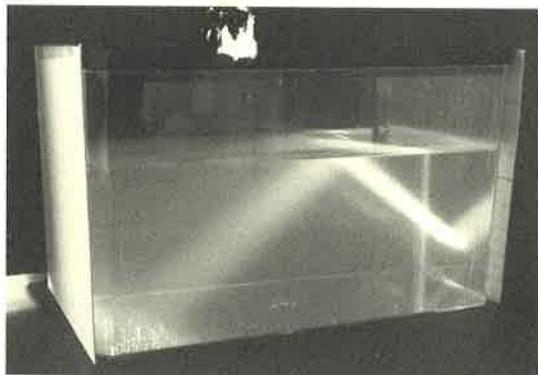
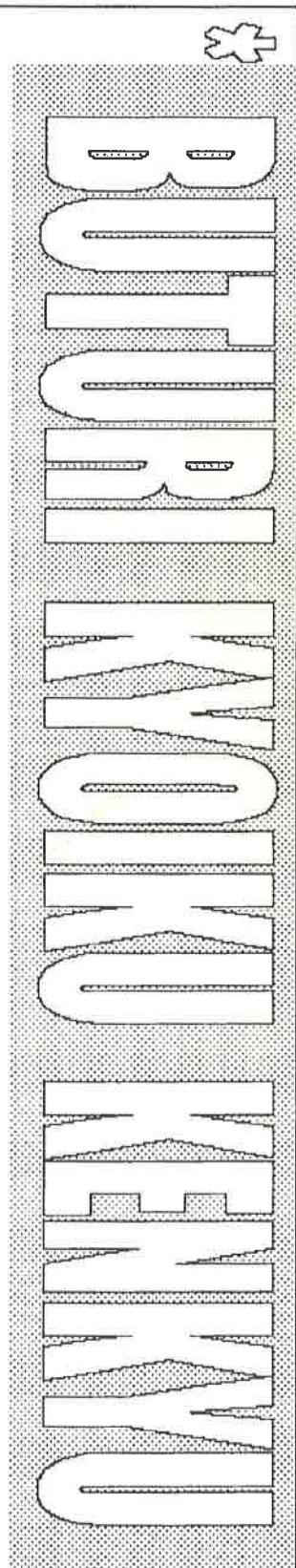


物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.44, 2016.11



卷頭言

「物理の問題」の問題

北海道大学大学院理学研究科 鈴木久男

(日本物理教育学会北海道支部理事)

物理教育の大きな発見の1つとしては、「教科書の問題が解けたとしても、基本法則がわかつているとは言えない」ということだと思います。より正確に言うと、通常のアルゴリズム問題（設定、手法、結果がほぼ一意的な問題）は、数値代入かパターン認識で解け、物理法則を本当に理解しなくても解くことができてしまうということです。

また高校物理の問題にはより根本的な問題もあります。それは、物理の問題が真に問題解決能力の養成をしているのかということです。日常のほとんどの問題は正解のわからないオープンエンドの問題であり、全米大学協会の定義する問題解決能力とは、オープンエンドな問題にどのように取り組むかという能力として認識されています。そのため、物理の教科書の問題を解くことができても、問題解決能力があるとは言えないのです。

このような「物理の問題」の問題の欠点を解消する1つの試みとして、ミネソタ大学で実践されている、コンテクストリッチ問題というのがあります。これは、問題をストーリー仕立てにするという面白い試みです。たとえば、摩擦のある坂を箱がある初速度で上って最後に静止すると言う問題を、坂を車でスピードを出して上っていたら子供が飛び出してきたのでブレーキをかけてなんとか事故にならずに済んだが、脇で張り込みしていた警察官にスピード違反の切符を切られてしまった。悔しいのでスピード違反をしていないことを物理で証明しよう！というものです。タイヤの滑り跡から計算してみると、実際にはスピード違反していたことがわかるというおちがある状況設定の問題ですが、摩擦係数など必要な情報などを収集しながら話合っていくこのような問題は、グループ討論を含むアクティブラーニングに最適でもあります。つまり、課題は日常生活の状況に変換したほうが主体的な学びと法則理解の重要性を理解させやすいのです。また、「音を波と示すにはどうしたら良いだろうか？」というオープンエンドな問題は、「波と考えなければ説明ができないか？」など、課題発見型の問題ともなります。

これらの研究を見ていくと、「学力の三要素」養成を物理学の教程の中でどのような形で実現するかの一端が見えてきます。しかしこうした問題による学力の測定には問題があります。それは、これらの問題では生徒と採点側の双方に「問題との相性」が出やすく、1回の試験では精度よい学力測定は難しいと予想されるからです。

むろん現在の入試物理の問題にも問題があります。現在の大学入試が1点刻みで一見「公平性」が担保されていますが、生徒の「問題との相性」により、測定誤差が生じています。

このように、「物理の問題」の問題はやはりオープンエンドな問題の1つであり、これを解くには、生徒達というよりむしろ物理の教員側に真の問題解決能力が要求されそうです。

第6回中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

北海道札幌平岸高等学校 横関直幸

第6回を迎えた本シンポジウムは、これまで高等学校物理基礎を話題の中心として、中学、高校、大学がそれぞれの立場で全ての生徒のための物理教育について考えてきた。今回は最近多くの場面で話題となっている「アクティブ・ラーニング」を議論の中心に据えて行われたシンポジウムの内容を報告する。

1.はじめに

日時 2015年11月7日(土) 13:00~15:45

場所 北海道大学 人文・社会科学総合教育研究棟
2階W201(北10条西7丁目)

パネリスト:

山岸 陽一(市立札幌開成中等教育学校)
戸田 賢之(札幌市立幌東中学校)
村上 知嗣(札幌市立札苗北中学校)
中道 洋友(札幌北高等学校)

司会: 横関直幸(札幌清田高等学校)

本シンポジウムは高等学校物理基礎を話題の中心として、中学、高校、大学の物理教育をつなぐ目的で、2010年より毎年開催してきた。

今回は北海道大学大学院理学研究院 鈴木久男氏より「アメリカのアクティブラーニング研究」と題した基調講演の後、シンポジウム形式で議論が進められた。以下にその内容を報告する。

2. アクティブラーニングの定義と賛否

平成24年8月28日、中央教育審議会より出された「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)」の用語集によると、アクティブ・ラーニング(以下A・L)について以下のように説明されている。

教員による一方的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も

有効なアクティブ・ラーニングの方法である。

これまでの授業、知識伝達型の授業の課題としては、「知識が詰め込まれるので興味関心を引き出せない」、「生徒の意識が低下する」、「理解ができていない生徒はドロップアウトして、授業に参加できない状態になっている」、「生徒が理解していない授業はどんどん進んで、わからないのは生徒の責任とされる」などが挙げられる。入試問題は解けるが物理が解っていない生徒や学生がかなり多いという指摘もされてきた。

それらを解決する1つの方法として、A・Lが話題となり、本学会も基本的にA・Lを推進する立場に立っている。「生徒の主体的な態度が育成されて学習成果が成果が上がる」、「聞いていいだけの授業に参加しない生徒がいなくなる」、「結果として自主的な学習、家庭学習なども増加する」、「先生が一方的に説明をして教えてこむのではなく、生徒が自主的に取り組むような形にしなければだめだ」、などがA・L肯定派の代表的な意見である。

一方でA・Lへの否定的な意見としては、「知識伝達なしでA・Lはできない」、「知識伝達が大事である」、「生徒に議論させても脱線するだけでちっとも先へ進まない」、「時間ばかりかかって、あの厚い教科書をどのように終わらせるのか」、「教師は何をやるのかわからない」、「評価はどうすべきかわからない」などがある。

3. A・Lについて考えていること

(中学)

幼稚園から中学校までの教師が集まり、A・Lについて考える研究会に出た。自分たちはすでにA・Lをやっていると思う。幼稚園や保育園の先生にとっては一方的な講義形式などありえない。年齢が上がっていくにつれて、一方的な講義形式が増えると懸念されている。

NHKのEテレに「考えるカラス」という番組がある。

理科では1960年代から仮説実験授業が提唱された。いずれも現象の説明を子供たち皆で話し合わせるという手法。その時に答えを教師が説明してしまわないで、そこを子供たちにやらせてみようという考えの人は仮説実験授業を取り入れ、そうでない人とやり方が分かれた。

子供たちの何を育むのかという視点で、これまで言語活動などいろいろやってきたが、活動することがメインになってしまった反省はある。今回も言葉に踊らされないように、子供たちの何を育みたいのかを意識した授業法として取り組もうと考えている。

