

目 次

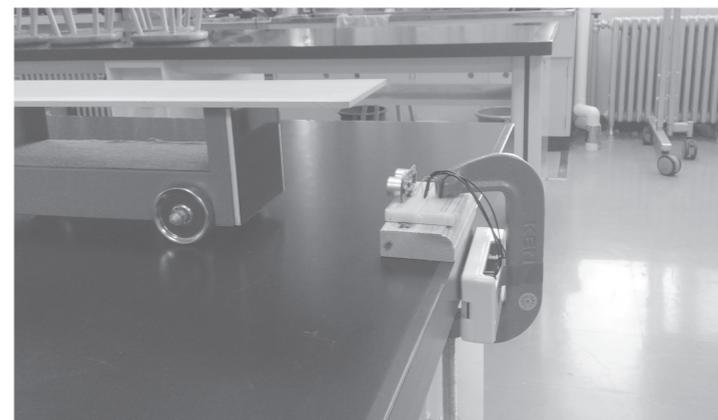
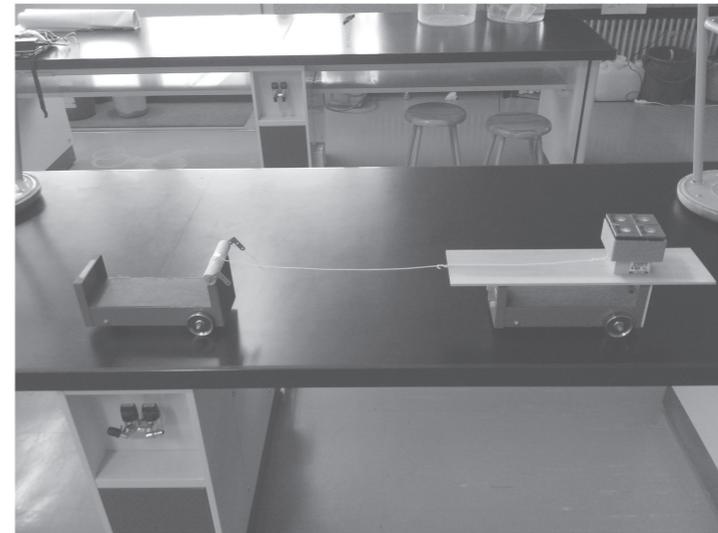
巻頭言 教員需要	札幌日本大学高等学校 石川 昌司	1

アメリカPhysics Teacher誌の紹介 (アクティブラーニングに役立つ素材を中心として)	北海道大学理学研究院 鈴木 久男	2
力学台車の実験に関する工夫	北海道紋別高等学校 佐々木 徹	5
グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告第2報	札幌第一高等学校 山田 高嗣	10
授業デザインとその実践1 (科学・物理としての『見方・考え方』を育むために)	北海道札幌南高等学校 稲子 寛信	16
定期考査にループリック評価を活用する試み (生徒の主體的で対話的な物理基礎の授業実践を通して)	北海道釧路江南高等学校 佐藤 革馬	20
探究的アプローチによる入試問題の検証 (振動電流のイメージをつかむ)	北海道室蘭栄高等学校 佐々木 淳	24

事業報告		28
日本物理教育学会北海道支部規約		32
原稿執筆要項、編集後記		33

物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.45 2017.11

✻

B
U
T
U
R
I
K
Y
O
I
K
U
K
E
N
K
Y
U

巻頭言

教員需要

札幌日本大学高等学校 石川昌司

(日本物理教育学会北海道支部理事)

編集部から今年の巻頭言を書いてみないかという突然のメールをいただいた。今まで本誌の巻頭言を執筆された方々はいずれも大御所の先生たちばかりで、私ごときが巻頭言を書くのは全くおこがましい話である。編集部の方々も当然そのあたりのことはよくご存じのはずなのに何故私にと最初は不思議に思ったが、私は先ごろ北海道の公立高校を定年退職した—現在は私学で教鞭を取っているが—ので、この機会に“定年祝い”代わりに言いたいことを言わせてやろうという主旨なのだと思います。ならば気楽に最近感じたことを述べることも許していただけるだろうと思い、お引き受けした次第である。

最近では、ノーベル賞を受賞した LIGO や建設予定地がらみで ILC (International Linear Collider) が話題になっている。しかし、教育の分野で、今私が一番関心を持っているのは、少子化に伴う中学校・高等学校の「教員需要」減少の問題である。

今年8月に、文科省有識者会議は、教員養成系の大学の入学定員削減などを求める報告書を提出した。この中の「予測」によると、全国の教員需要は、例えば小学校の場合、18年度は約1万6千人であったものが30年度には8,400人まで減るらしい。中学校でも、20年度の9千人をピークに30年度には4,100人になるという。小学校で半減、中学校では半数以下である。ちなみに北海道はどうかというと、「需要」のピークは、小学校が18年度、中学校は22年度であり、その後減少の一途をたどるといふ。¹

北海道公立学校教員採用試験の理科合格者数では、高校は、物化生地順に、15年度7・7・5・1 (計20)人、16年度7・5・12・1 (計25)人、17年度5・9・8・2 (計24)人、中学校は「理科」一括で、15年度25人、16年度24人、17年度17人となっている。²

そもそも「教員需要」はそのときの子どもの人数や学級数だけでは決まらない。ある年の退職者が多ければ次の年の新規採用者がその分増えることになる。少子化そのものはかなり以前から進行しているのにも関わらず、「教員需要」が18～22年度頃にピークを迎えるのは、かつて大量採用された世代の教員がこの頃に定年退職やその後の再雇用期間の終了を迎えるからだろう。いずれにしても、教員社会はここ数年で大きく世代交代が進み、その後は前年度を下回る程度しか新規採用者がいない時代がしばらく続く。

教育は、人が人をつくる、といわれる。知識や経験が豊富なベテランが去り、熱意はあるがその熱意を発揮する術を知らない新人が入ってくる。獲得した知見やノウハウを次世代と共有し発展させる原動力となる本学会や本支部の役割が大きくなるのは間違いない。

¹ 北海道新聞 2017年10月9日「教員養成 少子化で抑制へ」

² 東京アカデミー <http://www.tokyo-ac.jp/adoption/outline/high1/> , 他 (2017.10 現在)

アメリカ Physics Teacher 誌の紹介

(アクティブラーニングに役立つ素材を中心として)

北海道大学 理学研究院 鈴木 久男

Hisao Suzuki, Faculty of Science, Division of Physics, Hokkaido University

アメリカ物理教員学会(AAPT)の会誌である Physics Teacher 誌は、気軽に授業に役立つノウハウを伝える会誌であり、物理教員の関心を広く集める内容を含んでいる。ここでは、Physics Teacher 誌の中から、日本の高校や大学初年教育のアクティブラーニングに気軽に役立つ素材を紹介する。

キーワード アクティブラーニング、クリッカー、概念問題、アメリカ物理教育

Keywords: Active learning, Physics Education, ConcepTests, Clicker,

1. 導入

アメリカの物理教育におけるパラダイムシフトは、他分野に比べて早期に行われ始めたことは良く知られている。1998年にはHake¹⁾の大規模調査が発表され、教育学の分野では古くから知られていた認知主義的な手法が、物理教育にとって非常に有効であることが確認されたのである。その後、彼の結果を様々に検証する試みの中で、リアルタイムの双方向性を持ち、自ら考えさせる Active Engagement 型授業が多数研究されてきた。そして、こうした授業研究の普及を支えてきたのが、アメリカの物理学会会誌である。

AAPT(American Association of Physics Teachers)が発行する学会誌には2種類が存在する。American Journal of Physics 誌と Physics Teacher 誌である。サイト <http://aapt.scitation.org> から両紙とも概要は見ることができるが、内容を見るためにはAAPTの会員となる必要がある。2017年時点で、年間の学会費と American Journal of Physics, Physics Teacher, そして一般向けの Physics Today 3誌の電子購読料あわせて大学教員の場合169ドル、高校教員の場合123ドルで、それぞれ購読可能である。2誌の違いはどのようなものであろうか？

American Journal of Physics は日本の物理教育学会誌のように物理教育研究が主体であり、内容的にも大学の物理教育に関連したものが多く、たとえば、LIGOの重力波を大学初修物理で理解する²⁾といった内容に関するものがある。また、重力による時間の遅れを学士課程研究プロジェクトとして観測する³⁾と言った、日本の高校のスーパーサイエンスハイスクールのプロジェクトに使えるようなものもある。また、物理教育研究のための実際のデータをそろえた研究⁴⁾も掲載される。むしろ、先の有名なHakeの論文はこの雑誌に掲載されており、教育研

究の最たる例でもある。

他方、Physics Teacher 誌は Am. J. Phys. 誌よりもっと気軽に読むことができる内容が多い。そもそも現場の教員の授業時間が限られ、またカリキュラムも決められているので、いくら物理教育研究で有効性が確認されていても、相当の労力と時間がかかるのであれば、新しい教育スタイル導入の敷居はかなり高い。一方、Physics Teacher 誌では様々な高校や大学の教員が行っているちょっとしたチップなどを報告することが多い。たとえば、ウェブのQ&Aで聞いて、宿題の答えをコピーしようとするのをどのように防止したらよいかといった内容の論文もある。このため現場の教員からすると、AJPよりもPhysics Teacher 誌のほうがより実践的で役に立つ要素が多いと推測される。

さて役に立つと言っても、日本の高校教員にとっては、英語を読むという敷居がある。そのため、本稿ではPhysics Teacher 誌の中から、特に高校や大学初年次教育のアクティブラーニングに役立つような素材を紹介しよう。誌面の関係もあるので今回は“Figuring Physics”というコーナーに特化することにする。

2. Physics Teacher “Figuring Physics”コーナー

2.1 Figuring Physics コラム欄の作者

Figuring Physics は、Paul Hewitt 氏による物理のクイズコラムである。Paul Hewitt 氏は、“Conceptual Physics”⁵⁾ という、式をほとんど使わない物理のテキストで有名である。そもそも私たちは日常生活の中で物理を利用するときに、実際に数式を利用する機会は驚くほど少ない。それに対して、どのようになるのかを定性的に予想する場面は、生物学や化学などを学ぶときにも必要となる。

こうした定性的に予想できる力をつけるためには、むしろ数式を利用しないほうが良いことがある。Hewitt 氏は 1987 年に数式以前の概念理解に特化した Conceptual Physics を世に出しており、ある意味、その後の概念理解重視の先人を切っていたとみることもできるだろう。ほとんどの生徒が、概念を理解しないまま公式を組み合わせるアルゴリズム理解で問題を解こうとするのである。

2. 2 Figuring Physics の内容

さて、Figuring Physics は毎回たった 1 枚のスライドというコーナーである。具体的にどのようなものがあるのかを見ていこう。

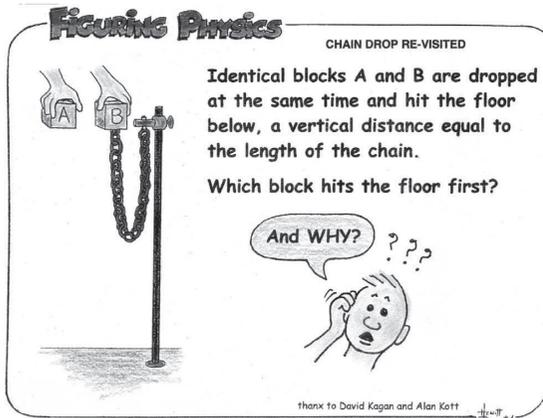
まず、力学に関して単純な⁶⁾問題を見てみよう。

「大工が木のブロックに釘を打ち付ける。1 つは、硬い木のブロックでもう一つは柔らかい木である。同じハンマーの動きで釘を打ち付けるとき、釘にかける力が大きいのは？

1. 硬い木
2. 柔らかい木
3. どちらも同じ

これも実際にやったことのある人には感覚的にわかるが、釘が打ち付けられた＝多くの力が加わったととらえてしまう生徒も多いのではないだろうか？力と運動の区別をはっきりさせる問題として面白いだろう。

上記はいちばん易しい問題を紹介したが、徐々に難しくしてみよう。次も力学の問題⁷⁾を紹介しよう。



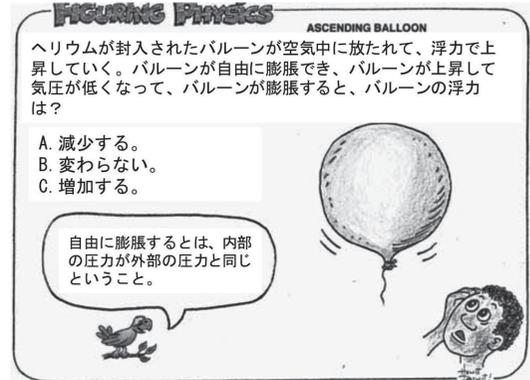
こちらの問題は翻訳なしで申し訳ないが、図を見れば何を言いたいかはわかると思う。これも極めて古くからある問題ではあるが、鎖に繋がれてほうが早く落ちるのを説明できる生徒は少ないであろう。繋がれた鎖が落下しつつ、繋がれているので鎖を静止させるた

めに必要な張力が伝搬して下向きの力を生む。ただし、相当重い鎖を使わない限り、その差はわずかであるが、ユーチューブで、実際に高いところで試した動画を探すこともできる。

2. 3 浮力に関する問題

さて、ここからは浮力に関する問題を取り上げてみよう。ここからは訳したスライドをつかう。

まずは以下の問題⁸⁾はいかがだろうか？



これはクリッカーのクイズというより、グループ討論に良さそうな問題である。生徒達は様々な公式を駆使してなんとか答えを出そうとするだろう。上空では温度も密度も圧力も変化していく。そのため理想気体の状態方程式が必要かもしれないなど様々な可能性を考えて、堂々巡りの計算を始める生徒も出るかもしれない。しかし、結局内部のヘリウムの質量は変わらない。その体積を仮に空気に入れ替えたなら釣り合った状態となっているので、ヘリウムと同量(同じモル数)の空気の重さとの差が浮力になり、外気圧が変化しても浮力は変わらないことになる。もっとも重力加速度が変わるくらい上空ならまた話は別なので、解答は必ずしも一意的でないとも言える。この解答は別の号にある⁹⁾。実際に実験するとなると、紙風船にヘリウムを2/3ほど入れて上昇させることになるが、気圧が低いところでどうなるかを見るのは大変そうである。

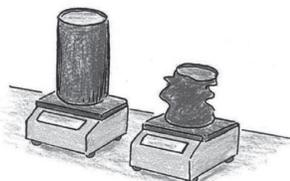
それでは次にやはり浮力に関係している次の問題を見てみよう¹⁰⁾。

Figuring Physics

CRUSHED-CAN WEIGHT

密封されたアルミ缶に大気圧と同じ圧力の空気が封入されており、精密な重量計の上に置かれている。このアルミ缶を取り除き、壊して穴が空き内部の空気が抜けた状態でもう一度重量計に戻す。このとき重量計の目盛りは

- A. 小さい
- B. 大きい
- C. 同じ



thank to Peter H. Eastwell

この問題も生徒達の議論では混乱しがちだと思う。空気が密封されているのと、たとえば穴があいている場合とでは変わるのであろうか？ あるいはふたがない状態とふたのある状態とではどのように異なるのだろうか？ などと、いろいろ考えてしまう。これも先の問題と同じで変わらないというのが答えなのだがいろいろ考えさせるには良い問題だ。

この問題のバリエーションとして古くから知られているのが以下の様な問題であろう。木と鉄のおもりを天秤ばかりで釣り合った状態にしておき、ガラス瓶にいれる。そして真空ポンプで空気を抜いていくとどうなるか？ また、はかりを利用する問題のバリエーションとしては、砂時計をはかりの上ののせ、砂がすべて落ちた状態での目盛りと砂が落ちている状態の目盛りではどちらが大きいかなどという問題もある。あるいは、密封された瓶の中にハチがおり、ハチが縁に止まっている状態と、内部でホバーリングしている状態とではどちらが重いかなどといった問題もある。

