん 「1年の時はずっと公式を覚えてやっていたので全然わからなかったけど、数学的に問えるということが分かって今までよりも物理ができるようになったと思います。」

Nさん 「グラフや力の矢印が書けるようになった。原理から理解しようと努力するようになった。1年生のときより意味の分からないことが減って楽しかった。しっかり復習してもっと理解を深めていきたい。」

Mさん 「原理から公式を理解できるようになった。」

Tさん 「原理は理解しているつもりでしたが、できていなかった。1つ1つの式の成り立ちを理解する必要がある。」

Sさん 「原理から公式を出して使えるようになった。今まで不思議に思っていたことを解き明かすみたいで面白い。」

Eさん 「1年生の時は、点数取るために、公式を覚えていただけだったけど、2年生になってからは、公式の意味がしっかり理解できるようになった。物理が面白く思えて、好きになった。」

Sさん 「1年生の時と物理の印象が変わりました。数学と物理は今まで切り離して考えていたけれど、違うんだなあと思いました。もっとがんばりたいです。」

7. 考察・まとめ

「振り返りシート」の「本日の理解度」では、学習者全員が5か4を選択している。今回紹介した単振動の授業だけでなく、他の回においても、ほぼ全員が5と4を選択していた。また、授業に対するコメントから、実験を取り入れた授業では、物理現象に対して興味関心が湧いている様子が確認できた。原理から公式の成り立ちを理解し、それを導くことができるようになっている生徒もいた。自然科学が数学的法則に従うことへの感動を述べている文章もあり、物理と数学が教科を超えてつながった様子が見られた。

「振り返りアンケート」の質問1において、授業が「楽しかった」とする評価が圧倒的に多かった。質問2における力学の考え方についても「理解できた」が

ほとんどであり、「よく理解できた」の割合も多い。また、質問3では大多数が、「定性的な実験を歓迎する」と回答していることから、これらの成果は、実験を取り入れたおかげであると考えられる。質問4では、物理への取り組み方や考え方の変化について述べている生徒が多く、定性的な実験によってうまく物理現象の本質をとらえ、定量的な考え方へと円滑に接続できていると考えられる。

参考文献

- 中央教育審議会「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について(諮問)」(平成26年11月20日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1353440.htm
- 中央教育審議会「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～(答申)」(平成24年8月28日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/1325047.htm
- 中央教育審議会「新しい時代にふさわしい高大接続の実現に向けた 高等学校教育、大学教育、大学入学者選抜の一体的改革について～すべての若者が夢や目標を芽吹かせ、未来に花開かせるために～(答申)」(平成26年12月22日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2015/01/14/1354191.pdf
- 中央教育審議会「児童生徒の学習評価の在り方に関するワーキンググループにおける審議のまとめ」(平成22年3月)
- 文部科学省「学校教育法等の一部を改正する法律について(通知)」(平成19年7月)
- 板倉聖宣「科学と方法 科学的認識論の成立条件」(季節社, 1986)
- 板倉聖宣「科学と仮説」(季節社, 1971)
- 板倉聖宣「仮説実験授業のABC」(仮説社, 1997)
- E.Mazur. Peer Instruction: A user's manual. Pearson-Prentice Hall, 1997
- 兼田真之, 新田英雄「クリッカーを用いたピア・インストラクションの授業実践」(物理教育 57-2 pp.103-107, 2009)
- 山崎敏明, 谷口和成 他「高校物理に導入したアクティブラーニングの効果と課題」(物理教育 61-1 pp.12-17, 2013)
- 笠順平「研究にもとづく物理教育の改善と評価」大学の物理教育 16(日本物理学会, 2010)
- エドワード・F・レディッシュ著, 日本物理教育学会監訳「科学をどう教えるか」(丸善, 2012)