(中学)

中学校の理科のカリキュラムの中で実験を行う。よくあるのは、一生懸命実験を行っているのだが、子供たちに何をやっているのか質問すると、作業に一生懸命になつていて自分が何の目的でその実験をやっているのかということが把握ができていない生徒が非常に多かった。

「作業はあるが、学びがない」と言われている。普段の授業で知識伝達型にすると、子供たちは一生懸命ノートに取るが、それで満足して自己完了してしまう。それすらも難しい生徒にとっては、寝てしまうという結果になる。中学校では、子供たちに何とか自分たちで課題を掘ませて、自分たちだけで学びが機能するような形でできないか取り組んでいる。例えば、グループ学習であるとか、試行錯誤しながら実践している。その中で、知識伝達型の授業も大切なのだということを、最近は思っている。そこをベースにしながらも、バランスや兼ね合いを考えながらることが大切だと思う。

(中学)

A・Lと言う言葉は今年度になって初めて聞いた。しかし、教師の一方的な授業にならないようには、ずっと取り組んできた。すべてを生徒の活動中心にはできないが、状況に応じて、どの場面で取り入れるのか、ということは重要。ただし、年間を通して計画を立ててやらないと、1年間の中でA・Lに適した教材が出てきた場合、3回4回しかやらないとすれば、生徒たちも特別なことをやっている感じになってしまって価値が下がる。生徒たちの主体的な学びにはつながっていない。A・Lを連発すれば授業カリキュラムが終わらないと言うことにもなり、兼ね合いが悩みどころ。

生徒は講義形式で学んだことと、実験室の状況がつながらない。講義と実験は別なものと感じている場合が多い。テストに出すと、それもまた別物になる。横のつながりがないので、この知識が実験のところに必要だとい

う、キーワードのようなものを提示すると、つながる生徒が出てくることもある。いろいろな工夫が必要で、一概に「ホワイトボードを使用して、実験を見せて、書かせて、考えさせて、答えを出す」という単純なものでは、それが全員の学びになっていかない。答えを出すときは、ある程度考えている様子はあるが、それが定着につながるかという点では難しいところがある。気づきに様々な差があるので、その手法を考えいかなければならない。

(高校)

自分は去年A・Lを始めた。なぜ始めたかと言うと、生徒の定着が悪かったから。講義と実験が横でつながらないという発言があったが、講義と問題演習が高校の場合はつながらない。そこをつなげるために何が必要かを考えた。生徒が質問に来て、生徒が自分の言葉で何が肝かと言ふことを話していく過程で、教員と相互作用していくうちに、突然、勝手に「わかりました」と言って帰っていくことがある。それを授業の中でできなかっと思った。その時はA・Lを知らなかったので、同僚の先生がやっていたグループワークを真似て始めた。

講義を聴いて、その知識を自分の中で咀嚼していく過程で、自分の言葉で話してみんなと議論していく中で、自分が変なことを勘違いしていたことに気づく。そういうことを集約していく中で、生徒の概念が形成していくというのが有効なのではないか。

最近課題に思っていることは、A・Lをやるときに一斉授業のスキルを教員側が持っていないと失敗するのではないかという、漠然とした不安感がある。もう一つ、A・Lにおいて、教員は一切口を出してはいけないと主張する先生もいる。質問に対して「それは自分たちで考えなさい」と対応すべきという主張。相互作用という点では教員が入っては駄目なのかという疑問を絶えず持っている。相互作用の1つとして教員がそこに入るの駄目なのかという思いがある。さらに、生徒が自分の中で解決していく力が、もしかしたら削がれるのではないかという不安も持っている。

4. 理科におけるA・L型授業

(司会)

昔と違って生徒が半分寝ていても授業を進める先生は今はいない。特にこの場に集まっている意識の高い先生方の中にはいないので、生徒が主体的に授業に関わるような取り組みを私たちはずっとやってきた。

理科以外の教科で、例えば18歳選挙権が良いか、悪いなどの議論は答えが一つとは限らない。そういう場合のA・Lと、理科で行うA・Lとでは、自然現象を扱うところでは違いがあるかなと思っている。高校理科でも問題演習の場面で生徒に話し合わせる形式をさせることは実践報告されている。しかし、理科の授業の中で、討論させて「考えてみよう」と言う形式で生徒から結論が出てきて、それを使うという授業の組み立ては難しい印象がある。

自然現象を教える中で、生徒に討論させて、そこから結論を引き出しながら、生徒が発表していく授業について、過去のシンポジウムでも話題になった。中学校の先生方では、そのような授業の実践があるのかお聞きしたい。

(中学)

中学校1年生で光の分野がある。光の進み方について、ビーカーに水を入れたり、文字をビーカーを通してみたり、コインを入れてみたり、身近に起こりうる現象を入口に、例えば教室のカーテンに写っている影などを含めて、そこから規則性を見いだすようなことはやっている。

(司会)

例えば、ビーカーを通して文字を見ると大きくなるという現象から、何を議論させるのでしょうか。

(中学)

なぜ、その現象が起きるのかなど。「光が入ってきた後、境界面のところで何が起きているのかな」、这样一个のこと。同じ物質の中ではまっすぐ進むが、物質と物質の間で何かが起きている。その辺の予想から入っていく。

(中学)

中学校3年生で位置エネルギーについて学習する。位置エネルギーが高さと質量に比例する。2つのパラメータが存在する。子供たちに話をしたときに、位置エネルギーは高さと質量に比例する、落ちたときの衝撃エネルギーという形で感覚的にわかると思うのだが、いかに定量的につかませるか、実験させるか。高さや質量をどのように設定していくかなどを考えさせながら、実験を作っていく過程において生徒に投げかけ、子供たちに考えさせて値を設定させる。こういう風に設定するから、こういう関係が見とれるなという、筋道を実験の過程で立てさせて考えさせる。

そうするとそんなに大きくA・Lというわけでは無いのだけれども、実験に関してはこちらから条件を与えるのではなく、具体的な実験方法を子供たちがいかに考えていくかという活動になる。教師側の立ち位置で実験の目的が随分変わるものではないか。カリキュラム全体を変えてしまうと、いろいろな面で難しいことが起きてくると思う。

(司会)

高さと位置エネルギーの関係を見るために、例えば高さ10cm、11cm、12cmという設定はあまり良くないと思われる。そういうことを生徒は何回か高さを変えて調べてみたり、皆で話し合っていく中で実感していくようなことなのか。

(中学)

その辺はある程度幅があって良いと思う。逆にそこでどうしてそのような値を設定したのか、教師側から問い合わせていくことが対話という点でも大切になってくるかと思う。子供たちに言葉でそれを説明させる、そうするとアクティブになっていくのかなと思う。

(司会)

そういうときには、10cm、20cm、30cmのような教師側が適切と思っている値を設定する班と、そうではない班が出るのでは。

(中学校)

ある程度グループでやっていると、「こうした方がいいのではないか」と、勉強ができる子が進めてしまうことはある。しかし、全体的に見たときに、いろいろな答えがあって一長一短があることを、子供たちが見つけるのも良い所なのかなと思う。

(司会)

各班の結果を、全体で共有することになるのか。

(中学)

各班のデータを黒板に貼り結果を比較するなどすると、値の取り方が微妙に違っていても、こういう比例関係があると結論づけることになると思う。

(中学校)

先程のA・Lの定義はよくできていると思う。僕らがよく使うのは発見学習と、問題解決学習。子供たちがみ

んなで課題を解決しようとなったところで議論をしていく。その時に必ず自己決定、自分でまず「わからない」も含めて自己決定をすることと、仲間と何が証拠となるのかを話し合うことで、かなり科学的な態度の育成につながる。

(司会)

課題解決授業の具体例を教えてほしい。理科部の研究発表などはまさに課題解決学習だが、実際の授業での課題設定はどのようなものがあるか。

(中学校)

前任校では昔からずっとやってきたのは、ほとんどが課題解決型。物理で言うと高さの異なる2つのコースで球を転がす、あの実験です。「どっちが早く着くでしょう」と予想。実験をした後では「どうしてそうなるのでしょうか」と、皆でデジカメ使ったり、ビースピ使ったり、データをとりながら考えていきます。物理の良いところは、身の回りにある現象を検証することができるところ。定性的に確かめられるものは、皆で考えていくということができるところに、物理の良さがあると思っていて。

5. アクティブな生徒実験への取り組み

(司会)