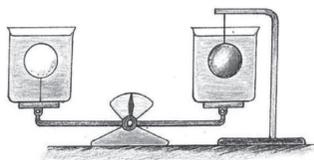
さて浮力の最後の問題として以下¹⁾を紹介しよう。

Figuring Physics

BEAKER BALLS

2つの同一のビーカーに、同量の水が入っている。ピンポンボールがビーカーの下に糸でつながれ沈められている。また、もう一方のビーカーには、同じ大きさの鉛のボールが、上からつるされた形で沈められている。どちらも天秤ばかりにのせると、傾くのは？

- A. 左側が下に傾く
- B. 右側が下に傾く
- C. 傾かない



thank to Derek Muller

この問題は、左側は内力、右側は外力について考えさせるので、複合的要素が強く、クリッカーの問題と

しては向かないが、授業での討論には最適とも言える問題だろう。

さてこの問題をクリッカーの問題として出す場合にはどうしたらよいだろうか？ 元々クリッカーの問題は一般に1つの概念に特化したものがふさわしい。そのためこの問題のクリッカーバージョンとしては、まず、精密ばかりの上にビーカーを置いて、その中に指を入れるとメモリがどうなるか？と言った類題を出す。そして次に上記の Hewitt 氏のクイズを出すといった、2段階での使い方もできる。

3. まとめ

ここでは Physics Teacher 誌の中から、主としてアクティブラーニングに役立つようなクイズを紹介した。AAPT の会誌である American Journal of Physics はがっちりしたデータによる物理教育研究や大学物理教育プロジェクト報告が主であるのに対して、Physics Teacher 誌は、物理教員がより気軽に楽しめる内容になっている。

他方、日本の物理教育学会誌は、教育研究を重視しているが、一般の教員が気軽に役立つ内容は少ないように感じる。ただし、教育研究は、非常に労力と時間が必要になるので、一般の教員は労力や時間を考えるととてもできなく、現場で役に立たないと考える教員も多いと思う。このため日本でも、Physics Teacher 誌の役割を持つ雑誌の必要性は高いと考えられる。このような役割を担うには、物理教育学会の支部会誌が適しているのかもしれない。

引用文献

- 1) R. R. Hake, Am. J. Phys. Vol. 66, 64(1998)
- 2) Harsh Mathur, Katherine Brown and Ashton Lowenstein, Am. J. Phys. Vol. 85, 676(2017)
- 3) M. Shane Burns, et. al. Am. J. Phys. Vol. 85, 757(2017)
- 4) D. J. Webb, Am. J. Phys. Vol. 85, 628(2017)
- 5) Paul G. Hewitt, "Conceptual Physics" 11th Edition, Addison-Wesley, (2009)
- 6) Paul G. Hewitt, The Physics Teacher, Vol. 55, 392(2017)
- 7) Paul G. Hewitt, The Physics Teacher Vol. 54, September (2016)
- 8) Paul Hewitt, The Physics Teacher Vol. 54, 197(2016)
- 9) Paul Hewitt, The Physics Teacher, Vol. 54, 276(2016)
- 10) Paul Hewitt, The Physics Teacher, Vol. 52, 456(2014)
- 11) Paul Hewitt, The Physics Teacher, Vol. 54, 8(2016)

力学台車の実験に関する工夫

北海道紋別高等学校 佐々木 徹

概要

力学台車の定番の実験に、力学台車に一定の力を加え続けて、運動の法則を検証するというものがある。本研究では、この実験の難点である「一定の力を加え続ける」ことを容易にする方法、及び速度の計測を容易にする方法の2点を改良することにより、生徒実験として、この実験を簡単に行える方法を提案する。

キーワード 力学台車, 運動の法則, 動摩擦力, 定荷重ばね, ラズベリーパイ, 距離センサー

1. はじめに

多くの理科実験室には力学台車と記録タイマーがあり、前任校にも、現在勤めている高校にも力学台車がある。そこで、筆者はそれらの道具を用いて、毎年力学台車の実験を実施している。

後述するように力学台車による実験の教育的意義が大きいにも関わらず、生徒実験としてはその難易度と手間のせいで、物理教員が力学台車の実験を行うことに二の足を踏んでいるのが現状で残念な限りである。

昨年度より筆者は力学台車の実験を簡単に行える方法を模索してきた。

力学台車の実験の難点の1つ目は、「力学台車に一定の力を加え続ける」ことである。多くの高校の教科書¹⁾では、「ばねばかりを用いて一定の力で力学台車を引き続ける」方法を採用し、一定の力を生み出すようにしている。この方法は生徒実験としては難易度が高く、うまく一定の力を生み出せる生徒に限られ、教育効果が薄れてしまう。そこで、昨年度、今年度と次のような方法を考案し、一定の力を生み出す工夫をしてきた。

- (ア) 力学台車の上部に木の板を張り付け、その上を木の長い棒を滑らせ、一定の動摩擦力で力学台車を引き続ける。(動摩擦力①)^{2) 3)}
- (イ) 力学台車を押しばねで押し続ける。(押しばね)
- (ウ) (ア)の改良版として、長い木の棒の代わりに、紐を括り付けた小さい木のブロックを力学台車上の板の上で滑らせ、一定の動摩擦力を生み出す。(動摩擦力②)
- (エ) 力学台車を定荷重ばねで引き続ける。(定荷重ばね)

力学台車の実験の難点の2つ目は、記録タイマーを用いた速度の測定が、煩雑すぎる点にある。記録タイマー

で移動距離を求め、そこから速度及び加速度を測定することは、その手続きそのものが、速度や加速度の深い理解に寄与し、一度は生徒に経験させるべき意味のある実験手順である。しかし、経験上生徒に記録テープから加速度を求めさせるまでの所要時間は1時間である。班内で自分達の求めた加速度の値を共有し、そこから運動の法則の検証へとつなげる本来の実験の目的に行き着くにはさらに時間を要してしまう。

筆者はラズベリーパイ⁴⁾と距離センサー⁵⁾を組み合わせ、力学台車の速度測定を一瞬で行い、なおかつ加速度の導出まで、パソコン上ですぐに行える安価なシステムを開発した。

2. 力学台車の実験の意義

力学台車の実験の概要とその教育的ねらいについて簡単に述べる。

水平な机の上に、力学台車を置き、その力学台車を運動させ、その運動を記録タイマーなどで記録し、運動の様子を調べる。特に、高校で力学を初めて学ぶ場合、一定の力を力学台車に加え続け、それによる運動の状態の変化、つまり、加速度を求めさせるのが最大のねらいとなっている。その場合、速度の変化をグラフに記入させ、グラフの傾きから加速度を求める手順が含まれる。力学台車の実験のねらいをまとめると

- ① 定量実験の初歩
- ② 加速度の理解の深化
- ③ 張力や弾性力などの力の性質の理解
- ④ 運動の法則の理解

などがあげられる。

3. 一定の力を生む工夫 (押しばね)

一定の力を生む工夫の1つとして、押しばねで力学台車を押し続けることを考えた。実際は、押しはねの代わ

りに、力学台車の付属品として付いていた、輪っか状の金属を用いた。



図 1 : 実験で用いた押しばね

弾性体はばねに限らず、変形すると元の形に戻ろうと力を生み出す。しかも、同じ形に変形させられれば、同じ力の弾性力をいつでも作ることができる。ポイントは、同じ形に押し変形させ続けることは、引いて変形され続けるより容易であるという点である。

次のような実験手順で生徒実験を行った。

- (a) 力学台車にダンボール製の目印を取り付けた。生徒はこの目印を目安にばねを押して、一定の力を生み出す。
- (b) (a)で生じた一定の力を様々な質量の力学台車にはたらかせて、実験を行う。質量は、2つの異なる重さのおもりを用意して、力学台車に載せることで変化させた。
- (c) (b)の実験の速度は、従来通りの記録タイマーを用いて測定した。

次にあげる実験結果は、生徒実験によるものであるが、解析は筆者が行ったものである。

力学台車本体の質量 $M_0 = 0.963 \text{ kg}$,

おもり 1 の質量 $m_1 = 0.368 \text{ kg}$,

おもり 2 の質量 $m_2 = 0.489 \text{ kg}$,

- ① 力学台車のみの場合の加速度 $a_0 = 1.0 \text{ m/s}^2$,
- ② 力学台車とおもり 1 の場合の加速度 $a_1 = 0.87 \text{ m/s}^2$,
- ③ 力学台車とおもり 2 の場合の加速度 $a_2 = 0.59 \text{ m/s}^2$,
- ④ 力学台車とおもり 1 とおもり 2 の場合の加速度 $a_3 = 0.64 \text{ m/s}^2$,

加速度はすべて $v-t$ グラフの傾きから求めたものである。

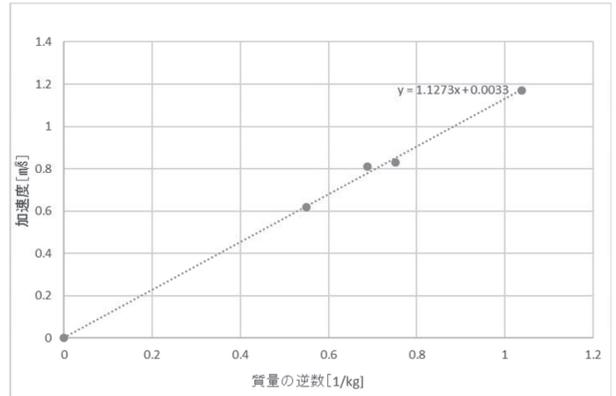


図 2 : 加速度—質量の逆数のグラフ

実験結果は加速度が質量に反比例する結果を再現している。

4. 一定の力を生む工夫（動摩擦力②）

昨年度の動摩擦力による一定の力を生む方法の反省点として、長い棒と力学台車上の板を用いた方法では、接触面を同じ条件に保つのが難しく、力にばらつきが生じやすいという難点があった。そもそもなぜ長い木の棒を採用したかという点、ある程度の時間一定の動摩擦力を生み出し続ける必要があるからである。しかし、今回行う実験では木と木の接触時間は 1 秒弱で十分であり、その時間であれば、力学台車上の木の上を小さな木のブロックが滑ることによって生まれる動摩擦力で十分可能である。木を小さくすることで、接触面の条件を一定に保つことも可能となる。

実験装置は図 3 のように 3 つの部分からなる。

- (1) 力学台車の上に木の板を貼り付けたもの
- (2) (1) の上を滑りながら動摩擦力を発生させる木のブロック（ブロックはさらに、堅い木の部分とコルク製の部分の 2 層に分かれている。）、ブロックにはフックが取り付けられている。
- (3) (2) のブロックを同じ高さで引き続けるための車、この車と (2) のブロックは紐で結ばれている。（牽引車）

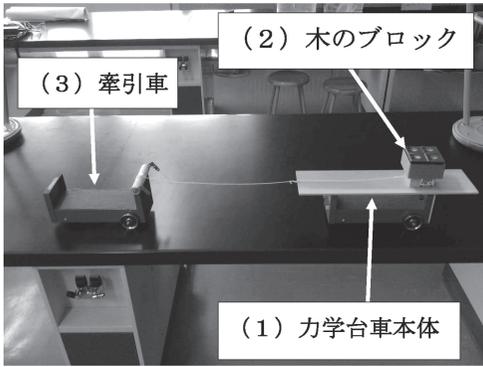


図3：動摩擦力の実験装置

実際の実験では、(3)の車を手で動かし、その結果紐で引っ張られる形で(2)のブロックが(1)の木の上を滑り、動摩擦力が生まれるという仕組みとなっている。(2)のブロックの上部には、マジックテープでもおもりを取り付けることで可能としてあり、動摩擦力の大きさを自由に変えられる仕組みとなっている。

実際の実験結果は次の通り、本稿で記載するのは3つの条件での結果である。6. で詳しく説明する通りこの実験の速度測定は、ラズベリーパイと距離センサーを用いた筆者自作の距離測定装置を用いたものとなっている。

(A) (1)の力学台車の質量 $M = 1.12 \text{ k g}$ 、(2)のブロックの質量 $m_0 = 161 \text{ g}$ 、

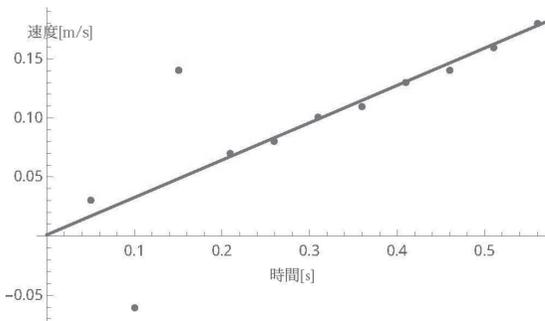


図4：台車のみ、ブロック 161g の場合の v-t グラフ
グラフの傾きから求めた加速度は $a_0 = 0.32 \text{ m/s}^2$

(B) (1)の力学台車の質量 $M = 1.12 \text{ k g}$ 、(2)のブロックの質量 $m_1 = 356 \text{ g}$ 、

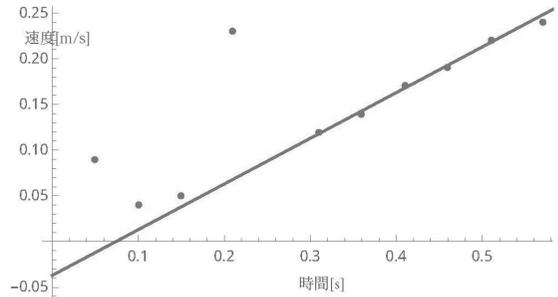


図5：台車のみ、ブロック 356g の場合の v-t グラフ
グラフの傾きから求めた加速度は $a_1 = 0.68 \text{ m/s}^2$

(C) (1)の力学台車の質量 $M = 2.11 \text{ k g}$ 、(2)のブロックの質量 $m_1 = 356 \text{ g}$ 、

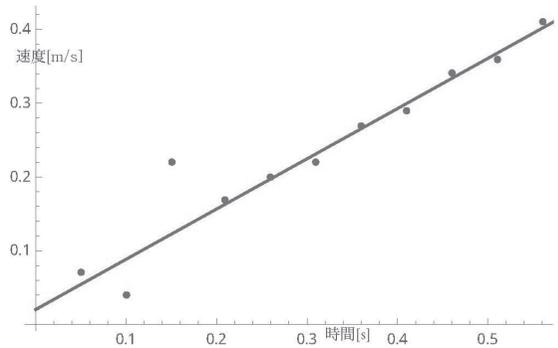


図6：台車とおもり、ブロック 356g の場合の v-t グラフ
グラフの傾きから求めた加速度は $a_2 = 0.35 \text{ m/s}^2$

図7は力学台車の質量を保持のまま、木のブロックの質量を変えたとき(動摩擦力を変えたとき)の加速度の変化を表したものである。

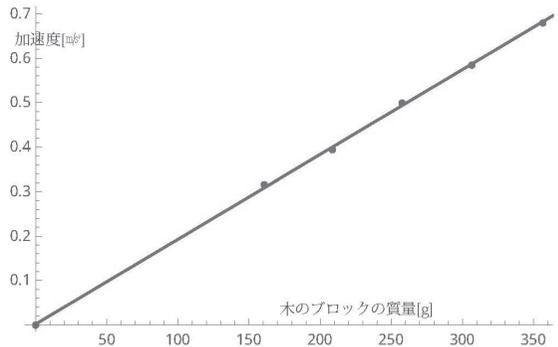


図7：台車の質量固定、動摩擦力(ブロックの質量)を変化させた場合の加速度—力のグラフ

グラフは原点を含めて直線上にあり、運動の法則(加速度は加えた力の大きさに比例する)を再現している。

図8は木のブロックの質量を保ったまま、おもりを載せ(1)の力学台車の質量を変えたときの加速度の変化を表したものである。

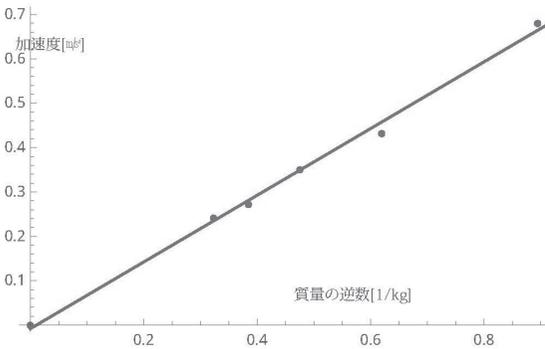


図8：引く力固定，台車の質量を変化させた場合の加速度—質量の逆数のグラフ

グラフは原点を含めて直線上にあり，運動の法則（加速度は質量に反比例する）を再現している。

5. 一定の力を生む工夫（定荷重ばね）

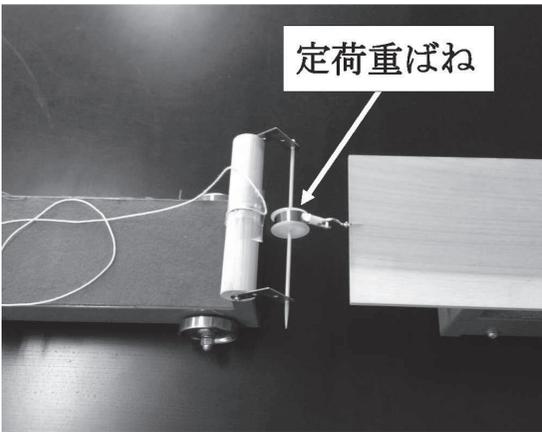


図9：定荷重ばね

昨年度，今年度と北海道高等学校理科研究大会で力学台車に関する研究発表を行う中で，理科センターの溝上氏及び松前高校の花光氏より定荷重ばねの存在を教えてもらった。早速モノタロウ⁶⁾で50g重の定荷重ばねを取り寄せ，4.と同様の実験を行った。その結果は図10のようになった。