生徒実験は高校でもやっている。結果を記録して、考察を書いて、レポートにするというのが一般的。生徒実験の内容を工夫すれば「作業はわかっているけれども、学びがない」ということを避けられる可能性はないか。高校での生徒実験について話題になっていることはあるか。

(高校)

気柱共鳴の実験で、器具の使い方をほとんど説明しないで実施した。実験の前に、問題演習として管の長さを変えることで共鳴がおき、波長を測定して振動数を求めるという問題をやっておく。生徒実験では、この装置を使って、この音叉が出している振動数を求めなさいということをやらせた。

色々と面白いことになる。管に水を入れる方法で多くの班が苦労していた。こちらが全く予想していない方法で水を入れていき、大変驚いたが興味深かった。そのうち横についているコップのようなものに気づいて、コップの水面が管の水面の高さが一致するということに気づ

いて、誰かが見つけると、すぐに全体にその情報が広がる。

自分の学校は65分授業で余裕があるが、印象としては今までやっていたときより、詳しいきちんとした書いてあるレポートが多い気がする。やって良かったと思っている。

(司会)

生徒実験の中で、マニュアル通りに操作させるのとは違う、実験の工夫があればご紹介いただきた。

(中学校)

今の学校では、音の授業を1年生でやっている。どのような音が、人や物にどのような影響を与えるのか、子供たちがいろいろ調べてくる。子供たちの中にはNHKの番組で見た「音でコップを割る」ことに挑戦する者もいる。一生懸命に割ろうとするが、なかなかうまくいかない。子供たちにテーマを渡して、自分たちで色々としている。必ずレポートを書くのだが、教師が指導して、みんなで発表してお互いから学ぶ。

(司会)

生徒への指示は「音にはどのような影響があるか調べなさい」と言うことだけですか。

(中学校)

生徒が自分でテーマや、やりたいものを見つける力も身に付けなければならない課題発見力である。そこも含めて、こちらでループリックを用意して評価している。

今の学校はテストは無いので、科学的な言葉をちゃんと使っているとか、レポートの中で理解して使っているとか、説明したもの動画で提出するとか、テストがない分だけ言葉を使い、自分で見つけたものを調べてある程度答えを出すことに取り組んでいる。

(司会)

音は振動であるとか、空気を伝わるとか、音叉が共振するとか、普通の中学校であれば知識として伝えるものを、生徒が発表して全体で共有する中で、自然と知識として理解していくということなのか。

(中学校)

それができるのは後半になってからだと思う。まだ1年生なので、最初に「音が発生してから人の耳に聞こえるまでの仕組みについてA4の紙1枚にまとめよう」ということを交流したりしている。

(中学校)

前の学校での話だが、LEDと白熱電球と蛍光灯とのワット数（明るさ）の同じものを用意しておいて、総合的な学習の時間になってしまふところもあるが、比較するためには何を調べればよいか、ということをテーマにした。例えば、温度、明るさ、ワット数、最後は価格を調べたり、理科からは離れてしまいますが、生徒たちは調べようと言う目的がはつきりしている感じがした。

(司会)

例えばオームの法則の実験で、抵抗1つのときの、電圧、電流の関係を確認します。その後、2個の抵抗を直列にしたり、並列にしたりして電圧と電流の関係を調べます。この実験の時に、オームの法則はこういうものでしょと言うことを先に教えて実験をするのか。あるいは実験の結果からオームの法則を見出すような実験なのか。どちらの組み立てになっていますか。

(中学校)

中学生で学習するにあたって、文科省の学力調査の結果が出ていた。オームの法則の部分が非常に低くて、電圧、電流、抵抗のそれぞれが何なのかということが、概念形成という点で抜け落ちていたと言う反省があった。ここは計算能力が問われる部分があり、苦手にする生徒が多い分野である。教科書の流れとしては、自然現象から学ぶという形になっている。つまり、実際に実験をやって「調べてみましょう」、ということ。もちろん、先に知識を教えて「活用してみましょう」と言う教え方もあると思う。自分は場所によってそれを使い分けていて、オームの法則の分野については、先に教えて、後から実験ということをしている。何故かというと、合成抵抗の部分が中学校では発展の部分になっており、その部分を教えるのが難しい。並列回路における合成抵抗計算の部分は難しくなっているので、知識を教えてから本当にそうなっているということを実験で確かめている。

5. 大学からみた中高のA・L

(大学)

自分が高校の時には実験をやってくれたが、それを受けていて解ったと言う気がしていなかった。その実験を正確にこなすことで精一杯であり、「予想と違うのでもう一回やらなければいけない」という考えだった。何故、予想と違うことになったのかということが解らなかつ

た。しかし、それは間違った実験だった。要するに、うまくいったときだけを提出するような形だったので、逆になぜ変になったのかまで考えられなかつた。実験というのは簡単そうに見えてもいろいろな要素が入っていて、それらを全部理解した上でないと本当に理解できていないというところがある。何故うまくいかないことになったのか、ということを理解できて初めて、物理が解ったと本当に言えるのではないか。精密に数値まで出させるようなことになってしまうと、うまくいったときだけのことを覚えさせられているようで信用できないと感じる。うまくいかなかつた時もあるが、その時の事を外していくのか、という不信感が残ってしまった記憶がある。

大学で演示実験をやるが、その時は数値までは言わないで、100ボルト用の電球を用意して、直列、並列にしたときに明るくなった暗くなつたを演示している。その程度だと覚えてルールがわかりやすくなっている部分もあるのではないか。あまり詳しくやりすぎると、逆効果と言うこともある。

(大学)

アメリカの数学教育をやっている人に、日本では小中高でA・Lをすることになったと言つたところ、「なんでそんなことをやるのだ。あれは高等教育のためのものではないか」と言つた。A・Lは大学の、特に物理教育で始まって、いろいろなところに波及していった。そういう観点で見たら、「なぜ小中高でやるの」、ということになるだろう。今は文科省でもアクティヴの意味で「主体的に学ぶ」とか小中高向けの定義がなされてきているので、アクティヴというのは広くとらえれば高等教育に限らず、小中高でも必要となることになる。

先ほど「言葉に踊らされないように」という発言があったが、アクティヴという言葉は何でも包み込めるところがある。自分のやっている良い授業というのをA・Lだと発信していくことが必要ではないか。「これがアクティヴというものだから、これをやりなさい」と来るのに対して、良いものは取り入れ、自分の目の前の子供に合わないのであれば別の方法を考えるという、現場の判断が求められるだろうと思った。

高校の場合は、小中に比べてアクティヴではない部分があるのも事実。いろいろ工夫されている先生もいるが、ある高校で上手くいった実践が、他の高校では上手くいかないということはある。だから駄目だというわけではなく、ユニバーサルにどこでもできると言うものはないので、そういう現場にあったA・Lと言うのを見つけて

いくというのが大事かなと思う。

日本物理教育学会北海道支部としても、北海道各地のそれぞれの高校で実践していけるような、きめ細かい多様な A・L と言うのを作つていけたらなと思う。今後とも中学校とは交流して、いろんなアクティブな授業のやり方を紹介していただければと思っている。各学校の取り組みを共有していき、本支部でも活発な議論をしていきたいと思う。

アクティブラーニング型授業の実践

北海道札幌手稻高等学校 近藤 敏樹

アクティブラーニング型授業（以下AL型授業）については知っていたが、その効果や方法については懐疑的なイメージを持っていた。昨年度から授業改善の一環として実施してみたところ、物理基礎を全授業AL型授業で実践することができ、さまざまな効果が多く見られたので報告する。今年度は物理基礎のみならず、物理、化学基礎にも広げて実施している。

[キーワード] アクティブラーニング型授業 物理基礎 物理

1. はじめに

はじめに本校における理科の理系の教育課程を簡単に紹介する。

1年次に化学基礎（必修3コマ）、生物基礎（必修2コマ）を履修する。2年次に理系は物理基礎（必修3コマ）、化学、生物の選択履修をする。3年次に物理（6コマ）、化学、生物を選択履修する。

物理基礎（必修3コマ）については2年次から週3コマでスタートし1年間をかけて終了する。物理（4単位）は3年次から週6コマでスタートして12月中旬に原子分野を終了する。昨年の2年次の物理基礎履修者は理系4クラス150名、3年次の物理履修者は80名であった。

今までの授業をAL型授業に変えて実施したのは2年次の物理基礎の受け持ち2クラスである。

2. 授業をAL型授業に改善する経緯

物理、物理基礎を教えていて今までの授業形態ではどうしても限界を感じる事が多々あった。授業改善をしたいと思っていたところさらに次のような外的な問題点が生じてきた。

- 1 物理、物理基礎の授業が模試の範囲に追いつかない状況に追い込まれた。授業スピードと学習内容の定着のバランスの取り方が極めて難しい状況になった。
- 2 物理、物理基礎の模試の偏差値が今までに無く悪い状況に陥った。それに比例してセンター試験にて点数の取れる生徒と取れない生徒の差が大きく広がった。
- 3 理系物理基礎が全員必修であるために、2年次の物理基礎についていけないものや、物理基礎自体に生理的な嫌悪感を抱く生徒が出始めた。

4 物理（4単位）でもまったく授業についてくることができない生徒が増加した。

以上のような外的な要因に突き動かされて授業を大幅に改善せざる終えない状況にある。

3. 以前の授業の問題点と改善の可能性

【以前の物理授業の問題点】

- ① 生徒と教員間での授業中の交流が少ない。生徒は従順であるが積極的な学習が弱く、授業は受けるもの、どう参加すべきかわかつていないのではと思われた。
- ② 一般的に優秀と思われる生徒も受身で授業を受ける傾向がある。
- ③ 教えてもらい理解して覚える。生徒にとってはこの繰り返しが学習であるとの認識がある。
- ④ 結果としてルーチンリークを意識した学習形態となっていく傾向にある。考えることや発展させることは意識されない傾向がある。

【改善の可能性】

- 創意工夫、会話、発展を意識した授業。創造的、良いアイデアで授業が進む事の必要性を感じていた。
- 理解させてもう一度やって「できた」感を感じる事も重要である。その点に目標を集中をしそうではないかとの反省と教える事の限界を感じた。
- 本来の生徒は総合学習・部活動等の取り組みを見ると、物事に前向きに、行動的に活動する事のできる生徒ではないかと思われた。授業とのギャップはどこから来るのかとの思いがあった。

4. A L型授業以前の授業とその目標

以前の授業は次のようなものであった。

- ① 小テスト（10分）（前回授業の内容）
前回の板書した例題・類題の問題から出題する。
- ② 講義（25分）（本時間の内容）
本時間の内容を講義し、その説明を板書し理解する。
- ③ 例題（5分）
例題を板書して解いてみせる。
- ④ 類題（5分）
例題と似ているが注意の必要な問題や、難易度の高い例題を板書し、解く時間を与えて解答する。

このような授業に至った考え方は次のような点である。

- ノートをしっかりと取ることにより参考書を作る。ノートを取ることの重要性を意識して欲しい。
- 問題演習もノートに書かせて、その中から小テストも出題する。このことにより板書への集中度を高める。
- プリント学習の反省から、プリントはできるだけ使わない。プリント学習による受身の授業を妨げたい。
- 小テストにより定着度を測り、各生徒の意欲向上につなげる。
- 小テストの結果を席替えに使用する。上位者の意欲の向上につなげる。

問題点は次のような点である。

- ノートを取らない、取れない生徒が増加してきた。
- ノートを取ることの時間のロス。
- 問題演習の成績上位下位生徒での意識の差が生まれやすい。
- 下位の生徒に対するフォローアップが難しい。学習が苦行になりやすい。
- 個々人で学習することで学力差が発生し固定化しやすい。

特に上位の生徒には効果はあったが、中下位者は上位者についていくというような内容になりやすく、中下位者の学習の理解・定着の妨げになったような気がする。

5. 現在のA L型授業

現在のA L型授業は以前の授業を元にして改善して以下のようない展開をしている。なお、授業は45分授業で

ある。

- ① 小テスト（10分以内）
前回の内容・演習プリントからと類題を出題する。
- ② 講義（15分以内）
説明に徹し、ポイントと考えるヒントを説明する。
ポイントから発展させ考えるべき項目はできるだけ教えない。板書は黒板1枚以内とする。
ノートを取ることの重要性は変わらない、手を動かして自分でまとめ上げることは省かない。
- ③ グループワーク形式でプリントを使用し基本概念や例題の話し合い（15分）
 - 基本概念のまとめ
 - 考えさせるべき概念テーマ提示
 - 例題と類題で具体的な問題集の問題の提示
 - 話し合いの中から答えを見出すように観察する。
 - 例題の答え合わせを板書する。
- ④ 振り返りシートの記入（1分）
 - 積極的に話に参加できましたか。
 - 学習内容について解らなかったことは何ですか。
 - その他、意見要望

6. A L型授業における問題点・改善点

A L型授業導入の過程で生じた問題点を挙げてみる。

- ① 小テスト
 - 丸暗記でよい風潮が生まれ始めた。小テストは内容を変えて類題とする必要性がある。
- ② 講義
 - プリントが主体となる分野の場合、まったくノートを取らない生徒も出始める。
 - 作図が重要な波動等での授業では結局プリントが主となり、ノートは必要なくなりそうだ。
 - どこまで講義でどこから考えさせるかを常に考えないといけない。意外と生徒に任せても良い範囲は多いように思う。できるだけ講義は簡潔に、生徒が考えて導き出せる結果や仕組みは生徒に任せることが重要だと思った。
 - この点を考えるとどこから考えさせるのか、ミニマムの原理を教えるその範囲を常に考えることの難しさを感じる。
 - 一気に2項目以上教える事ができない。一日一項目

に設定して授業と模試範囲を考え抜かないと間に合わない時がありそうだ。難易度の高い分野や考え方をどう教えるのか見ててない。

- ③ グループワーク形式でプリントを使用し基本概念や例題の話し合い
 - 雑談をする生徒が始めた。前提となる目標を指導して、注意は必要である。物理を3年次で履修しない生徒に向けての動機付けが必要である。
 - おとなしい生徒が集まるクラスでは、お互いの話し合いが進まない。結局、個人個人で解いているので効果が疑問である。
 - 生徒が遊ばない程度の時間配分をその都度考えないといけないようだ。長ければよいわけではないようだが、遊んでいるようで考えている状態があるようでもある。少しじっくりと腰をすえて臨機応変に時間を切り上げる。
 - 応用問題は一つ一つヒントを出し、こまめに一題ずつ解いていかせればできた。例題をすべて答えるのではなく途中まで答えて見せて残りを自分たちでやらせる誘導が難しい。

- ④ 振り返りプリント（1分）
 - 質問や要望の吸い上げとしてのコミュニケーションツールとして機能している。これは意外に重要なと感じた。

7. 生徒のA L型授業に関する感想

A L型授業を実施した物理基礎を履修している2年次の2クラスについて3年次で物理を履修する生徒としない生徒に分けてアンケートを取った。その一例を示す。このクラスは活発なクラスで、行事等でのクラスの団結が強い反面、勉強に関しては少し弱い面を持ったクラスである。

【2年A組の例】

Q 1. 以前の授業形態と現在の形態（A L型授業）ではどちらが良いですか。

A 1. 「3年次で物理を選択する生徒」

①以前の形（2名）

自分で考える時間が欲しい。

②A L型授業の形（1名）

話し合ったほうが頭に入りやすい。教えることで定着する。授業の雰囲気が良い。授業を受けているのではなく参加しているような気がする。寝ないで楽しみな

がら理解を深められるから。眠くないし以前より楽しく感じるから。教えあって学力が上がったと思うから。理解する気持ちになりやすいから。先生よりも友達のほうが質問しやすいから。

③どちらでも良い（3名）

A 1. 「3年次で物理を選択しない生徒」

①以前の形（1名）今は集中できない。

②変化ない（1名）

③A Lの形（17名）

友達に質問しやすいから。分からぬ所をすぐ質問できる。分からぬ所をその日の授業で解決できるから。しっかりと理解しながらできる。教えあつたほうがすぐわかる。先生の話している要点を友達同士で確認し合える。集中できる。物理基礎が好きになれそうだから。プリントをやることで解りやすい。分からぬ所をほったらかしにしないから。先生が一方的に話をしていてわからなくともそのままにしていたから。周りに効きやすい雰囲気が良い。

Q 2. 授業で工夫して欲しいこと。

A 2. 小テスト中に話さないで欲しい。集中できない。

（3名）小テストは授業で扱った問題と別にして欲しい。振り返りシートはいらないと思う、休み時間が減るから。周りの生徒が男子だけや、レベルを考えた席にするとかがあるとよい。グループを変えて欲しい、いろんな人とグループできれば。（3名）実験を増やして欲しい。毎回グループではなく週1回でも普通の授業にしたら良い。（2名）振り返りシートのコメントを書いて欲しい。計算問題の解く時間を増やして欲しい。物を使うと解りやすいのでこれからも使って欲しい。もう少しスペースをゆっくりにして欲しい。もう少し演習をしたい。問題の数を増やして欲しい（2名）