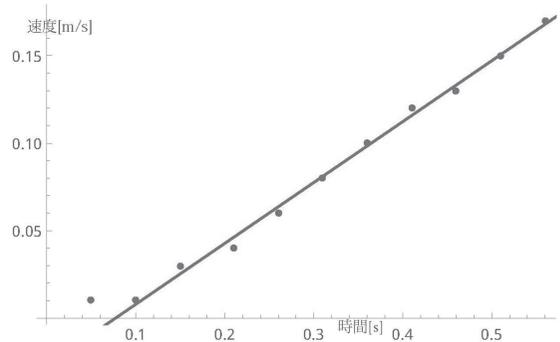


図10：定荷重ばねを引く力とした場合のv-tグラフ
グラフの傾きから求めた加速度は $a = 0.35 \text{ m/s}^2$

製品の特性上，定荷重ばねは同じ荷重を与え続け，実際v-tグラフを直線で与え，その特性を裏付けている。

力学台車本体の質量が $M = 1.28 \text{ kg}$ であったので，グラフの加速度から求めた力は

$$F = 1.28 \times 0.35 = 0.45 \text{ N} = 46 \text{ g 重}$$

となり，本来の50g重から1割ほどずれている。なお，製品の定荷重そのものをばねばかりで測定したところ，50g重を示していたので，このずれは製品由来ではないと考えられる。

6. 簡易速度測定装置

1. でも述べた通り，記録タイマーで運動の様子を記録し，そこから速度及び加速度を求める手順は，加速度の理解を深化させるには意義深いものである。しかし，運動の法則を理解するという立場では，この手順は煩雑すぎて，かえって邪魔になってしまう。一方，ビースピは平易に速度を測定できるが，時間と連動することが難しく，速度の変化そのものは扱えない。そこで，ラズベリーパイに距離センサー（HC-SR04）⁵⁾を用いて瞬時に速度を測定するシステムを開発した（図11）。

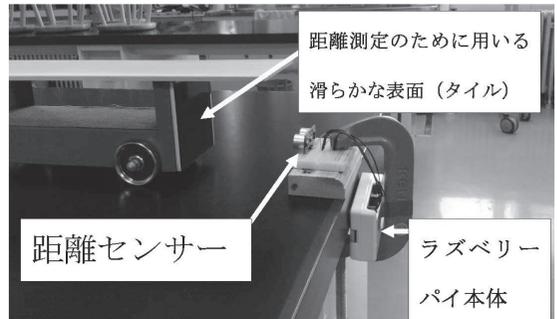


図11：自作の簡易距離測定装置

図3～図6及び図10の結果は既にこのシステムを利用した結果となっている。距離センサー(HC-SR04)は2cm～4mの測定範囲で、0.3cmの分解能である。時間と連動したプログラム自体は、Web上の同様のプログラム⁸⁾を参考に筆者が作成した。ラズベリーパイを用いた最大のメリットは、得られたデータを内蔵のmathematicaで自由に解析できる点にある。時間と連動した速度のデータから加速度を求める解析手順を記す。

(1) mathematicaに(時間, 速度)の数列データを読み込ませる。

(2) (1)のデータをグラフ化し、直線となっている区間を調べる。

(3) (2)のデータから近似直線をつくる。

(4) (1)と(3)をグラフ上で重ねて、解析が正しいことを確かめる。

図2～図6, 及び図10のv-tグラフは(4)の結果であり、加速度の値は、(3)の近似直線の傾きから読み取った。

ラズベリーパイ本体は5000円程度⁵⁾、距離センサー(HC-SR04)⁵⁾は1個200円弱となっていて安価に作成可能となっている。

7. まとめ

力学台車の実験の難点の1つである「一定の力を加え続ける」ことに関して、いくつかの工夫を行った。

押しばねの方法はばねばかりを引く方法と大して違いはなく、難易度的には少し良くなった程度と考えられる。何より力の大きさを変化させるのが容易でないのが難点である。

動摩擦力の方法は、自由に力の大きさを変えられる点にメリットである。しかし、動摩擦力の速度依存性などが不明であるので、同じ条件をできるだけ保ちつつ牽引車を押さなくてはならない。引くには少しコツが必要である。

定荷重ばねが1番容易に一定の力を生み出すのに適しているが、このばね自体が大変高価である。1個5000円⁷⁾。しかも、さまざまな大きさの力を生み出すには、その力の大きさの種類分だけ定荷重ばねが必要である。生徒実験としては一式そろえるのは現実的ではないと考えられる。

簡易距離測定装置はラズベリーパイの知識があれば、比較的安価に容易に構築できた。ただし、ラズベリーパイのデメリットとして、モニター(またはプロジェクタ

ー)が外付けであり、その都度モニターに接続する必要がある。現実的に生徒実験を行う場合、装置は固定したまま、生徒自身が力学台車を動かし、自分たちのデータを得るという方法が考えられる。

実験で求めた加速度を用いると、動摩擦力及び定荷重ばねの力を導出することができる。5.でも述べた通りその値が実際に直接ばねばかりで計測した値と1割程度下回るという問題があった。原因の1つとして力学台車自体に摩擦力が生じている可能性がある。力学台車はベアリングを新品に交換し、摩擦力を小さくするよう努めたがまだ残った可能性がある。もう1つの可能性は、自作の速度測定装置のプログラムの実時間とプログラム上の時間にずれがある可能性がある。いずれの場合も今後の検討課題として残る。

8. 謝辞

本研究において、活発に実験に参加し、貴重な実践結果を提供してくれた紋別高校物理研究選択者に感謝する。また、北海道高等学校理科研究会での発表で貴重な助言を与えてくださった、石川氏、稲子氏、河田氏、花光氏、溝上氏、に感謝します。

9. 参考文献

- 1) 国友正和他 改訂版 新編物理基礎 p82 数研出版
- 2) 佐々木徹 北海道の理科
- 3) 佐々木徹 物理教育研究 日本物理教育北海道支部
- 4) 金丸隆志 Raspberry Pi で学ぶ電子工作 講談社
- 5) 秋月電子通商 akizukidennshi.com
- 6) モノタロウ monotaro.com アクキュレイト製
- 7) Make. Make.bcde.jp/raspberry-pi/超音波距離センサー hc-sr04 を使う

グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告第2報

札幌第一高等学校 山田 高嗣

【要約】 授業「物理基礎」においてグループワークを取り入れており、グループワークの効果を検討する一つの方法として、生徒の自己評価「振り返りシート」の結果と定期試験の結果との関係について分析した。その結果、学力が向上する集団の特徴として、①グループワークによって理解を深める。②相手の意見を聞く。③「みんなが理解する」や「教え合う」意識を持つ。④確認テストの正答率を上げる。の4点が挙げられる。また、本年度より1年生全員が一人1台のタブレットPCを持つことになり、生徒の理解度が上がる手段として有効であることがわかってきた。

【キーワード】 アクティブラーニング、グループワーク、振り返りシート

1. はじめに

これまでに実践してきた講義形式の授業では、ある一定の学習成果は得られたものの、最近では生徒の学習意欲はもちろん、学力の向上にも限界があるように感じられる。そこで、グループワークの手法を用いて、平成26年12月より授業方法を大きく転換することを試みた。その結果、2年生対象の授業「物理」についての実践報告（山田，2015）によると、生徒同士が気軽に話し合う雰囲気ができたり、居眠りがなくなったりし、生徒自身も理解度が上がったという成果が得られた。

さらに、1年生対象の授業「物理基礎」についての実践報告（山田，2016）によると、グループワークの授業の中で、プロジェクターを用いて説明することにした結果、説明時間は短縮できた他、映像などを見せやすくなった。また、自己分析結果と定期試験の得点を比較すると、理解度や教えることと、学力との相関が見られた。一方、集中して説明を聞いたり、討論や教え合いへの意識を持ったりする点については、今後の課題である。

本研究では、前報（山田，2016）の継続研究として「振り返りシート」の分析をさらに深めて行ったのでその結果を報告する。

2. 「振り返りシート」の記入

平成28年度に年4回実施した定期試験後に

は、最近2～3ヶ月を見直す「振り返りシート」（図1）を記入させた。このシートは、生徒へ「気づき」を与えることを目的としており、今後の授業への意欲が改善されることを期待している。一方、生徒自身の自己評価でもある。

3. 「振り返りシート」の分析

図1の「振り返りシート」の回答結果と定期試験の得点について比較、分析する。

平成28年度は1年生対象の授業「物理基礎」を4クラス（仮にA～Dとする）担当した。クラス別の定期試験の得点分布を図2～5に示す。

これらの結果においてクラスDに注目すると、他クラスに比べて平均点が高くなっており、さらに下位層が減少し、第4回定期試験では50点以下の者がいない結果となった。

そこで、クラスDにおける「振り返りシート」の回答結果の特徴について着目した。なお、回答結果は記載順に左から1～4という数値で集計した。数字が大きいほど、理想的な取り組みをしていることになる。各設問について「回答番号のクラス平均値」の変化を図6～15に示し、それぞれの分析を行った。

「物理基礎」振り返りシート

1年 組 番 氏名

定期試験が終了し一区切りとなりましたので、これまでの学習活動を振り返って見ましょう。

最近2～3ヶ月の授業を振り返り、以下の項目について記入してみましょう。

※4択：4つの項目の内、該当するものを○で囲んでください。

- (1) 授業前半(15分間程)の説明のとき、集中して聞くことができていましたか？

あまり集中できていなかった	どちらかと言えば集中できていなかった	どちらかと言えば集中できていた	比較的集中できていた
---------------	--------------------	-----------------	------------

- (2) 授業前半の説明を聞いて、その授業のポイントを理解できていましたか？

あまり理解できていなかった	どちらかと言えば理解できていなかった	どちらかと言えば理解できていた	概ね理解できていた
---------------	--------------------	-----------------	-----------

- (3) グループで活動した後、授業のポイントを理解できていましたか？

あまり理解できていなかった	どちらかと言えば理解できていなかった	どちらかと言えば理解できていた	概ね理解できていた
---------------	--------------------	-----------------	-----------

- (4) グループでの活動中、質問はできていましたか？

あまり質問できていなかった	どちらかと言えば質問できていなかった	どちらかと言えば質問できていた	比較的(積極的に)質問できていた
---------------	--------------------	-----------------	------------------

- (5) グループでの活動中、相手の意見を聞くことができていましたか？

あまり聞くことができていなかった	どちらかと言えば、聞くことができていなかった	どちらかと言えば、聞くことができていた	比較的聞くことができていた
------------------	------------------------	---------------------	---------------

- (6) グループでの活動中、わからない人がいた(または質問があった)場合、教えていましたか？

あまり教えていなかった	どちらかと言えば教えていなかった	どちらかと言えば教えていた	比較的(積極的に)教えていた
-------------	------------------	---------------	----------------

- (7) グループでの活動中、私語など雑談をしてしまう時間が多くなかったですか？

雑談してしまうことが多かった	どちらかと言えば雑談の時間が多かった	どちらかと言えば雑談はほとんどなかった	ほとんど雑談はなかった
----------------	--------------------	---------------------	-------------

- (8) グループでの活動の目的は、「みんなが理解する」であることを意識していましたか？

あまり意識していなかった	どちらかと言えば意識していなかった	どちらかと言えば意識していた	比較的(よく)意識していた
--------------	-------------------	----------------	---------------

- (9) 定着度を上げるには、自分だけが理解するのではなく、「討論すること」や「教えること」であると意識していましたか？ ※裏面「ラーニング・ピラミッド」

あまり意識していなかった	どちらかと言えば意識していなかった	どちらかと言えば意識していた	比較的(よく)意識していた
--------------	-------------------	----------------	---------------

- (10) 授業最後の確認テストでは、“でき”(正答率)はいかがでしたか？

あまりできていなかった	どちらかと言えばできていなかった	どちらかと言えばできていた	概ねできていた
-------------	------------------	---------------	---------

- (11) 授業スライドにある「本日のレポート」の問題は復習用に毎時間掲載されていましたが、自宅で問題に取り組み、復習していましたか？

あまり復習できていなかった	どちらかと言えば復習できていなかった	どちらかと言えば復習できていた	概ね復習できていた
---------------	--------------------	-----------------	-----------