Q 3. 生徒間での教え合いは上手くいっていますか。

A 3. ①はい（33名）みんな優しく教えてくれます。

周りが早いので聞きづらい。

②いいえ（1名）4人の場合3人だけで教えあっているときがある。

Q 4. 授業が模試や受験に対応できていると思いますか。

A 4. ①いいえ（5名）模試のほうがとても難しい。

②はい（11名）

③判りません（6名）

④定期テストは点数をとりたい。（1名）

⑤物理選択者に合わせるから早すぎる（1名）

⑥もう少し難易度の高い内容ができると有り難い。（1名）

⑦過去問を配ってくれると有り難い。（1名）

8. A L型授業の効果

A L型授業の効果を何で計るのかと言う質問に有効な答えを持っていない。

定期考查等にはA L型に積極的に取り組む、取り組まないクラスでの得点に差異は見られなかった。静かなクラスのほうが得点が高い結果もあった。

模擬試験についてはかなり違った様相を見せた。A L型授業に積極的な上記の2年A組が研修模試1月2月共にダントツで得点を取った。大問別に見ると、1月回は波動分野がかなり取れている結果を得た。また、2月回では力のモーメントが取れている結果を得た。総合偏差値で下位層に当たる生徒の物理の得点率が想定外に高い。

得点等の数値以外で特筆すべきは、今まで物理の授業で伏せてしまいがちな生徒が、生き生きと問題を解いていたり、相談する前向きな姿勢を引き出された事だ。この事はクラス全体の前向きな姿勢を醸し出すのに役に立っている。

今年度は物理、化学基礎にも展開を広げて実施している。その結果を最後に報告したい。

1年次で学習する化学基礎は計算や概念の難しさから学習に困難をきたす生徒も多い。しかし、今回実施してみた結果は予想以上に効果的だったということだ。化学は概念が多く例外も多いために生徒も一齊授業では頭に入っこないことが多い。定期考查の平均点で評価をするならば、A L型授業のクラスがダントツで平均が高い事を示した。

3年次で学習する物理についてはA L型授業が上手く機能していない感じを受ける。上位者の育成には貢献しているようなデータを得ているが、下位者の減少には程遠いのが現状である。難易度が基礎科目に比べて各段に高い事や、分量も多く問題自体が全員に近い割合で判らない生徒が続出しているのではないかと考える。

現在、3年次のA L型授業はグループワークだけになっているが、講習と授業を組み合わせる形でジグソー法を取り入れて実施している。この結果がどう出るか今後のデータを待ちたい。

9. まとめ

A L型授業を実施して授業がなぜかかなり楽しくなった。なぜかと言うと教員側も頭を働かせなくてはいけない、教員もA Lすることは本当だった。また、授業の方法の改善が簡単であることもある。何より物理嫌いの生徒が物理選択すれば良かったと言ってくれたのが一番う

れしいかった。

私は弓道部を長く指導している。A L型授業は少し部活動に似ていると思った。教えすぎないで、生徒の力をどう導き出すかそこを考えることが重要なのかもしれない。部活動との類似性を感じたのも意外な経験であった。

参考にさせていただきました、学力向上プロジェクトの研修会、及び北理研の教科研究会、授業参観に感謝します。

10. 参考文献

- 1) 小林昭文 アクティブラーニング入門 産業能率大学出版
- 2) 河合塾編 小林昭文・成田秀夫 今日から始めるアクティブラーニング 学事出版

アクティブラーニング導入の一例

函館工業高等専門学校 関川 準之助

2015年、公立高校を定年退職し縁があつて高専に再就職したのを契機に、授業スタイルを座学から「反転授業+グループ学習(GW)」に転換し、2016年度からはその中にピア・インストラクション(PI)を取り入れた。まだ全ての結果が出ていないが、実際にやってみて分かったことなど、取り組みの現状を報告する。

キーワード アクティブラーニング グループ学習 反転授業 ピア・インストラクション

1. アクティブラーニング導入の動機と背景

2014年に文部科学省から中央教育審議会に諮問されたアクティブラーニング(AL)は新しい学びとして高校の現場でも話題を集めていた。ただ、高校には大学受験という大きな縛りがある。カリキュラムも必修科目でがんじがらめになっていて希望の単位数が確保できず、教科書が終わらなかつたら…と言う恐怖心もあり、新しいことが始めてくい状況だった。私自身は、「分かる授業」を目指して演示実験を取り入れるように心がけていたが、座学の授業では限界がある、とも感じていた。一方、函館高専では一般科目も単位修得の合格ラインが60点以上となっていて、レポートなどの平常点を加味するにせよ、学生が受け身の授業スタイルのままでは落第生が続出するのは明らかだった。

ところで、物理教育研究が進むアメリカでは、「物理スイート(Physics Suite)」と呼ばれるAL型の物理教育手法と教材群が体系化されてきた¹⁾。それらは、物理概念を幅広い多くの学生たちにより一層深く理解させることを目指しており、すでにその効果が確かめられ、その中の相互作用型演示実験講義(ILDs)やピア・インストラクション(PI)などは日本でも一部で実践が始まっている。一方、日本では、65分授業の後半で行う問題演習をグループで教え合うことを主眼にした実践「アクティブラーニング入門」²⁾が2015年に出版され注目を集めた。

先に述べた通り、私がALを開始するのは何よりもまず落第生を出さない(試験で60点以上取らせる)ことが主眼なので、「アクティブラーニング入門」の方法をベースに開始することにした。ただ、函館高専の1単位時間は45分なので、グループ学習の時間を確保するために、インタネットで授業の予習を済ませ授業ではグループ学習をメインにする「反転授業」も併せて行うこととした。履修する3年生に事前にアンケート調査をしたところ、スマホやパソコンでネットにアクセスできる環

境が全員あることが分かり、通信速度が遅い学生やパケット代が心配な学生には放課後にパソコン教室などを利用するように指示して、2015年度の前期中間試験終了後からスタートした。

2. 「反転+GW授業」の実施(2015年度)

(1) この授業のポイント

- ・グループ学習による問題演習を授業の中心に据えて、学生の能動的な学習を目指す。
- ・45分授業では時間が足りないので、教育管理システム(LMS)のBlackboard Learnに予習教材を置いて反転授業にする。

(2) 学習の流れ

- a) 予習(各自、スマホ・パソコンで:~10分)
 - ・Blackboard Learnにアップした教材にアクセスして学ぶ。教材の様式は「動く教科書」で、学習の要点と自作ビデオなどの実験ビデオ教材で構成されている(図-1)。



図-1 Blackboard上の教材例

- ・確実に予習させるため、教材の最後に小テストを置き、成績の10%にすると予告しておく。

b) 授業：要点説明・演示実験（10/45 分）

- ・目標「確認テストで満点を取る」の確認。
- ・本時の「要点プリント」を配布して説明し、必要があれば演示実験をして現象を確認する。

c) 授業：グループ学習（20/45 分）

- ・昨年度 6 人 1 グループ、今年度 4 人 1 グループに改善
- ・グループごとの問題演習、グループで対話をしながら解き方や考え方への理解を深めていく。
- ・学生の様子を見ながら共通の疑問は教員が黒板で適宜説明する。

d) 授業：振り返り（15/45 分）

- ・「確認テスト」…上記演習問題からピックアップする。相互採点。
- ・「リフレクション（気づき）カード」の記入。

※記載された学生の気づきの例

- ・自分で理解することはできたが、人に教えることができなかった。理解していても説明することはとても難しい。
- ・質問に答えることができたが全員には理解してもらえなかつた。答えることによって頭の中を整理して理解できた。
- ・人に説明できないと、そのことは完璧に理解していることにならないことに気づいた。
- ・1 人で考えるより班になって行った方がよくできる。
- ・周りの友達としゃべることによって、今まで分からずにおいた問題とかでも理解しやすくなつた。
- ・黙って先生の話を聞いたり 1 人で問題を解くよりも、教えあって相談する方がはるかに身に入る。など