図1. 定期試験後の「振り返りシート」

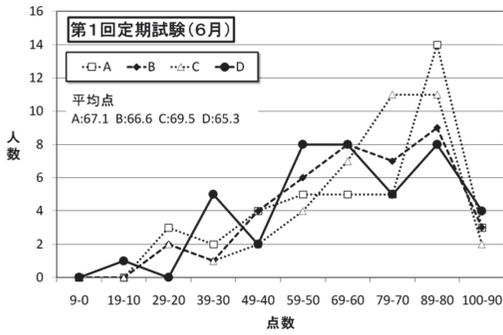


図2. 第1回定期試験の得点分布

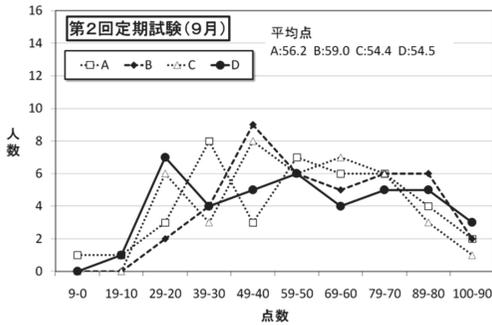


図3. 第2回定期試験の得点分布

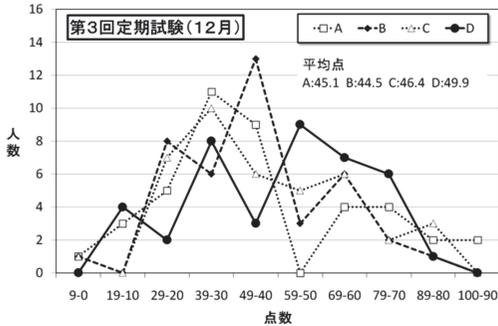


図4. 第3回定期試験の得点分布

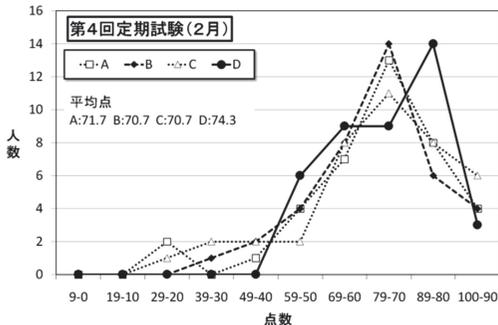


図5. 第4回定期試験の得点分布

図6より、説明時の集中については、年度初めほどではないが、クラスAが第3回に下降したのを除けば、どのクラスにおいても高い値を維持した。

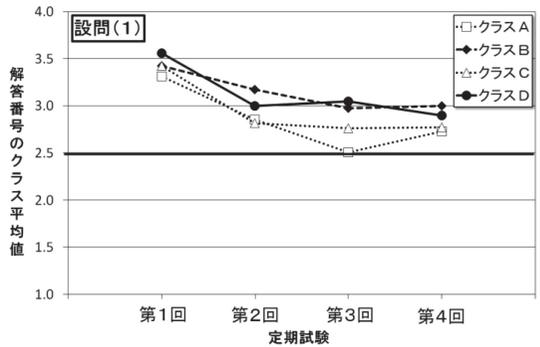


図6. 設問1「回答番号のクラス平均値」の変化(説明時の集中について)

図7より、説明後の理解度についてはクラスの差が見られた。クラスAとクラスCは、大きく下降して第4回に少し回復した。クラスBとクラスDは、第2回から第3回にやや下降したものの、第4回では理解度が回復し、特にクラスDが最も回復した。

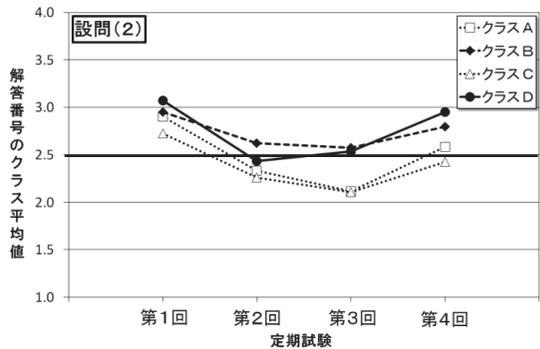


図7. 設問2「回答番号のクラス平均値」の変化(説明後の理解度について)

図8より、グループワーク後の理解度についてはクラス差が見られた。クラスAとクラスCは、第4回では回復したものの、全体的に理解度は低い。クラスBとクラスDは、ある一定レベルの理解度を維持し、特にクラスDは第2回以降理解度が上昇し続けた。

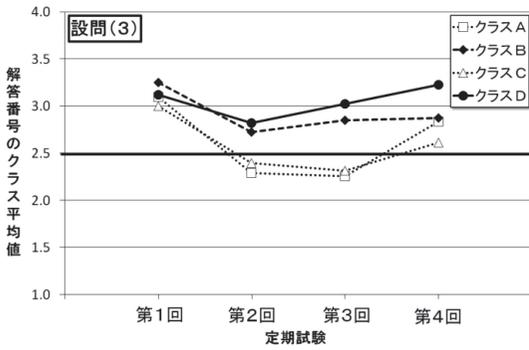


図 8. 設問 3 「回答番号のクラス平均値」の変化（グループワーク後の理解度について）

図 9 より、グループワーク時の質問については、全体的にある一定の積極性を維持した。クラス別に見ると、クラス C は比較的高い値で、クラス A はやや下降し、クラス D は第 1 回るときから上昇傾向であった。

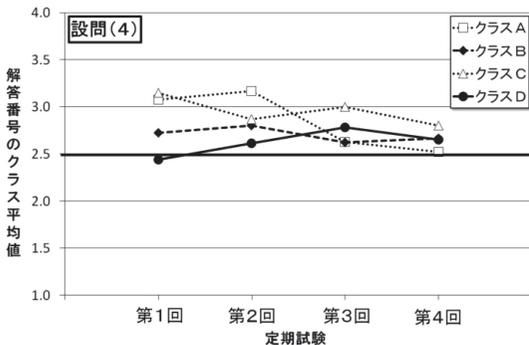


図 9. 設問 4 「回答番号のクラス平均値」の変化（グループワーク時の質問について）

図 10 より、全体的に相手の意見をよく聞く傾向だった。特に、クラス D については、他のクラスはやや下降する中、一定レベルを維持した。

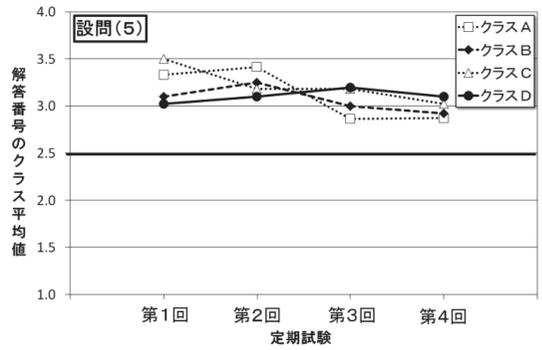


図 10. 設問 5 「回答番号のクラス平均値」の変化（グループワーク時の傾聴について）

図 11 より、第 1 回を除き、わからない人に教えることがなくなってきたが、クラス D だけは第 1 回の値を維持した。また、クラス C だけは、第 3 回から第 4 回にかけて大きく上昇し、回復した。

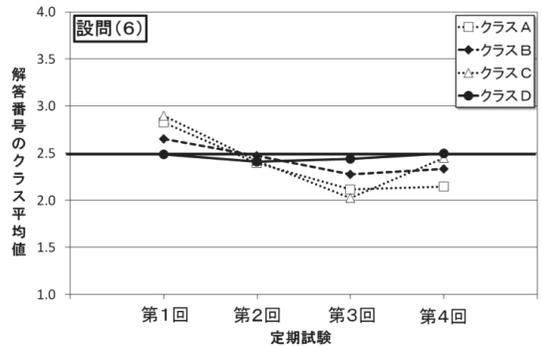


図 11. 設問 6 「回答番号のクラス平均値」の変化（グループワーク時の教授について）

図 12 より、クラス D 以外は私語などの雑談をするようになってきた。しかし、クラス D だけは私語などの雑談が少ない状況を維持した。

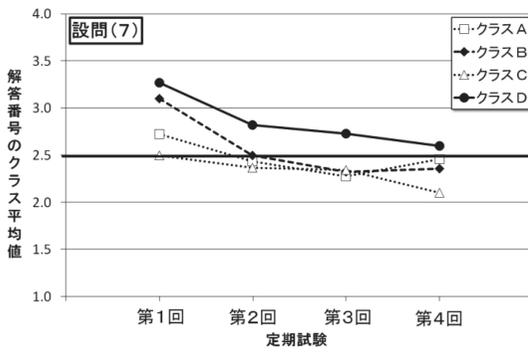


図 1 2. 設問 7 「回答番号のクラス平均値」の変化 (グループワーク時の私語について)

図 13 より、「みんなが理解する」意識は、ある程度維持されていたものの、クラス A は下降した。クラス D は、他のクラスよりも高い値を維持した。

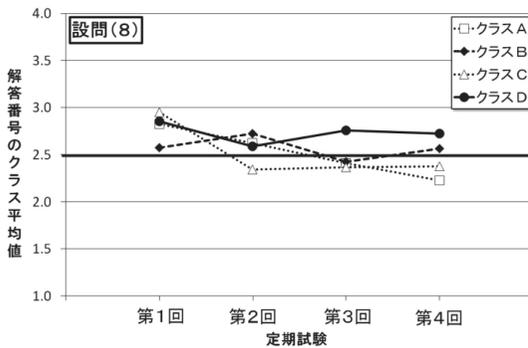


図 1 3. 設問 8 「回答番号のクラス平均値」の変化 (グループワークの目的意識について)

図 14 より、「討論する」や「教え合う」意識は低めの値を維持した中、クラス D だけは第 3 回と第 4 回で高めの値となった。

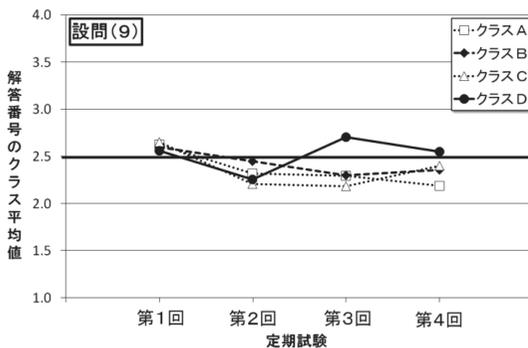


図 1 4. 設問 9 「回答番号のクラス平均値」の変化 (定着度を上げる意識について)

図 15 より、クラスによりばらつきが多く、特にクラス D は第 1 回より上昇し続けた。

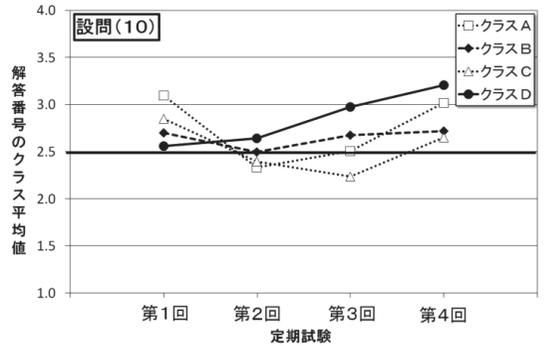


図 1 5. 設問 1 0 「回答番号のクラス平均値」の変化 (確認テストの正答率について)

図 16 より、どのクラスも復習としてレポートに取り組む人は非常に少なかった。

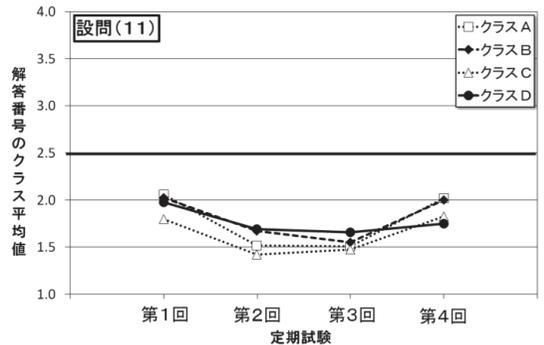


図 1 6. 設問 1 1 「回答番号のクラス平均値」の変化 (授業後の復習について)

4. タブレット P C の利用

平成 29 年 4 月より 1 年生全員がタブレット P C を所有し、授業等で活用することになった。本報告の授業においても活用しながら授業を進めている。

例えば、授業の説明で使用するスライドを予め生徒の P C へ配信しておき、予習に利用してもらう。授業での説明時には、細かくて見難い表示でも手元の画面で見ることができるし、説明後も各自で再確認することができる。しかも、印刷物ではできなかったカラー表示で、とても見やすくわかりやすい。その他、これまで授業時に配布していたプリント類は、各々適した時に配信することが可能である。また、「振り返りシート」の回答も P C 上で回答することにより、終了後すぐに集

計結果を円グラフ等で見ることができる。配信はいつでもできるため、授業以外の活用も可能である。

これまでの白黒プリントを見ているよりも、カラーの図表などがわかりやすく、生徒から好評である。予習をしたい生徒も事前にスライドを見ておくことができ、便利である。

5. まとめ

グループワークの効果を検討する一つの方法として、生徒の自己評価「振り返りシート」の結果と定期試験の結果との関係について分析した。クラス別で比較したところ、学力が向上する集団（クラス）の特徴として以下の4点が挙げられる。

- ①グループワークによって理解を深める
- ②相手の意見を聞く
- ③「みんなが理解する」や「教え合う」意識を持つ
- ④確認テストの正答率を上げる

一方、タブレットPCを利用することにより、手元の資料が見やすく生徒には好評であり、理解度の向上にも繋がっていると考えられる。今後は、カメラ機能、ファイルの送受信機能、アンケート集約機能などのPC機能を活用しながら理解が深まる授業を模索していきたいと考えている。

文 献

山田高嗣；グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告．北海道の理科第 59 号，2016.

山田高嗣；グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告．物理教育研究 Vol.44, 2016.

山田高嗣；グループワークを用いた授業「物理」の実践報告．北海道の理科第 58 号，2015.

小林昭文；アクティブラーニング入門，産業能率大学出版部．2015.

小林昭文・鈴木達哉・鈴木映司；アクティブラーニング実践，産業能率大学出版部．2015.

授業デザインとその実践 1

(科学・物理としての『見方・考え方』を育むために)

北海道札幌南高等学校 稲子 寛信

科学・物理としての『見方・考え方』を育成し、深い学びに繋がる授業のデザインとその実践を紹介する。

キーワード 授業デザイン 「見方・考え方」 時間的追跡と保存則 実験事実と理屈の相違をどう修正するか

1. 本研究の意図

(1) 『見方・考え方』の再考と科学的自然観育成

現在、新学習指導要領に向けて、『主体的・対話的で深い学び』の実現を目指すための様々な提言がなされている。特に『深い学び』については、「習得・活用・探究の見通しの中で、『教科等の特質に応じた見方や考え方』を働かせて思考・判断・表現し、学習内容の深い理解につなげる『深い学び』ができているか」といった観点から授業改善が進められるよう提言がなされている実情がある。また、平成28年6月には、文部科学省から『理科における見方・考え方』として、「自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係づけたりするなど、科学的に探究する方法を用いて、多面的に考えること」と提示された。

このような教育改革がなされる中で、改めて教科・科目の指導者として、「自然科学としての、物理としての『見方・考え方』」を改めて見直すべきだと考えている。また、提示された『見方・考え方』の他にも、理科として求められる「科学的な自然観の育成」から、生徒に習得してもらいたい見方・考え方について考察する。

(2) 授業デザインの重要性

上記のような目的を達成しつつ、教科としての知識を十分に習得させ、なおかつ探究的な学びに繋げるためには、科目を指導する1～2年間の綿密な授業計画と、毎回の授業の具体的なデザインが不可欠である。単純に考えても、

- ①科目としての知識を理解させる
- ②得た知識を活用させる（実験・問題演習等）
- ③科目特有の『見方・考え方』を習得させる
- ④科目学習を通して主体性・協働性を育む
- ⑤探究的な「深い学び」を実現させる

これだけの達成項目がある。

1回の授業でこの全てを完全に達成するのは難しい。従って、1～2年間の指導計画を綿密に立てて、毎回の授業で何を重点的に取り扱うか考えなければならない。

また、毎回の授業に①～⑤の要素がどのように取り入れられているか授業点検を行い、より効果的な授業デザインを行わなければ、従前の授業にあるような①②で終わってしまうだろう。

特に懸念されるのは、教科書の内容が増えて、加えて③～⑤の達成項目を意識した授業を行うことにより、かえって(演示や観察を含めた)各種実験の回数が減少しているのではないかという点である。

そこで本研究では、今後求められる授業デザインの在り方について検討する。特に、科目としての『見方・考え方』の育成に力点を置きながら、その実践例を報告したい。特に若手物理教員にとって参考となれば幸いである。

なお、本研究におけるALの位置づけに関しては、「北海道の理科59」を参照願いたい。

2. 1～2年間の指導計画の重要性

指導計画の重要性は、本来言うまでもないはずである。しかし、理科の特性上、指導項目が単元で細分化されるために、「科目を通した概念形成」の徹底が疎かになりがちでもある。

例えば、文科省が提示した『見方・考え方』を物理として捉えれば、物理全体を通して【時間的追跡】と【保存則】の重要性を指摘する必要がある。しかし、波動分野に入るとこうした観点が欠落しがちである（高校の指導内容がそこまで至っていないこともある）。また、電気分野においても、習得するべき基本知識が多すぎて、これらの観点がなおざりになってしまう。こうした『見方・考え方』を育成するという観点から1～2年間の指導計画を見直さなければならない。

また、生徒の発達段階を考慮して、適切な指導レベルを設定することも必要である。

3. 授業デザイン～どこに力点を置くか～

1(2)に示した達成項目を実現する上で、教員一人ひとりが抱く指導観は大きく影響する。

例えば、ある教員が「探究的な姿勢を習得させるためには、じっくりと粘り強く取り組む活動が必要である。だから、私は授業の実験にじっくり取り組ませたい」とする。その指導観は正しいだろう。しかし、全ての授業において「時間をかけて取り組む」ことを優先すれば、当然教科書の内容が終わらない。

従って、年間の指導計画を踏まえて「粘り強く取り組ませたい内容」を精選し、意図を持ってその授業を実践しなければならない。

一方で、協働性の育成のように、年間を通して毎回指導できるような達成項目もある。

限られた授業時間と授業回数を有効に活かすためにも、毎回の授業構成をデザインし、注力すべき項目を明確にする必要がある。

4. 授業デザインで留意すべき点

(1) 教科書や授業資料の重要性（時間効率）

AL型授業が広がったことで、改めて教科書や授業資料の重要性が浮かび上がっている。

授業における板書内容が、配列は違っても教科書とほとんど同じであれば、そもそも板書の必要がない。教科書を読ませれば十分である。生徒に「作業」をさせたいのか、思考を働かせてほしいのか。本来の目的に立ち返って、授業の生徒の活動を検討しなければならない。

時間的効率の観点からも、教科書やワークシート等は重要である。「一からノートを作り上げることも必要」という意見は勿論あるが、前述の通り、それは年間の全学習活動で行わなければ達成できないことではない。物理であれば、例えば問題演習において問題文だけ与えて敢えて図を与えないで自ら図を描くようにさせたり、ある実験のワークシートだけは敢えてほとんど白紙にしたりする等、意図を持って資料を作成して、正しく生徒に伝えればよいだろう。

(2) 意図を正しく伝えることの重要性

上述した通りだが、教員が何を意図して活動させているのか、育成したい項目に対しては明確にするべきである。例えばグループワーク(以下GW)を行うにしても、その目的を適切に示さなければ無駄話の時間になってしまう。

5. 物理における思考力・判断力育成の実践

(1) 論理的思考、推論、判断への注力

私は現任校に赴任してから2年間『物理における論理的思考、推論、判断の育成』に注力した授業実践を行ってきた。

(2) 実践（「北海道の理科59」参照）

- | |
|--------------------|
| ①アナロジー（関係式等からの推論） |
| ②状況判断（結果から推定） |
| ③背理的考察（仮定が矛盾する） |
| ④具体から抽象への一般化 |
| ⑤結果の物理的考察 |
| ⑥近似的思考（不要な要素の切捨て） |
| ⑦直感と理屈、理屈と現象における判断 |
| ⑧明かりのある所から探せ |

今回は、⑦の具体的実践として、力のモーメント及び反発係数の授業展開を紹介する。

6. 直感と理屈、理屈と現象における判断

直感、理屈（原理）、現象（事実）のどれを重視するか、判断基準をある程度明示した。特に原理と事実であれば、考察対象以外の物理現象の影響が小さい場合、事実を重要視しなければならない。自然界における再現性は科学全般に通じる基本概念である。具体例として

(a)水平台の上に2つの物体を重ねて、下の物体を引いた場合の考察（生徒の理屈は物体が後ろ向きに進むという誤解が多い）

(b)箔検電器の実験で、帯電した塩化ビニルの棒を接触させないのに、棒を遠ざけても箔が閉じなくなる現象の演示と理由の考察（現象が正しいなら、乾燥した空気中でも高電圧が加わると通電することがあると理解できる）

7. 実践1：力のモーメント

(1) 授業の狙い

①科学としての『見方・考え方』

「頭の中の理屈と実験事実が合わない場合、まずは実験事実を重視する。場合によっては理屈を変更する必要もある。」ア…という『見方・考え方』を身につけさせる教材として導入する。

②教材の有効性（手軽だが思考を要し、発展性もある）

実験教材として意外性があるだけでなく、確認の実験を考察させて実施する発展性もあり、また文字式を用いた演習も可能である。

③2年間の指導計画における位置づけ

下線アの『見方・考え方』を育成する教材としては、前述の6(a)の次に登場するものである。この演示教材で一通り学習した後、振り返りとして6(a)を再掲する。

また、剛体のつりあいの条件については数回演習した後実施する。

(2)授業展開

①教材紹介『スーパーボールでドアストップ』

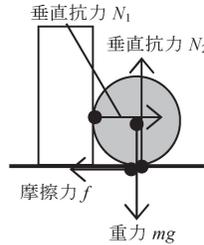
(i)洋式の開き戸を途中まで開き、その下にスーパーボールを挟んで止める(演示)。

(下に隙間のある開き戸なら小さいスーパーボールでも止められる)

(ii)その際の力の状態について考察させる。

(半径 r の球として考察)

ほとんどの生徒は、右図の力しか描かない。

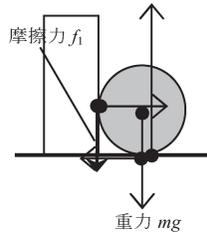


②思考・判断

(i)「これでは正しい力の作図ができてない」と指摘し考察させる。

(ii)(i)ではほとんど答えられないので、「スーパーボールには大きさがある(ここでは剛体と見なして考察する)」というヒントを与える。

…これにより、剛体のつりあいを考えると、「スーパーボールの中心に対して反時計回りの力のモーメントが必要」と気づく。『力のモーメント』という物理的概念から考察させることが重要である(=『深い学び』への接続)。



(iii)これにより、扉面にも摩擦があることに気づかせる。

(iv)「頭の中の理屈と実験事実が合わない場合もあって、場合によっては理屈を変更する必要もある。ここは摩擦力が必要だ。」

このケースでは、多くの生徒にとっての力の作図が、『質点における理屈』になってしまっていて、『剛体における理屈』にはなっていないことを指摘しておくとうい。

③探究活動

(i)「本当に壁面との摩擦力がなければ扉は静止しないのか? 確かめる実験をしよう」と提案して実験を考案させる。

(科目では、自らテーマを設定する探究活動はなかなか難しい。しかし、総合などの探究活動に繋がるよう、限定したテーマにおいて必要な探究の手法を検討させて実施することは可能と考える)

(ii)実験の考案後、一例として、ピンポン球の一部に両面テープを貼り付けた場合を紹介する。

(a)底面と床面の接触面だけに両面テープを貼り付けた状態で扉の下面に置くと、ピンポン球は回転してしまう。

(b)扉との接触面だけに両面テープを貼り付けたら、球は回転しないが、球が扉に貼り付いた状態で扉が閉まってしまふ。

(c)どちらにも両面テープを貼り付けたら、扉が留まってストッパーの役割を果たす。

④問題演習

文字式で力のモーメントを立式させて、同時に最大摩擦力の条件を考えさせると、扉面・床面ともに静止摩擦係数がほぼ 1 以上になっていないと分かる。スーパーボールが極めて滑りにくい物体であることが理解できる。

(3)留意事項

私は、意外性や違和感のある現象等を取り上げることで、生徒が興味・関心を持って思考力・判断力を働かせると考えている。この教材もそうした狙いが達成できるよう、始めはあえて間違った作図をする生徒が出るように展開する。その後の GW も話し合う材料が多くなるので、表現力・主体性などの行動特性も育成できると考えて実践している。

8. 実践2: 反発係数

(1) 授業の狙い

①科学としての『見方・考え方』

実践1と同じく、下線アの『見方・考え方』を身につけさせたい。但し、今回はどこに改善点があるか見えにくい教材である。理論的考察の「前提」が成立していないことに気づかせる意図で実践した。

なお、前提条件に留意させる機会は、2年間の指導計画では事前に設定している。例えば、 $W = Fx$ などの簡単な関係式に対して前提条件 (F は一定であること) も含めて理解しなければならない、等である。

②教材の有効性(手軽だが思考を要し、発展性もある)

これも実践1と同様である。

③2年間の指導計画における位置づけ

下線アの『見方・考え方』を育成する教材としては、実践1の次に登場するものである。

下線部アの『見方・考え方』は、私の年間計画では、波動分野の単スリットで再登場する。このように、リメディアルな観点から同じ『見方・考え方』を何回か登場させて定着させたい。

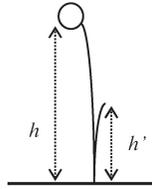
(2)授業展開

①反発係数の定義(通常の講義)

②問題演習としての準公式の導出

物体を自由落下させて地面に衝突させた場合、反発係数は衝突前後の最高点の高さを用いて

$$e = \frac{v'}{v} = \sqrt{\frac{2gh'}{2gh}} = \sqrt{\frac{h'}{h}} \dots (c)$$



と導き出せる。

③反発係数の測定実験

(i)ピンポン球・スーパーボールを用いる。

このとき使用するスーパーボールは、ピンポン球より直径が小さいもの（2～3cm）を用いると後で考察しやすい。

(ii)2種類の球と床面（もしくは実験台の台上）の間の反発係数を測定する。

(iii)50cmの高さから自由落下させて高さを測り、反発係数を求める。

この際、スマートフォンで撮影するなど測定方法を各自に工夫させてもよい。（但し、本実践の主眼は後半部分にあるので、ここではそれほど時間を割かない）

④思考・判断

(i)「実はこの実験、ちょっと面白いことがある。」

「落とす高さを100cm(または25cm)にしたら、それぞれの反発係数はどうなるか測定してみよう。」と提案する。

(ii)測定してみると、スーパーボールの反発係数はほとんど変化しないが、ピンポン球の反発係数が変化してしまう（落とす高さを大きくすると、反発係数が小さくなる）。

本来は、反発係数は材質による値であり、落とす高さには依存しないはずである。

(iii)この原因について考察させる。意外に多くの生徒が、原因を正しく推察できない。

(iv)そこで、再び準公式に注目させる。

「公式(c)の導出にあたって、第2式は『定義』であるから疑いはない。しかし、第3式はどういう前提で変形したか（自由落下）と考えさせる。本当に加速度gで落下しているのか考えてみよう」と提案する。

そうすると、一部の生徒が空気抵抗の存在に気づき始める。

(v)まとめとして、「理屈と実験が合わないから、今までと同じように実験事実を前提としながら考えることは重要だった。今回の場合は、式変形に隠れている前提条件を、意外と見落としがちであると押さえてほしい。」という点を指摘する。

③探究活動

(i)「本当にスーパーボールとピンポン球では空気抵抗の影響があるのだろうか。どう観察したらよいか方法を考えよう。」と考察させる。

(ii)一番わかりやすいのは、ある程度の高さ（5m以上が分かりやすい）から同時に2球を落下させて、地面に同着せずピンポン球が遅れることを確かめるとよい。スマートフォンのスロー動画でも確かめられる。

(iii)次に、なぜピンポン球が空気抵抗の影響を受けやすいのか考察させる。スーパーボールに比べてピンポン球の断面積が大きいので空気抵抗を受けやすいことや、ピンポン球の質量が軽いことから終端速度に近づく緩和時間が短いことなどが列挙できればよいだろう。

(4)留意事項

反発係数の測定に関しては、その測定値の精度を上げる観点から指導することも可能である。ただ、この実践の主眼は、測定値の精度ではなく、下線部アの『見方・考え方』を養いながら探究することにある。全ての内容を丁寧にやるならば、1.5～2時間相当かかるであろう。

9. 今後に向けて

これらの実践を他の分野についても増やすことで、物理ならではの『見方・考え方』を改めて検討し、生徒に幅広い自然観を身につけてもらえるよう工夫していきたい。

10. 参考文献

- 平成28年度北海道高等学校教育研究会研究紀要
- 北海道の理科54「物理授業での導入の工夫 ～【違和感】によるつかみの工夫や言語活動の充実」
- 北海道の理科59「物理ALで育成するべき「物理としての」思考力・判断力・表現力に関する指導実践」
- 『高校教師が教える物理実験室』（工学社）

定期考査にルーブリック評価を活用する試み (生徒の主体的で対話的な物理基礎の授業実践を通して)

北海道釧路江南高等学校 佐藤 革馬

Hokkaido Kushiro Konan High School Kakuma SATO

物理基礎の授業で、教員から教えることを極力減らし、グループワークを主体とした生徒同士の学び合いの中で物理を学ぶ授業に取り組んだ。その結果の一つとして、模擬試験における平均点偏差値が例年よりも大幅に高い集団になった。このような学習方法を定期考査でも評価できるように、ルーブリックを用いて大問ごとに評価を行い、生徒の理解度を測ることを試みたところ、適切に評価できた。

キーワード 物理基礎、ルーブリック評価、グループワーク

1. はじめに

本校は進学型単位制の普通高校で、釧路地域の二番手校として知られている。入学定員は240名の6学級で、部活加入率は平成29年度は99%、卒業生の進学者の比率が例年85%程度、就職者のほとんどが公務員である。

本校では平成29年度入学生から「科学と人間生活」を1年次に必修科目として設置し、2年次に物理基礎、化学基礎、生物基礎、地学基礎の中から1科目以上を履修させている。例年、物理基礎を選択する2年次生は、20人程度である。

本校の物理基礎は、2年次に4単位で増単実施し、専門物理は3年次に標準4単位で実施している。

2. 平成28年度の物理基礎の授業方法

筆者の授業は、生徒が物理の授業を通して、自然科学への興味関心を高め、授業の中で基礎的・汎用的能力を身につけるもの、と考えて組み立てている。

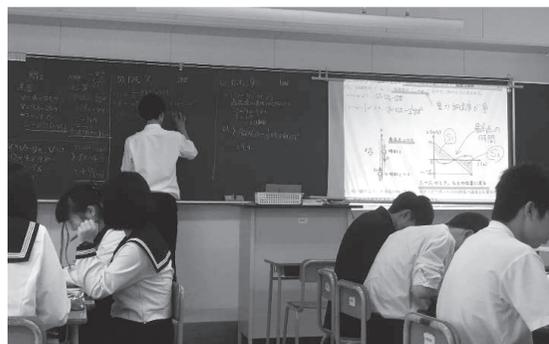


図1 物理基礎の授業の様子

近年は、生徒同士の教え合う時間を増やすことを意識し、平成28年度からは、授業50分のほぼすべての時間をグループワークに当てるようにしている。筆者の役割は、生徒が教科書を参考にしながら物理の知識を自分たちでまとめることができるプリントと問題演習プリントを作成すること、理解を深めるための実験やICT教材を用意すること、誤概念を生む危険性が高いときのティーチングをすることである。

表1 物理基礎の授業ツール

教科書	物理基礎（東京書籍）
問題集	ニューグローバル物理基礎+物理（東京書籍）
ICT機器	iPad pro と apple pencil Windows ノートパソコン 移動式プロジェクタ、簡易スクリーン
プリント作成	東京書籍デジタルコンテンツ Study Aid（数研出版）
アプリケーション	Good Notes（iPad） Power Point（Win、iPad） FLASHアニメとJAVAシミュレーション（Win） 数研 Digital、タイマー、カメラ（iPad）

iPad pro は私物ではあるが、普通教室でも幅広い授業ができるので、筆者の授業では欠かせないものになっている。

授業中は筆者はファシリテーターであり、生徒同士の話し合いで解決できないときに、生徒が要望したときのみ、ヒントを与える。また、時間のコントロールをすることも大切な役割で、黒板に問題の解説を書いて考え方を共有するように指示することで、次の作業にいくタイミングを作っている。