(3) 定期試験の結果

座学形式の授業を経て実施した前期中間試験と、「反転+GW」後の前期末試験を比較する。

・前期中間試験（受験総数 162 名）

出題分野：円運動、単振動、万有引力

平均点：49.3 点 上位者：（90 点以上）7 人
下位者：（60 点未満）98 人

・前期末試験（受験総数 160 名）

出題分野：波の性質、音波

平均点：70.2 点 上位者：（90 点以上）43 人
下位者：（60 点未満）52 人

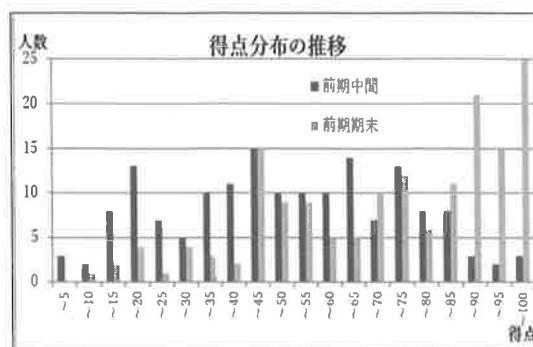


図-2 定期試験の得点分布の推移

グループ学習移行後は、移行前に比べて平均点が約 20 点アップし、図-2 からも下位者が減り上位者が飛躍的に増加していることがわかる。

ただ、得点は個々の問題の配点によって左右されるので、問題のレベルを基礎、標準、応用の 3 段階に分類し、それぞれの正答率を出して比較してみた。結果は表-1 の通りで、どの問題レベルに対しても理解が深まっていることがわかる。

表-1 定期試験の問題レベル別正答率

	基礎	標準	応用
前期中間	67%	45%	28%
前期末	84%	69%	54%

以上から、出題分野が異なるので一概には言えないが、特に上位者が大幅に増えていることから、学生が受け身ではなく能動的に取り組むグループ学習の形態が学生達の学習意欲を引き上げている、と判断した。

(4) 2015 年度の「反転+GW」の振り返り

- ・グループ学習を実施する上で難しい点は、学生に与える問題演習プリントのレベルと量で、易しすぎると学生は時間を持て余し、難しすぎると時間内に終わらない。クラスや分野に応じた臨機応変の対応が必要になる。
- ・学生が能動的に学習する GW を授業の中心に据え、学生の意欲を引き出すことが出来た。
(座学の時は寝ていたのに、GW では周囲に教え始める学生が現れたのには驚いた。)
- ・学生たちの勉強のしかたを見ていると、試験前に試験範囲が明示されているにもかかわらず、一夜漬けになってしまう学生が多い。この実践で学生のやる気に火がついたのは、授業の中で一度は自分（達）の力で解

いた問題の類題から出題されるので、試験勉強がやりやすかったためだと考えられる。

- ・毎時間の最後に実施する「振り返り」は学生にとって重要だが、教える側の教員としても学生の書くコメントに気づかされたり教えられることも多く、授業に双向性ができた。
- ・深い学びを目指せば相応の時間がかかるので、教える中身を絞るか学習時間を増やすかだが、反転にすると学生の学習時間が増えることになるので、授業進度は遅れない。
- ・試験の点数は上がったが、概念的な理解をさらに深めるような仕掛けが必要だ。

4. ピア・インストラクション(PI)^①の導入

(1) PIとは

ハーバード大学の Mazur 教授が開発した AL 型教授法で、授業中に問題を出題し、その答を付近の学生同士で議論させる。1 コマの授業を 10~15 分で区切り、その後に講義したばかりの内容に関する概念的な設問 (ConcepTest) を出題する。大まかな流れは以下の通り。

- ①選択問題を提示
- ②学生に回答させる(相談しない)
- ③付近の学生同士で議論・説得

- ④もう一度回答させる
- ⑤正解を告げ解説する

実践では「要点説明」の直後に 1~2 問出題する。学生の回答には紙製の「フラッシュ・カード」を使用した。

(2) ConcepTest の例

a) 2 年「物理 I」①

「空気抵抗のない中で物体を落とすと、物体は 9.8 m/s^2 で下へ加速する。では、下方へ物体を投げると、投げた後の物体の下への加速度は?」

1. 9.8 m/s^2 以下 学生の回答: 2 → 0 人
2. 9.8 m/s^2 (正解) 42 → 59 人
3. 9.8 m/s^2 以上 20 → 4 人

上記の通り、「要点説明」で学習した直後にもかかわらず、不正解の学生が 64 人中 22 人もいる。このことからも座学の受身の学習では定着していないことが分かる。聞き方を変えて定期試験でも出題したところ、正答率は 91% だった。

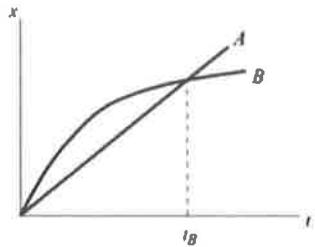
b) 2 年「物理 I」②

「図は、平行な線路上を走っている列車 A,B の位置 x と時刻 t の関係を表す。正しいのは?」

1. 両方の列車は t_B より前のある時刻に同じ速度になる。
2. グラフ上のどこかで両方の列車が同じ加速をする。
3. 時刻 t_B で両方の列車は同じ速度になる。
4. 両方の列車はつねに加速している。

学生の回答:

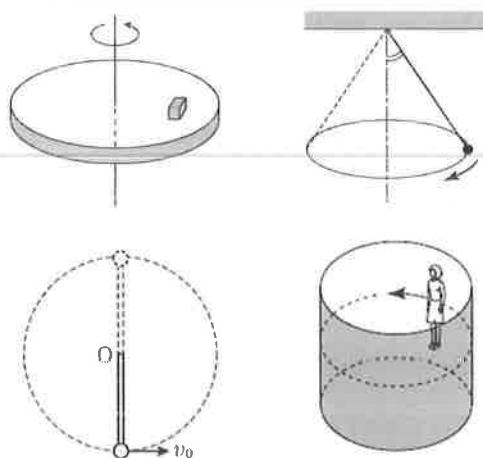
- 1 : 19 → 20 人
(正解)
- 2 : 12 → 26 人
- 3 : 31 → 19 人
- 4 : 0 → 0 人



その後の定期試験での正答率は 57% だった。グラフ問題は様々な要素を理解している必要があるため、定着が悪い傾向がある。

(3) 座学の定着度との比較 (3 年「物理 II」)

「図の瞬間におもり(人)が受ける合力のベクトル(1つの矢印)を、外で静止している観測者の立場で、解答用紙に記入せよ。※合力が 0 のときは「0」と記入せよ。」



円運動で運動方程式を立てて問題を解くときは“合力が円の中心方向にはたらいている”ことからスタートするよう指導している。個々の問題では強調しているが、果たして一般的な概念として身についているか、例年定期試験で上記の通り出題しているので、正答率を比較した。

2015 年 座学のみ	37%
2016 年 反転 + GW + PI	58%

母集団が異なるので一概には言えないが、AL の方が定着度は高いと判断した。

(4) 「反転+GW+PI」授業の振り返り

- ・PI は導入のコストが低く導入しやすかった。
- ・クリッカーは必ずしも必要はない。紙のフラッシュ・カードは他メンバーの意見を相互に把握しやすいという長所もある。

※PI の勘所は学生同士の議論をいかに活性化させるか
だが、そのための工夫として

- ・GW の際に話しやすい雰囲気作りを心がけておくと、
PI で議論するときに意見を出しやすくなり、相乗効果
が狙える。
- ・最初の正解者が少ないことが想定されるときは、直前の
要点説明の際に関連する重要な点を強調しておいたり
グループでの議論が始まるときに改めて強調したりして、
グループ内の何人かに気づかせるような工夫も
必要だ。（但し、誘導にならないように注意する。）
- ・ConcepTest 出題後の解説は、正答者を指名して理由を
答えさせるのも学生に自信を持たせる上で有効だと思
う。

その他、現在、試行錯誤しているところだ。

5.まとめと今後の展望

(1) 「反転+GW+PI」授業のススメ

1年半実践してきたアクティブ・ラーニングを振り返ると、学校現場で連綿と続いてきた座学という学習形態がアクティブ・ラーニングに置き換えられるという大きなパラダイム・シフトをいま迎えていることを実感する。もう従来の座学の授業には戻れない。

確かにこの実践をするためには、最初は1時間の授業の教材作りに3時間以上かかる。でも一度出来上がると翌年以降は手直しの時間だけで良い。また、「振り返りカード」に目を通すと学生の理解度や授業の改善すべき点が分かるので、軌道に乗れば授業に行くのが楽しくなる。

この授業で時間消費の予測が一番困難な部分はPIの部分で、長引いた場合は確認テストをカットするなど、臨機応変な対応を迫られる。こうしてみると、この形態の授業での教員の役割がレストランのフロア・マネージャー?のようにも思えてくる。また、学生同士が議論したり問題を教え合っている様子を傍らで見守る、というのはちょっと新鮮な体験だ。

ところで、現時点で Blackboard などの教育管理システム(LMS)がまだ導入されていない高等学校などの現場で同様の反転授業を実施しようとしたとき、LMS を利用するにはどのような方法があるだろうか。

- ①校内に Linux サーバーを立ち上げ自校の Web サーバーのサブドメインとして登録し、オープンソースの LMS である moodle をインストールして運用する。
- ②moodle のホスティングサービスを利用する⁴⁾。
などが考えられる。

①の場合は、使用していないパソコンが1台あれば、どのソフトもオープンソースなので費用はほとんどかかりないが、Linux なので敷居が高い。②だと一定の費用が発生するが、すぐに教材作りに取りかかれる利点がある。いずれの方法を探るにせよ、授業進度を遅らせずにアクティブ・ラーニングを積極的に展開するためには、反転授業で学習時間を延ばす必要がある、と思う。

(2) 今後の展望

2016年8月に新潟大学で開かれた日本物理教育学会研究大会では、相互作用型演示実験講義(ILDs)創始者であるオレゴン大学の Sokoloff 教授による講演とワークショップが行われた。

ILDsは演示実験によって基本的な概念の定着を図る教法で、以下の流れで進行する。

- ①測定結果を表示せずに演示実験を行う
- ②学生は自分の予想をシートに記入
- ③少人数グループで議論
- ④クラス全体で共通する予想（複数）を明示
- ⑤予想シートに最終的な予想を記入
- ⑥結果を表示して実演
- ⑦何人かの学生に結果を述べさせ実験の文脈の中で結果を議論し結果シートを完成
- ⑧物理的に類似した状況について議論

ワークショップの中で明らかになったのは、討論の場面でアメリカ人は自分の意見を主張し合うのに対して、日本人は自分の意見を述べるのが苦手だという点で、そこをいかに盛り上げるかが課題となっていた。これはまさしく PI の勘所でもあり、様々な現場で PI や ILDs の実践が深まり、その成果を積極的に交流していくことが、日本にこれらの指導法が定着することにつながっていくと思う。予算が付けば、私も次年度は ILDs を取り入れていきたい。

参考文献

- 1) E.F.Redish :『Teaching Physics with the Physics Suite』, Wiley, 2003. : 日本物理教育学会監訳『科学をどう教えるか—アメリカにおける新しい物理教育の実践』, 丸善, 2012.
- 2) 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.
- 3) E.Mazur :『Peer Instruction : A user's manual』, Pearson-Prentice Hall, 1997.
- 4) 例え、「こだまリサーチ」<http://www.kodamari.com/>
(連絡先 : fuwa@kodamari.com) など

アクティブ・ラーニング型授業における実験方法について

北海道札幌北高等学校 中道洋友

アクティブ・ラーニング型授業では、従来にも増して生徒の対話を重視した協働的な学びが求められているが、このような文字にしてしまうと新しい実験方法を開発しなければならないと考えがちだ。しかし、従来から行っている実験を少しアレンジすることで十分対応できるのではないかと考えており、生徒実験と演示実験の工夫について紹介する。

キーワード マニュアルの簡素化、演示実験、グループ実験

1. はじめに

平成27年8月に教育課程審議会でまとめられた論点整理では、生徒の「深い学び」「対話的な学び」「主体的な学び」の視点に立って学び全体を改善していくことが求められている。この文だけ読むと新しい実験方法があるかのように感じられるが、従来から行っている生徒実験や演示実験をちょっと発想を変えてアレンジするだけであるだけ、アクティブ・ラーニング型授業に十分応用できるものも多いと考えている。本稿では、生徒実験、演示実験での工夫の一例について紹介する。

2. 生徒実験の例「気柱共鳴」

アクティブ・ラーニング型授業に対応した生徒実験として、札幌南高校、藤林先生の「単振り子」の優れた実践がある¹⁾。本校でも、藤林先生の実践を参考にして「気柱共鳴」の実験を行ったので紹介する。

従来の生徒実験では資料1のように生徒の活動内容を細かく指定したものが多い。例えば、資料1では、2回測定して平均をとったり、気温を測って音速を求める手順になっている。しかし、生徒は、実験書の手順どおりに実験を行ってはいるが、なぜそのような手順になっているのか理解しないまま実験しているのではないかと疑問を持った。そこで、資料2のように、実験書を簡略化し、「器具を壊さない」「安全に行う」といった注意事項の指示のみを行った。なお、気柱共鳴の演習問題終了後に実験を行っている。

はじめは水槽の使い方も分からず、水面を上下させることもできないが、試行錯誤するうちに使い方を見つける。生徒にとって水槽と共鳴管の水面の高さが同じにな

ることは驚きである。

また、演習が終わっているので、一つ目の共鳴点から二つ目の共鳴点を推定し、その高さ付近で共鳴点を探すことも可能だ。しかし、ほとんどの班は、そのことに気がつかないまま、ちょっとずつ水面を下げながら共鳴点を探していく。しかし、2回目の測定では、演習の内容と実験を結びつけ、要領よく測定していく班が多くいた。

さらに実験後のレポートを見ると、気温を測定しているにもかかわらず、音速を340m/sとしている班が複数あった。そのような生徒でも試験では気温から音速を求めることができる。生徒は、授業で学習したことを実際の生活に適用できないことも多いと感じるが、そのような一例だと考えている。なお、その点はレポート返却時に指摘している。

藤林先生が報告しているように²⁾、演習問題ができるからといって、その内容を実験の場面に適応できない生徒が多いことが分かる。従来どおりのマニュアル化された実験書では、生徒は、マニュアルを追っているだけで、本当に理解しているかどうかは疑わしいのではないかだろうか。生徒同士が相談しながら試行錯誤するなかで、演習問題と結びつけていく場面も多く見受けられた。そのような過程が、学習を深めていくのではないかと考えている。

3. 演示実験のグループ実験化

アクティブ・ラーニング型授業では、生徒の言語活動を重視し、グループ内で考察させることが重要になる。そこで、従来の演示実験を5分程度で行えるグループ実験としてアレンジした例をいくつか紹介する。5分程度

の実験や演示なので、授業の流れを妨げず、演習問題を解いた後の理解度を見ることもできるし、授業の導入としても利用できる。

また、このようなグループ実験は、限られた予算の中で用意しなければならない。そこで、今回紹介する実験は、100円ショップで購入できるような安価な道具や多くの学校にあるものを用いている。

3-1 七色に光る雪だるまと分光

クリスマスの時期になると100円ショップで色味が徐々に変化しながら七位に光る雪だるまを販売している(図1)。この中には、フルカラーLEDが入っており、赤・青・緑の3色のLEDを制御することで、さまざまな色味を出すことができる。しかし、雪だるまの中身は生徒にとってブラックボックスである。分光器で観察することで、赤・緑・青の光の強度の割合が変化し、七色に光ることが分かる。授業では、光の単元の導入として、班ごとに分光器で観察させ、その仕組みを議論させた。その後いくつかの班に発表させた。なお、この実験では、天体スペクトル観察の話に発展させている。



図1 七色に光る雪だるま・星と分光器
(分光器を雪だるまに密着させて観察する)

3-2 速度の合成

速度の合成の単元では、船が川の中を流れに平行または直角に進んだときの岸から見た船の速さを求める問題を取り組む。以前、文献4の演示実験を参考に、ネオジム磁石をはったフリクションカーと模造紙を使って、この問題の黒板での演示を提案した³⁾。この演示実験もチョロQとB4サイズの紙を使えば、演習問題の状況をグ

ループ実験として生徒に考えさせることができる。

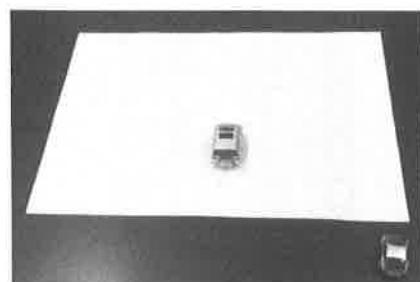


図2 チョロQで速度の合成

3-3 青空の色味・全反射

うすい床用ワックスの溶液は、コロイド粒子による光の散乱が起こり、光の経路をはつきりと見ることができる。また、青色光を強く散乱するので青空の再現実験でも用いる。文献5で詳しく紹介しているが、ペットボトルや100円ショップで購入できる道具を用いて実験できるので、グループ実験として利用するできる。