理科室で行った実験は、北海道教育委員会事業の「北海道高等学校学力向上実践事業における教材作成」のホームページにある物理ベーシック H27 問題¹⁾を利用した。実験書とそれに関する問題が付随しているので、定期考査の前の週に実験を行い、その理解を定期考査で確かめるようにした。実験も通常の授業と同じく、手引きに従って、生徒同士でレポートをまとめるグループ学習で行った。筆者の役割は、実験道具を出しておくことと、安全面で問題が無いか様子を見るだけである。

年に3回実施した授業評価アンケートの結果を見ても、グループワーク主体でお互いに教え合う授業は生徒の満足度が高く、理解が深まるので続けて欲しいという声しかなかった。

3. 進研模試の結果から

グループワークによる生徒主体の学習で理解がどれだけ深められるのか、進研模試の物理基礎の偏差値度数分布を用いて確認した。

表2 進研模試2年1月(平成28年1月実施)

科目	2016年度		2015	2014	2013	
	国数英	物理基礎	物理基礎			
受験人数	89	13	7	6	13	
平均点	210.9	21.4	20.9	9.7	15.0	
標準偏差	49.4	13.1	6.9	9.0	5.4	
平均点偏差値	50.6	57.9	54.2	46.0	49.0	
満点	600	50	50	50	50	
偏差値	単純	累積	単純	累積	単純	単純
80~						
78			1	1		
76				1		
74			1	2		
72				2		
70	1	1		2		
68		1		2		
66		1	1	3		
64		1	2	5	1	1
62		1		5	1	
60	4	5	1	6		
58	4	9	1	7		
56	6	15		7	2	2
54	6	21		7		1
52	7	28		7		1
50	23	51	1	8		4
48	13	64	1	9	1	
46	9	73	2	11		2
44	4	77	1	12	1	1
42	6	83	1	13	1	1
40	5	88		13		1
38		88		13		1
36		88		13		1
34	1	89		13		1
32		89		13		
30		89		13		
~30		89		13		

本校では、2年次の1月に実施するベネッセの進研模試は、希望者を募る形式で、大学進学を希望する生徒が受験している。例年、この模試の国数英総合の平

均点偏差値は50程度で、全国平均レベルの集団となっている。

教え込む授業から、生徒同士が学び合う授業になった平成28年度(2016年度)の進研模試の結果(表2)は明らかに、成績が良い。標準偏差が大きくなっているが、成績上位の方向への伸びが広がっていることが度数分布からわかるので、生徒の理解の深さに違いがあるものの、「物理が分からない」という層が縮小したという事がうかがえる。

表3 進研模試2年1月5科目選択者抽出

生徒	物理基礎	化学基礎	国数英
A	78.9	76.6	71.9
B	74.6	66.2	55.3
C	66.1	60.3	56.5
D	65.2	49.9	57.4
E	60.1	42.9	41.6
F	59.2	52.2	49.2
G	51.5	59.2	48.6
H	49.0	59.2	49.7
I	47.3	41.8	43.8
J	46.4	47.6	50.0
K	45.6	51.0	49.6
L	43.0	39.4	50.4
平均	57.2	53.9	52.0

表4 進研模試2年1月のt検定結果

t-検定： 一対の標本による平均の検定ツール		
	物理基礎	英数国
平均	57.2	52.0
分散	143.6	60.8
観測数	12	12
ピアソン相関	0.71	
仮説平均との差異	0	
自由度	11	
t	2.14	
P(T<=t) 両側	0.0556	
t 境界値 両側	2.20	
	化学基礎	英数国
平均	53.9	52.0
分散	118.9	60.8
観測数	12	12
ピアソン相関	0.78	
仮説平均との差異	0	
自由度	11	
t	0.94	
P(T<=t) 両側	0.3675	
t 境界値 両側	2.20	

さらに、平成29年1月に実施した進研模試で、物理基礎、化学基礎、英数国を受験した生徒を抽出し(表3)、t検定で有意差があるかどうか確かめた。t検定はMicrosoft Excelの「分析ツール」を利用した。(表4)

ここから、物理基礎と英数国は $p=0.056$ で有意な傾向が見られた。同様に化学基礎と英数国は $p=0.37$ で英数国には有意差は見られなかった。このことから、物理基礎の偏差値で測る学力は他の教科よりも高くなったと考えられる。

この傾向は、平成 29 年度の 3 年次物理でも同様に見られた。平成 29 年 4 月に実施した進研記述模試（物理基礎、受験者 8 名）では、平均点偏差値は 61.1、偏差値 50 未満が 1 名（偏差値 48）となり、グループワーク主体の学習活動が、本校の物理選択者には非常に効果的であることが分かった。

4. ルーブリック評価について

ルーブリックとは、「レベルの目安を数段階に分けて記述して、到達度を判断する基準を示すもの」で、ルーブリック評価とは「学習結果のパフォーマンスレ

表 5 実験レポートに示したルーブリック

段階	評価観点	1. 基本的な知識・技能
S	【確認事項】をまとめ、【測定結果】のデータ測定の方法を理解し、完了した	
A	【確認事項】をまとめ、【測定結果】のデータ測定が完了した	
B	【確認事項】をまとめることができたが【測定結果】のデータ測定の方法があまり理解できなかった	
C	【確認事項】をまとめることができなかった	
段階	評価観点	2. 思考・判断・表現
S	グラフから理論値と実験値の差について考察し、他者が理解しやすいような、簡潔で十分な記述をすることができた	
A	グラフから理論値と実験値の差について考察し、【探究】の文章を作ることができた	
B	グラフから理論値と実験値の差について考察できた	
C	【考察】【探究】がほとんど書けなかった	
段階	評価観点	3. 主体的に学習する態度
S	実験の難易度や工夫した点を挙げ、実験を振り返った感想を書いた。また、グループで協力しリーダーシップをとることができた	
A	実験の感想を文章で書くことができた。また、グループで協力して取り組んだ	
B	実験の感想は箇条書き程度で書いた。また、グループで協力して取り組んだ	
C	感想が書けなかった	

ベルの目安を数段階に分けて記述して、学習の到達度を判断する基準を示す教育評価法」²⁾である。パフォーマンス（思考・判断、技能）の評価として使われる。

ルーブリックを用いて事前に評価基準を示すことで、生徒が何をできるようになればよいのか、生徒自身で判断できるようになる。同時に、教員同士の評価の目線あわせにもなり、知識量や理解度を測るマルバツ式のテスト以外に、思考のプロセスや実験技能の習熟度を評価するテストを作りやすくなる。

そのため、ルーブリックで記述する評価規準は、できるだけ具体的で簡潔な言葉を用いることが望ましい。

ルーブリック評価は生徒実験を評価するときに有用性が高い。たとえば、筆者が物理基礎の授業で行った合成抵抗の測定実験で、ルーブリック（表 5）を示し、生徒の自己評価をしてもらい、更に回収したそのレポートを同じ尺度で教員評価をし、成績に反映させた。このルーブリックは、実際にはマトリックスにして示した。

この結果、実験を振り返る際に、生徒自身がどのように取り組めばよかったか客観的に判断できたようで、教員評価と大きく異なる生徒は皆無であった。

ルーブリックは生徒の理解度や取り組み状況を見ながら常に改善しているので、表 5 は完成形ではなく、実験を行うたびに変更、改善している。

5. 定期考査をルーブリック評価で挑戦

生徒の知識量や理解度は、定期考査や模擬試験でも測ることができるので、定期考査では、さらに物理的な思考や判断ができていないか、ルーブリックを示して、パフォーマンス評価をすることを試みた。

本校は、定期考査は 100 点を満点とするペーパーテストであるが、この考査の得点を「参考に」評定を付けている。評定 5 は「教科の目標に照らして十分に修得したと認められる」段階であり、評定 1 は「修得したと認められない」段階であるため、生徒が修得した段階を説明できることが教科に求められている。そのため、本校の理科では、生徒や保護者に分かりやすく説明するために、観点別評価を 100 点満点に点数化し、5 段階評定に落とし込む作業をしている。つまり、一昔前の評価方法のような「考査点 80% + 平常点 20%」という形式を踏襲し、「観点①35% + 観点②45% + 観点③20%」というような評価方法である。

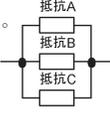
平成 28 年度の後期末定期考査で、従来通りの問題と、記述レポート形式の問題（図 2）を作成し、記述

レポート形式の評価をルーブリック（表 6）を用いて、採点と評価を同時に行うことを試みた。

記述レポート問題の採点方法は、まずはルーブリックに基づいてどの段階にいるか示し、その段階の基準点に得点倍率を乗じた点数を考查点とした。

1 [思考・判断・表現]

抵抗 A の抵抗 R_1 [Ω]、抵抗 B の抵抗 R_2 [Ω]、抵抗 C の抵抗 R_3 [Ω] とおく。この抵抗を図のように並列に接続した時の合成抵抗 R [Ω] が次の式で与えられる。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$


この導出方法について、電流と電圧、およびオームの法則から説明しなさい。

図 2 定期考查の記述式出題例

表 6 解答用紙に示したルーブリック例

段階 得点	知識・理解 (得点倍率 1 倍)	思考・判断・表現 (得点倍率 4 倍)
A 2 点	公式や法則を活用し求めている	文章と数式を分けて記述し、思考の流れを読みやすくしている
B 1 点	公式や法則の説明がある	計算過程を残し、思考の流れがおおよそ分かる
C 0 点	正しく求められない	数字の羅列で思考の流れが分からない

たとえば、図 2 の問題 1 の解答例で、オームの法則 $V=RI$ の記述があるが、電圧が等しいということに触れていなければ、知識・理解の観点では B 段階（1 点×1 倍=1 点）、電流の分岐に気付き、 $I=I_1+I_2+I_3$ のような説明を図も用いて説明がされていれば、思考・判断・表現の観点は A 段階（2 点×4 倍=8 点）と評価した。そして、考查点は 9 点、というように、考查点と観点別評価の融合を測ることで、教務的な混乱を軽減した。

さらに、採点者の負担軽減を兼ねて、この後期末定期考查では、ルーブリック評価による考查点の合計を 40 点従来型の正解・不正解による考查点の合計を 60 点としたが、前期の定期考查の平均点と比べても大きく変わることがなかったのも、教務的な見方でも公平で適切な考查だったと思う。

6. おわりに

定期考查にルーブリック評価を用いることで、正解か不正解か、という生徒が「正しく答える」ことを求める考查から、「どのように考えるか」というパフォーマンステストの一つに昇華させることができそうだと、この実践を通して、実感することができた。

知識を詰め込むだけではなく、知識をどのように活用するのか、これからの授業でも強く求められると思うが、さらにどのようにそれを評価するのか、パフォーマンス評価の方法を磨く必要があると感じている。

ルーブリック評価は、その一つとして導入湯しやすいものだと思う。複数の評価方法を学び、生徒の現状に合わせて組み合わせる方法を今後は検討したい。

参考文献

- 1) http://www.gakuryoku.hokkaido-c.ed.jp/物理/ページ/#_534
- 2) 熊本大学大学院社会文化科学研究科「ポートフォリオとルーブリック」（学習指導・評価論(3)）
<http://www.gsis.kumamoto-u.ac.jp/opencourses/pf/2Blok/05/index.html>

探究的アプローチによる入試問題の検証 (振動電流のイメージをつかむ)

北海道室蘭栄高等学校 佐々木 淳

交流回路を題材にした入試問題を、実験とシミュレーションを組み合わせで検証した。こうした探究的アプローチは、生徒の物理現象に対する理解を深める上で高い効果が期待できるが、真に効果的なものにするには十分な事前準備が必要である。以下では、探究的アプローチによる検証の方法を紹介する。

キーワード 交流回路、リアクタンス、探究活動 対話的・主体的で深い学び

1. はじめに

物理教員の多くは実験を通して生徒に物理をより深く理解させたいと考えている。しかし、進学校では入試に向けた演習の時間を確保しなくてはならないため、実験を行うのが難しい実態がある。そこで、実験とシミュレーションを組み合わせで入試問題を検証する取組を検討した。それは、実験で追試できる問題については、作問者はあらかじめ実験をしてから作問に当たるはずであり、実験とシミュレーションを組み合わせる（以下、「探究的アプローチ」とする）ことによって作問者の意図に迫ることができると考えたからである。

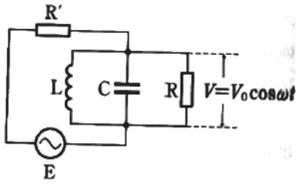
本稿では、受験対策を入口としながら生徒を「深い学び」に導く方策について述べる。

2. 実践の概要

2. 1 問題の選択

今回、検証に使用したのは次の問題である。

図のように、抵抗値が $R[\Omega]$ の抵抗 R 、電気容量が $C[F]$ のコンデンサー C 、抵抗が無視でき、自己インダクタンスが $L[H]$ のコイル L 、抵抗値が $R'[\Omega]$ の抵抗 R' が周波数を変えることができる交流電源 E に接続されている。



L, C, R に加わる電圧 $V[V]$ が、時刻 $t[s]$ の関数として $V = V_0 \cos \omega t$ で表せるとする。交流電源の周波数を変えたところ、ある周波数で R と R' に流れている電流が同じ値になった。このときの周波数を求めよ。ただし、 $V_0[V]$ は交流電圧の最大値、 $\omega[\text{rad/s}]$ は交流の角周波数、 L と C のリアクタンスはそれぞれ $\omega L, 1/(\omega C)$ である。 (大阪市大)

この問題を選んだのは、常識的な予想を裏切る結果になるからで、それが生徒の興味・関心につながると考えたからである。直流の常識では2つの抵抗の接点で電流は3方向に分かれる。その際、電流保存則が成立する。しかし、ある周波数の交流を流すと電流は分かれず、一方向に向かうように観察される。問題はその時の周波数を問うものである。

入試対策では生徒の関心は効率的な解き方に向かうため、意外な結果でも全く気づかれないことがある。また、現象を深く理解していなくても、とりえず答は出してしまう、ということも起こる。やはり、生徒には思考のポイントを示すなどして、深く考えるスキルを身に付けさせ、説明（表現）を工夫させるようにしたい。

この問題の「意外さ」のひとつは、「経路が3つに分岐するのに、ある条件下では電流が直進しかないこと」にある。このことにかかわり、まず明らかにしたいこと（＝仮説）を回路図に示す（図1）。

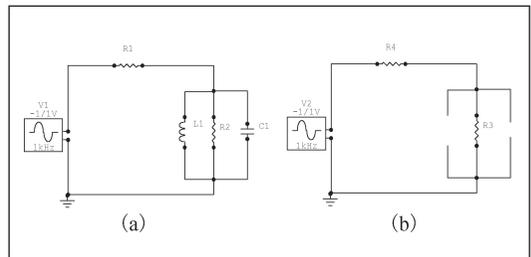


図1 回路図による出題意図の整理

(a)は問題に与えられた回路そのものである。(b)は仮説を「見える化」したもので、「ある周波数の交流を流し2つの抵抗に流れる電流が等しくなった時の結果は、コイルとコンデンサーを取り外した場合の結果と同じである」という内容を表している。これが立証されるか棄却されるかを検証する。

2. 2 実験装置

図1の(a)に基づき回路を作成した(図2)。ブレッドボードの中ほどで2本の抵抗とコイルとコンデンサーとが十字に交わるようパーツを配置した。

抵抗値はいずれも 100 [Ω] とした。それは電源を 1 [V] に設定し、電流の測定レンジを 10 [mA] とするためである。図1の(b)から電流を見積もると 5 [mA] 前後になる。この見積もりを生かして抵抗値を設定した。

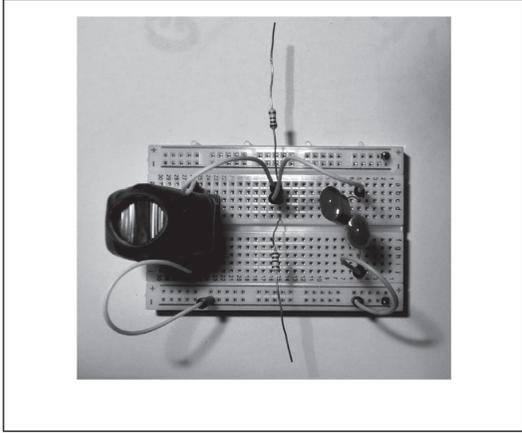


図2 実験に使用した回路

コンデンサーの自己インダクタンス、コイルの電気容量はそれぞれ 44 [mH]、440 [nF] とした。コイルは 1 [mH]、44 [mH] の2つの候補、また、コンデンサーは 440 [nF]、440 [μ F] の2つから、実験に適した方を選んだ。その適不適は、Excel を使ったシミュレーションにより判断した。手順は次のとおりである。

各パーツに周波数 f の交流を流した場合のリアクタンスを計算した。具体的には次の式に 100 [Hz] から 10 [kHz] までの周波数を 100 [Hz] 間隔で代入した。

コイル： $\omega L = 2\pi fL$
 コンデンサー： $1/(\omega C) = 1/(2\pi fC)$

シミュレーションの結果を図3に示す。この結果から、1 [mH] のコイルと 440 [μ F] のコンデンサーのリアクタンスの値が読み取れないほど小さいことがわかり、これらを不適とした。一方、約 1000 [Hz] の交流に対する 44 [mH] のコイルと 440 [nF] のコンデンサーのリアクタンスはどちらも 250 [Ω] 前後になった。100 [Ω] 抵抗とのバランスも考え、これらは実験に適すると判断した。なお、交流の実験なので極性の無いフィルムコンデンサーを使うことにした。

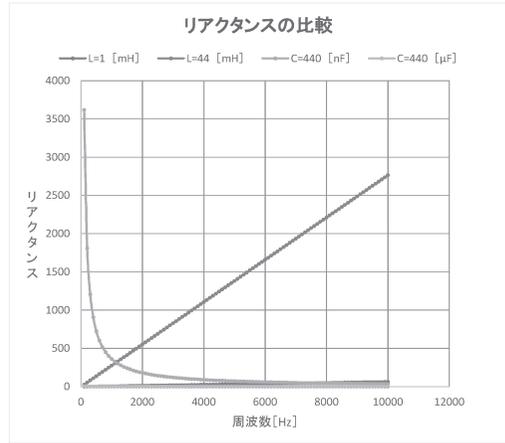


図3 リアクタンスのシミュレーション結果

次に、グラフの交点を詳しく見るため、①リアクタンスの逆数を取り、②縦軸の上限を 0.01 とし、③横軸を対数目盛にした(図4)。グラフから交点が 1100 [Hz] 付近にあることがわかった。

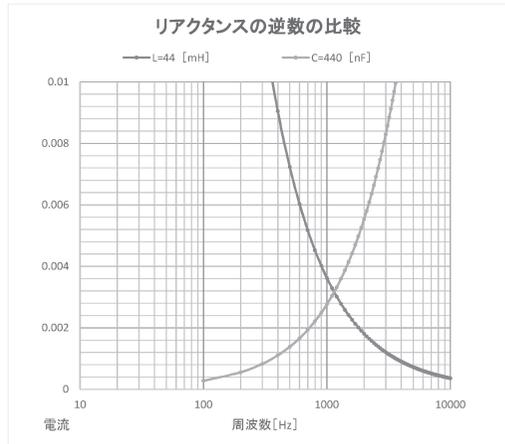


図4 リアクタンスの逆数のシミュレーション結果

①から③の手順はやや複雑で、生徒に説明する場合は混乱させないように丁寧に説明する必要がある。

まず、リアクタンスが交流に対する抵抗であること、その逆数が「電流の流れやすさ」を示す量であることに気づかせる。特に、電源電圧を 1 [V] とした時、逆数は「電圧/抵抗」と見なせるので、これが「電流の大きさ」を示すと説明する。

縦軸に上限を設けた理由は、電流の測定レンジを 10 [mA] とするためであり、既に述べたとおりである。

対数目盛を用いたのは、100 ~ 10000 [Hz] の広い範囲にわたる変化を見通すためである。生徒の多くは対数

目盛に不慣れなので戸惑うかもしれないが、そのような場合でも、①使用目的を明らかにすること、②対数目盛の使用前、使用後を比較して見せることなどにより、使い勝手の良さに気づかせ、慣れさせたい。

中には、最初からコイルとコンデンサーのリアクタンスが一致する周波数を見つけるため、公式 $(2\pi\sqrt{LC})^{-1}$ から $f = 1144$ [Hz] を導く生徒もいるだろう。このグラフは、そのような生徒にとってもリアクタンスを実感するのにふさわしい教材になると思われる。

2. 3 実験結果

回路に交流を流し、周波数を変化させて2つの抵抗に流れる電流の大きさを比較した。電流はデジタル・マルチメーターで実効値を読み取った。実験結果を図5に示す。横軸は周波数 [Hz]、縦の第1軸は電流 [mA]、第2軸は両者の差である。参考のため、対数目盛の使用前と使用後を並べて表示する。

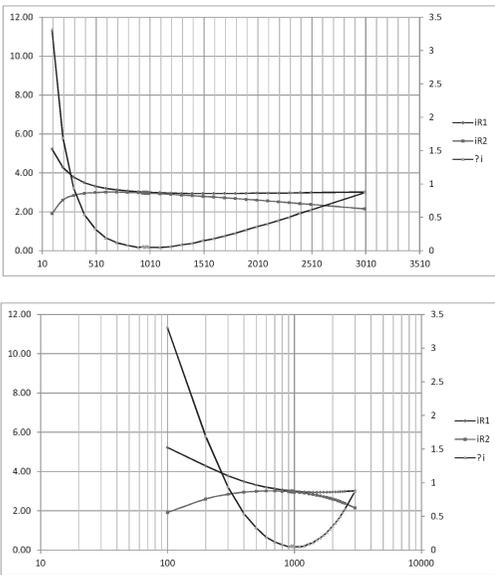


図5 実験の結果 (R1, R2 の電流及び両者の差)

R1 と R2 の電流は周波数約 1000 [Hz] でほぼ一致し、約 3.0 [mA] (0.003 [A]) を示した。

前段で、図1の(b)から電流を 0.005 [A] 程度と見積もっていたところ、結果は 0.003 [A] になった。これには疑問を感じる生徒がいるかもしれない。ここは思考を促したいポイントである。思考の結果として、マルチメーターの読みが実効値であること、実験ではコイルの

抵抗は無視できないことなどに気づかせたい。最大値は実効値を $\sqrt{2}$ 倍した約 0.0042 [A] である。

以上で、この問題が成立していることが検証できた。

2. 4 考察

次に、仮説を検証した。検証の方法としては、前述の実験と同じ条件で、コイルとコンデンサーに流れる電流の大きさを比較した。結果を図6に示す。

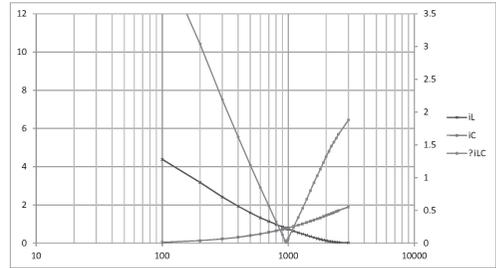


図6 実験の結果 (L, C の電流及び両者の差)

グラフから、周波数約 1000 [Hz] でコイルとコンデンサーの電流がほぼ等しくなる。また、その時の電流の大きさは0でない正の値である。このことから、仮説(図1の(b))は棄却されなくてはならない。

ただ、このままではパーツが十字に交わる点においてキルヒホッフの電流保存則が成立しないという疑いが生じる。これはどのように回避されるのか。ここも生徒に思考を促したいポイントで、オシロスコープを使った実験で位相差を確認すべきところである。そのためには電圧測定用と電流測定用の2本のプローブが必要である。しかし、電流測定用を持っている学校は少ない。本校にも無かった。そこで、波形を観察する手段の代替として、回路シミュレータを使うことにした。出力された波形を図7に示す。

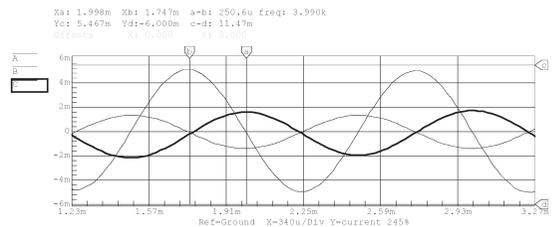


図7 回路シミュレータによる波形 (L, C, R2 の電流)

図7では、周波数 $f = 1000$ [Hz] (周期 $T = 1$ [ms]) である。振幅の大きい波が R2 の電流で、太線がコイル

の電流である。コイルの波がピークになるタイミング(図7のマーカー[a])は、抵抗のピーク(マーカー[b])より0.25 [ms] ($T/4$)、角度では教科書どおり $\pi/2$ だけ遅れている。細線はコンデンサーの電流である。こちらも教科書どおり抵抗のピークより $\pi/2$ だけ進んでいる。まとめると、コイルとコンデンサーの電流は x 軸について互いに対称である。このことにより、パーツが十字に交わる点において電流保存則が成立していることが保証される。もちろん、これだけの説明で成立に気づく生徒は多くないと思われる。詳しい説明が必要である。

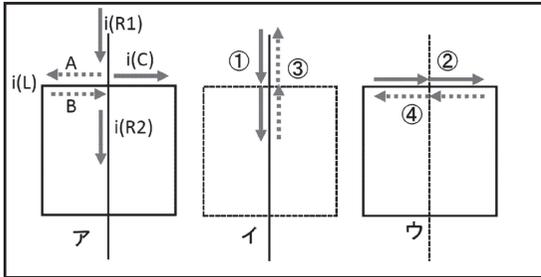


図8 グラフから読み取った内容を図で表現する

電流保存則が成立するという事は、図8のアにおいて、 $i(R1) = i(L) + i(C) + i(R2)$ が成立することである。ここに直流で学んだ電流保存則のイメージをそのまま持ち込むと、 $i(L)$ が矢印Aの向きであると考えてしまう。しかし、これは誤りである。電源から回路を右回りに進み、電源に戻る向きを正と決める場合、これでは $i(L)$ と $i(C)$ がともに正になるからである。図7の読み取りでは互いに対称(逆向き)でなければならない。つまり、 $i(L)$ は矢印Bの向きに進まなくてはならない。

ここは、違和感を持たれやすいところである。 $i(L)$ と $i(C)$ が互いに逆向きに流れる時は同符号、 $i(L)$ と $i(C)$ が同じ向きに流れる時は異符号である。違和感の原因は「逆が同符号で、同じだと異符号」というちぐはぐな言葉にある。回路全体を見る時の見方を守りつつ局所に注目するようにすれば、矛盾や違和感は感じなくなる。

こうして $i(C)$ と $i(L)$ が異符号かつ大きさが等しいことが確認できたので、 $i(R1) = i(L) + i(C) + i(R2)$ が成立することになる。電流保存則の不成立は回避される。

注意が必要なのは、 $i(L)$ と $i(C)$ の関係を「相殺」としないことである。「相殺」は干渉により打ち消しあう波動現象を想起させるが、電流の和は0にはならない。

「相殺」ではないことを確認するため、図7と図8を組み合わせると電流の様子を示す。

図7から、マーカー[a]はマーカー[b]の0.25 [ms]後に起こることがわかる。図8において、図7のマーカー[b]にあたるのはイの①である。マーカー[a]にあたるのはウの②である。この後、イの③、ウの④と続く。こうして1 [ms]間に、これらのまとめり=1サイクルが続いて起こる。1秒間ではこれが1000回繰り返される。表現の工夫として、図8を動画にすることも可能であるが、それは今後の課題としたい。

以上のことから、この問題がコイルとコンデンサーを結ぶループ状の回路、いわゆる「共振回路」における「振動電流」のふるまいを問うものだということがわかる。

3. まとめ

問題集ではこの問題の難易度は「標準」である。リアクタンスを等号で結び変形すると気づけば難しくないと意味であろう。しかし、正解がわかったからといって振動電流の正しいイメージを持っているとは限らない。本研究では、そのような考えに基づき、正解を確かめることをひとつの目標としながらも、その向こうにある交流電流の実感を伴った理解を図る手だてを示すことができた。

「探究的アプローチ」の検討にあたっては、①安価で扱いやすい実験キットでの検証、② EXCEL や市販の回路シミュレータを使った情報の「見える化」に留意した。

これらを授業に取り入れる方法としては、教師が行う演習実験が考えられる。その際には、データをプロジェクタで拡大表示して説明するなど結果を全員で確認し、疑問点などについて議論することなどが考えられる。

今後においては、生徒による「主体的、対話的で深い学び」の実現が求められる。答申には次のように書かれている。「(前略)・・・教員はこの中で、教える場面と、子供たちに思考・判断・表現させる場面を効果的に設計し関連させながら指導していくことが求められる。」現時点では、この「探究的アプローチ」はまだ案の段階を出ないが、いずれは実践に採り入れ、「主体的、対話的で深い学び」として生かしたいと考えている。

これからも、入試対策と実験の両立を見据えた「探究的アプローチ」に関する研究を深めていきたい。

////////////////////////////////////
平成 28 年度事業報告

1. 日本物理教育学会北海道支部会誌

物理教育研究 vol.44 11月発行

2. 総会

日時：平成 28 年 6 月 25 日(土) 14:30~17:00

場所：北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 410 教室

内容：

○総会

- (1) 支部長挨拶
- (2) 平成 28 年度支部役員について
- (3) 平成 27 年度事業報告
- (4) 平成 27 年度会計報告
- (5) 平成 27 年度会計監査報告
- (6) 平成 28 年度事業計画
- (7) 平成 28 年度会計予算書、

○特別講演会

大規模風力発電施設からの(超)低周波音
 日本科学者会議北海道支部大型風力発電問題研究会
 山田 大邦

○実験デモンストレーション

○懇親会

3. 第 7 回中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

日時：平成 28 年 11 月 13 日(日) 13:00~15:45

場所：北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 410 教室

プログラム：

○支部長挨拶

○中学校・高等学校科学部生徒による研究発表

- (1) 札幌市立福井野中学校科学部
 「ハチの巣はどのような構造になっているのか」
- (2) 札幌市立米里中学校科学部
 「イバラトミヨの保護活動 4 年目」
- (3) 札幌西高等学校科学部
 「糖がベッコウアメになる様子をテラヘルツ波でとらえる」
- (4) 立命館慶祥高等学校科学部
 「美瑛川『青い池』はなぜ青白いのか」

○提言 「大学初年度の物理教育」

- (1) 千歳科学技術大学理工学部応用化学学生物学科
 梅村 信弘
 「初年次における物理の導入教育と効果的な授業の模索」
- (2) 北海道科学大学 高等教育支援センター
 内田 尚志

「工学部・保健医療学部における物理導入教育の実践」

○シンポジウム「中学・高校・大学をつなぐ物理教育」

司 会：横関直幸(札幌平岸高等学校)

パネリスト：梅村信弘(千歳科学技術大学)

内田尚志(北海道科学大学)

中道洋友(札幌北高等学校)

<テーマ>

- ・大学初年度の物理教育における現状と課題
- ・アクティブ・ラーニングの視点からの授業改善
- ・学生(生徒)実験をアクティブ・ラーニングとしてとらえ直す
- ・すべての生徒のための「物理教育」とは、どうあるべきか

4. 物理教育研究会

日時：平成 28 年 12 月 3 日(土) 13:30~17:30

場所：北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 410 教室

内容：

○特別講演

「量子ビームでがんを狙い撃つ
 —最先端陽子線がん治療装置について—」
 北海道大学大学院工学研究院量子理工学部 教授
 北海道大学病院 陽子線治療センター
 副部門長・医学物理部門長 梅垣 菊男

○原著講演

- (1) 反転授業で学習時間を増やすアクティブ・ラーニングの提案
 函館工業高等専門学校 関川 準之助
- (2) LabQuest2 の物理教育への利用(海峡トンネル内の圧力波と伝導度量子化現象の観測)
 北海道教育大学函館校 松木 貴司
- (3) フィンランド教育学からみた物理教育改革の展望
 —アクティブラーニングの有効性—
 酪農学園大学 山田 大隆

○実験デモンストレーション

(進行：札幌南高校 稲子 寛信)

- (1) 力学台車の実験の工夫 根室高校 佐々木 徹
- (2) 真空砲 元函館中部高校 千賀 慎一
- (3) 生徒の理解力に応じた CD・DVD の干渉実験
 札幌南高校 稲子 寛信

○デモ授業

電気分野(物理基礎)の実験を通して類推する力を育てる
 札幌南高校 稲子 寛信

○全体討論

司会：札幌平岸高校 横関 直幸

○懇親会

5. 高校物理の授業に役立つ基本実験講習会 (日本物理学会北海道支部との共催)

日時：平成29年1月10日(火) 12:50~17:00

場所：札幌北高等学校

内容：

高校物理の基本実験について、1テーマ40分程度で
実験実習を行い、参加者はいくつかの班に分かれ、
班ごとのローテーションで全5テーマについて実習
した。

実験テーマ

- ① 反発係数の測定 (※ALの要素を含む)
- ② 簡易真空実験、ボイル・シャルルの法則
- ③ 音の干渉・うなり、クインケ管
- ④ 抵抗の温度依存性、大容量コンデンサー
の充電・放電
- ⑤ 電流と磁場、電流が磁場から受ける力

6. リフレッシュ理科教室2016 (応用物理学会北海道支部との共催)

日時：平成29年10月22日(土) 10:00~12:30

場所：北海道大学工学部

7. 理事会

平成28年5月2日(月) 18時30分
北海道大学教育学部3階 会議室

平成28年9月8日(木) 18時30分
北海道大学教育学部3階 会議室

//////////////////////////////////// 平成29年度事業計画

1. 日本物理教育学会北海道支部会誌 物理教育研究 vol.45 11月発刊(予定)

2. 総会 日時：平成29年6月24日(土) 14:30~17:00 場所：北海道大学 人文・社会科学総合教育研究棟4階 410教室

3. 中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」 日時：平成29年11月11日(土) 場所：北海道大学

4. 物理教育研究会 日時：平成29年12月9日(土) 場所：北海道大学

5. 高校物理の授業に役立つ基本実験講習会 (日本物理学会北海道支部との共催)

日時：平成30年1月9日(火)
場所：札幌南高校

6. リフレッシュ理科教室2017 (応用物理学会北海道支部との共催)

日時：平成29年10月21日(土) 10:00~12:30
場所：北海道大学工学部

7. 理事会(5月、8月、10月)

事業報告

平成 28 年度一般会計収支決算書(2017. 6. 24)

収 入	金 額	支 出	金 額
繰越金	¥547,017	会議費	¥4,349
本部補助金	¥150,000	通信費	¥4,066
雑収入	¥5	事務費	¥1,723
		会誌印刷補助	¥65,758
		大会参加補助	¥62,500
		予備費	¥73,532
		次年度繰越金	¥485,094
計	¥697,022	計	¥697,022

平成 27 年度特別会計収支決算書

収 入	金 額	支 出	金 額
繰越金	¥0	会議費	¥0
支部補助金	¥65,758	通信費	¥13,102
会員負担金	¥58,000	事務費	¥3,736
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥106,920
		次年度繰越金	¥0
計	¥123,758	計	¥123,758

平成 29 年度一般会計予算

収 入	金 額	支 出	金 額
繰越金	¥485,094	会議費	¥10,000
本部補助金	¥150,000	通信費	¥10,000
雑収入	¥6	事務費	¥10,000
		会誌印刷補助	¥100,000
		大会参加補助	¥100,000
		予備費	¥405,100
計	¥635,100	計	¥635,100

平成 29 年度特別会計予算

収 入	金 額	支 出	金 額
繰越金	¥0	会議費	¥5,000
支部補助金	¥100,000	通信費	¥15,000
会員負担金	¥50,000	事務費	¥5,000
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥115,000
		予備費	¥10,000
計	¥150,000	計	¥150,000

日本物理教育学会 北海道支部理事 役員分担 (2017年度)

顧問	中島 春雄 吉田 静男 小野寺 彰 中野 善明 伊土 政幸	
評議員	伊藤 四郎 樺棒 光一 一口 芳勝 加藤 誠也 川原 圭二	
	齋藤 孝 坂田 義成 平野 雅宣 穂積 邦彦	
支部長	大野 栄三 (北海道大学大学院教育)	本部理事
副支部長	長谷川 誠 (千歳科学技術大学)	本部評議員 (2017-18)
	佐々木 淳 (室蘭栄高校)	
監事	山田 大隆 (元酪農学園大学)	
	石川 昌司 (札幌日大高校)	
総務 (事務局長)	横関 直幸 (札幌平岸高校)	
	井原 教博 (札幌西高校)	本部評議員 (2016-17)
	木村 宣幸 (北広島高校)	
	今野 滋 (東海大学)	道支部 HP
	細川 敏幸 (北大高等教育推進機構)	
編集 (委員長)	長谷川 誠 (千歳科学技術大学)	道支部編集 (正)
	鈴木 久男 (北海道大学大学院理)	本部評議員 (2016-17)
	中道 洋友 (札幌北高校)	道支部編集 (副)
	佐藤 革馬 (釧路江南高校)	道支部編集 (副) 本部評議員 (2017-18)
	菅原 陽 (元小樽工業高校)	
	堀 輝一郎 (元札幌藻岩高校)	
	小野 忍 (札幌清田高校)	
	保格 秀規 (幌加内高校)	
事業 (委員長)	大坂 厚志 (長沼高校)	本部評議員 (2017-18) 道支部 HP 理科大好き実験教室
	阿部 修 (北海道教育大学旭川校)	
	伊藤新一郎 (旭川西高校)	
	稲子 寛信 (札幌南高校)	物理教育実践交流会
	大久保政俊 (札幌日大高校)	
	大屋 泰宏 (旭川東高校)	
	岡崎 隆 (元北海道教育大学札幌校)	
	今野 博行 (函館陵北高校)	
	齋藤 隆 (拓殖大学北海道短大)	
	酒井 彰 (室蘭工業大学)	
	酒井 徹雄 (渡島教育局)	
	佐藤 革馬 (釧路江南高校)	
	佐藤 健 (市立函館高校)	
	平 久夫 (北海道教育大学札幌校)	
	高橋 尚紀 (栗山高校)	
	中谷 圭佑 (北海道科学大学高校)	
	永田 敏夫 (元マラヤ大学)	
	原田 雅之 (元札幌西高校)	
	福田 敦 (空知教育局)	
	藤林 亮太 (札幌南高校)	
	前田 寿嗣 (札幌市立藤野中学校)	
	松崎 俊明 (釧路工業高等専門学校)	
	松田 素寛 (北海道立教育研究所附属理科教育センター)	
	溝上 忠彦 (恵庭南高校)	
	森山 正樹 (札幌市立白石中学校)	
	山本 睦晴 (札幌西高校)	本部評議員 (2016-17)
	柚木 朋也 (北海道教育大学札幌校)	
	四方 周輔 (元東海大学)	

日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

第2条 本支部は、北海道在住の会員の連絡と研究の交流をはかり、北海道における物理教育の振興と、その地域的な活動への寄与を目的とする。

第3条 本支部は、前条の目的を達成するために次の事業を行なう。

- (1) 講演会、講習会、学術映画会、研究会懇談会等の開催
- (2) 会報の配布、研究成果の刊行
- (3) 物理教育についての調査及び研究
- (4) その他、前条の目的達成に必要な事業

第4条 (削除)

第5条 本支部の会員は、北海道在住の日本物理教育学会の正会員及び賛助会員からなる。

第6条 本支部に次の会員をおく。

1. 支部長1名、副支部長2名、支部理事若干名、及び監事2名。
2. 支部理事の数は、支部長が支部理事会の議を経てこれを定める。
3. 副支部長は、支部理事の中から支部長がこれを委嘱する。

第7条 支部長・副支部長及び支部理事は、支部理事会を組織し、支部長は支部会務を統括する。副支部長は支部長を補佐し、支部理事は支部の業務を分掌する。

第8条 監事は、民法第59条の職務に準ずる職務を行なう。

第9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

支部評議員の数は、支部長が支部役員会の議を経てこれを定める。支部評議員は支部理事会の推薦により支部長がこれを委嘱

する。

第10条 支部評議員は、支部評議員会を組織し、支部長の諮問に応じ、支部の事業遂行について支部長に助言する。

第11条 支部役員及び支部評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

補欠による支部役員の任期は前任者の残任期間とする。

第12条 次期支部役員は、本支部役員中の次の者の中から支部総会において選任する。

- (1) 支部理事の推薦した正会員
- (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員

第13条 元支部長及び本支部の地域内に在住する本部理事ならびに本部評議員は、支部理事会に出席することができる。

第14条 支部総会は、毎年1回、支部長がこれを招集する。支部長が必要と認めたときは支部理事会の議を経て臨時支部総会を招集することができる。

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

- (1) 事集計画及び収支予算
- (2) 事業報告及び収支決算
- (3) その他、支部理事会において必要と認められた事項

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

- (1) 本規約は、総会において、正会員の3分の2以上の同意を得なければ変更できない。
- (2) 本規約は、昭和44年6月25日より施行する。

A 4 論文原稿執筆要項 表題は 16 ポイント (pt) のゴシック文字 (副題は 12 p t ゴシック : 両端をカッコでかこむ)

English Main Title:12pcTimes (英文のタイトル、概要等は著者からの希望がある場合にのみ掲載する)
(English Sub Title:12pcTimes)

所属は 9 pt 明朝 名前は 10pt ゴシック 明朝大学 ゴシック太郎 執筆高校 執筆 一朝
Name 9pt Times Sippitu Koukou Sippitu Itirou

本文の 9 行目に相当する位置から抄録を書き始めます。200 字以内。日本語文字は 9 p t を標準です。例えば「・
・について、・・という発想で、・・行なったところ、・・という結果を得た」キーワードを含めて下さい。なお、
英文のタイトル、概要等は著者からの希望がある場合にのみ掲載します。

Abstract

Abstract must be written with 9pt Times or Times new Roman Font. The number of words is within 200.

キーワード 9 p t 5 語程度 Keywords:Times Font, 9pt, About 5 Words

1. 章タイトルはゴシック 10 p t 太字

本資料はオフセット印刷で、縮小して B 5 版に印刷される冊子を作成する際に、A 4 版の論文原稿作成の時に必要な投稿規定の情報を、視覚的に理解しやすい形で提供することを目的として作成したものです。

$$F_D = C_P 1/2 \rho \quad | \quad V | \quad V S \quad (5)$$

のように記入する。式を文章中で参照する場合は、式(5)、式(7)－(10)のように番号の前に"式"を付ける。

2. 本文執筆の要点

2. 1 用紙の使い方

A 4 用紙に 52 文字 45 行、2 段組の部分は 25 文字、段間隔：8mm 段幅：82mm とする。マージンは上 21mm 下 27mm 左 18mm 右 18mm とする。

2. 4 図・表・写真およびその説明

図・表・写真は、1 段幅、あるいは 2 段幅に収まるように作成し、論文内の適切な位置には配置する。図中の文字は、十分認識できるサイズ (9 pt 程度) とする。6 pt 未満の文字は使用しないこと。また図表・写真の前後に空白行を設けること。その説明は以下に示す例のように、太字の図・表・写真番号の後に、9 pt の標準文字で説明を記入する。

2. 2 使用フォント・サイズ・改行幅

標準フォントは 9pt の

和文：MS 明朝、平成明朝

英文：Times ,New Roman, Times Symbol とする。

ただし太文字は、9pt の和文：MS ゴシック、平成角ゴシック、英文：Arial,Helvetica を使用すること。上記フォントがない場合は、類似のフォントを使用すること。

例 図 1 生徒の履修状況

Fig.2 Schematic of experimntal apparatus

文章中で図表などを参照する場合は、太文字で、Fig.2, Tabel 3, Photo 4 などと記入する。

2. 3 式および記号

式および記号の標準文字は、9 pt のイタリック体とする。ベクトルの場合は太文字のイタリックとする。

上下添字は 6 pt 程度の立体 (イタリックも可) とする。以下にいくつかの例を挙げておく。

$$J_c \quad V_i \quad P^A_{ijk}$$

式を記入する場合は、式の上下に自行を設け、右端に式番号を記入する。例えば、

2. 5 記号説明

結論・謝辞等の次に本文で使用した主な記号の説明を英語で記入する。文字サイズは、9 pt 程度とする。

引用文献は本文中の引用箇所の右肩に^{1) 2)}を記入し、下記のように、一括して末尾に著者名、文献名、ページ等を引用順に記入してください。参考文献は原則掲載する必要はありません。

引用文献1) 山川谷男: エントロピーの・・教育, 物理教育研究, Vol.22 No.3, pp.1~4, 1999

なお、脚注は文章中の該当箇所に*・**の印を付しページの下に横線を引き、その下に書いて下さい。

3. その他

- (1) 原則として原稿はお返いたしません。校正のため原稿の控えは手許に保存して下さい。
- (2) 本紙は毎年11月に発行予定です。
- (3) 投稿された論説研究・解説・報告等は編集委員会で内容を審査します。
- (4) 投稿及び原稿用紙等の申込みと会誌編集に関する連絡先は下記の投稿受付担当者までお願いします。

原稿募集 上記の規定に基づいて支部会報「物理教育研究第46号」の原稿を募集いたします。

- (1) 締 切 2018年9月末日
- (2) 投稿受付
投稿受付先は下記のとおりです。

問い合わせ先

〒 066-8655 千歳市美々758-65
千歳科学技術大学 長谷川 誠
TEL/FAX 0123-27-6059

E-メール hasegawa@photon.chitose.ac.jp

または

〒 011-0025 札幌市北区北25条西11丁目
北海道札幌北高等学校 中道 洋友
TEL 011-736-3191 FAX 011-736-3193
E-メール nakamiti-yoyu@mbp.nifty.com

使用されるワープロが「Word」か「一太郎」であれば、この執筆要項のファイルを送付できます。担当までお知らせ下さい。

編集後記

今年のノーベル物理学賞は重力波の検出に関する研究が対象となりました。理論上は存在するものの実際の検出は困難であるように思われていたものが現実に検出され、さらには宇宙の観察における重要な手段として活用され始めているという報道から、アクティブに発展する物理学の最前線を知ることができています。このような生き生きとした物理学の発展を生徒・学生に伝えていくことで、物理への興味・関心を増すことができるのではないかと感じています。(H)

2017年11月1日発行

日本物理教育学会北海道支部
第45号 編集責任者 長谷川 誠
(060-0811)札幌市北区北10条西7丁目
北海道大学大学院教育学研究院
大野栄三気付
日本物理教育学会北海道支部