4.まとめ

従来行ってきた生徒実験や演示実験をアレンジすることで十分アクティブ・ラーニング型授業に対応した内容にできる。北理研には、新しい時代に対応できる、諸先輩が開発してきた実験が数多くある。十分活用していきたい。気柱共鳴の実験は同僚の福士公一朗先生と協同で行っており、実験書は福士先生につくっていただいた。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 藤林亮太 (2016), 「アクティブ・ラーニング」に関する研修のまとめと実践報告, 北海道高等学校教育研究会研究紀要第53号
- 2) 北理研編, 「北海道高等学校物理実験書」, 昭和60年2月7日発行
- 3) 北理研物理研究委員会編, 『物理基礎』の授業案, 2012年8月発行
- 4) 増子寛, 手軽にできる実験集, コロナ社
- 5) 中道洋友 (2015), 光の散乱を用いた簡単な演示実験, 北海道の理科 No.59 2016-7

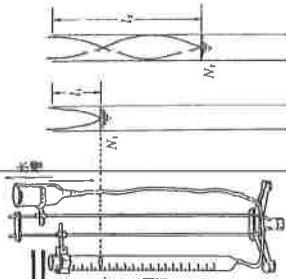
資料1 従来の実験書

⑥ 気柱の共鳴

○目的 音の振動に閉管、開管の効果を共鳴させ、その波長を求めて、音の強度を測定する。
○準備 気柱共鳴装置、アクリル管(木、直径3~5cm、長さ2.5~3m)、音叉、たたき棒、温度計、
卷尺、セロテープなど。

【実験1】閉管の共鳴

- 図1のように、気柱共鳴装置をセットする。
- 実験前の室温 t_1 [℃] を測定。
- 水槽を上下させることによって気柱の長さを自由に変えられるようにする。
- はじめに、水位を十分に上げてから、音を鳴らし、管口に近づける。
- 次に、水槽をゆっくり下げて、気柱が音の出す音にもっとも強く共鳴する点 N_1 を見つけ、管口からの長さ l_1 [cm] を測定する。
- さらに、水槽を下げていき、つぎにもっとも強く共鳴する点 N_2 を見つけ、管口からの長さ l_2 [cm] を測定する。
- 実験後の室温 t_2 [℃] を測定。



【結果】

閉管のとき		
回数	l_1 [cm]	t_1 [cm]
1
2
平均

$$\begin{aligned} \text{音波の速さ } v &= 331.5 + 0.6 t \\ &= [\text{m/s}] \\ \text{音波の波長 } \lambda &= 2(L_1 - l_1) \\ &= [\text{cm}] \end{aligned}$$

【結果】

室温 実験前		
室温 実験後		
室温
実験後
平均の室温	$t =$	[℃]

$$\text{音の振動数 } f = \frac{v}{\lambda} =$$

【実験2】開管の共鳴

- 図2のように、2本のアクリル管のうち、直徑の大きい管の中に、直徑の小さな管をさしこみ、引出しが自由になるようにセットする。
- 実験前の室温 t_1 [℃] を測定。

② 実験前の室温 t_1 [℃] を測定。

- 閉管のときと同様に、鳴っている音を管口に近づけておき、内側の音を徐々に引き出して、管内の音が音さの音とともに最も強く共鳴する位置を見つけ、管の長さ L_1 [cm] を測定する。
- さらに管を引き出しながら、つぎにもっとも強く共鳴する位置を見つけ、管の長さ L_2 [cm] を測定する。
- 実験後の室温 t_2 [℃] を測定。

【結果】

閉管のとき		
回数	L_1 [cm]	L_2 [cm]
1
2
平均

$$\text{音波の速さ } v = 331.5 + 0.6 t =$$

室温 実験前		
室温 実験後		
室温
実験後
平均の室温	$t =$	[℃]

- (考) $\lambda = \frac{1}{4} \lambda$ より短い、失鳴音の波は閉口端から何mの所にあるか。
- 【感想と意見】

月	日	学年	組	科番号	グループ番号	氏名
.....

物理実験ワークシート 「気柱の共鳴」

授業目標

- ・共鳴の理論論を実験で検証することができる。
- ・実験により新たな疑問や課題を見つけ出すことができる。
- ・グループワークによるアクティブラーニングを展開する。
- ・閉管にできる音波の定常波について理解を深める。

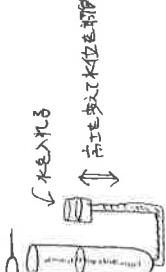
実験目的

- ・気柱共鳴装置を使って音さの振動数や閉口端補正を測定する。
- ・閉管にできる音波の定常波について理解を深める。

実験器具（準備）

気柱共鳴装置・音さ・音さたたき棒・温度計（室内）・電卓

実験方法（具体的な手順を図を用いるなどして記入する）



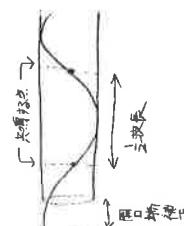
留意点（測定で注意する点など）

ハーモニクスがない間に測定する。
音柱位置は当てがましいに決まる。

したがふんを増やしていくと、がふんをもつて
た場合があることの木栓を測定していく。

木栓の振幅担当、目盛りを読む担当、木栓を導く
担当、歩舞担当に分かれて実験する。

※ 実験を経て者の達士をわかる。



実験結果（測定データを表にしたり、データ処理の手順を分かりやすく記入する）

回目	66.3	35.5	12.2	測定をへこすまで、 $\lambda = 26.8 \times 2$
1回目	65.4	35.9	12.2	
2回目	65.6	35.9	12.3	
3回目	65.8	34.7	12.2	$\therefore \lambda = 53.6 \text{ [cm]}$
平均	65.3	$= \frac{1}{3} \times (66.3 + 65.4 + 65.6)$	$= 26.5$	± 26.8

$$\Delta T = \frac{\lambda}{V} - 12.2 = 13.4 - 12.2 = 1.2 \text{ [cm]}$$

$$\therefore \Delta T = 644.2 \text{ [Hz]}$$

考察（何をどのように考察するかを結び合って記入する）

閉口端補正が「0cm」とあることから、実験結果は比較的信頼できる。
また、接線アリメント（No.50）と、この音柱の音の柱（木栓）には近いことがある。

疑問や課題 音柱はくくペースを上げていくと
波長は変化するのか。

学習評価

授業目標	自己評価	相互評価
共鳴の理論論を実験で検証することができた。	④ 3.2 1	④ 3.2 1
実験により新たな疑問や課題を見つけ出すごことができた。	4 ③ 2 1	4 ③ 2 1
グループワークによるアクティブラーニングを展開した。	④ 3.2 1	④ 3.2 1
感想 共鳴によって音が大きくなるのに感動した。とても興味深いと思った。		

実験日	年	月	日	()	天	気	温	開始 23.3 °C	終了 23.6 °C
年	組	番	氏名						班

ALで育成すべき「物理としての」思考力・判断力・表現力に関する指導実践

北海道札幌南高等学校 稲子 寛信

アクティブラーニング型授業(以下AL)で、物理として育成すべき思考力・判断力・表現力の指導実践を報告する。

1 本研究の意図

この1~2年でALに関する議論や各種実践が多く報告されるようになったが、ALの捉え方が様々あるため、出発点の認識を確認しないと議論がかみ合わない場面が多くなった。また、ALの方法論を盛んに議論されるようになったが、本来、教科・科目で育成すべき力が置き去りにされてしまっている感もある。

そこで本研究では、ALに関する様々な実践がある程度整理しつつ、ALで言われる学力の向上と、教科で育てる力の適切な切り分けや抽出を行い、その実践を報告したい。

2 ALに関する大まかな整理・分類

(1) 大まかな整理・分類

- ①先行実践者によるAL(例:産能大学小林氏)
- ②学習理論によるAL(例:京都大学溝上氏)
- ③文科省等が推進するAL

①には、「学びの共同体」「教えて考えさせる授業」などの先行研究や教育心理学等を踏まえた実践者も含まれる。実践者は『学習効果(学力の向上)』について言及することが多い。

②は、『社会と学校(高校・大学)の接続を円滑にするために提唱された学習理論』である。この議論では主体性(学習や自分の将来に対して等)、表現力、協働性が重視されている。

③は、『課題の発見・解決』「発見学習・問題解決学習」等の課題探究的要素が含まれた概念である。

(2) これらを大まかに分類する意図

特に、先行実践者が言及する「学習効果」と、溝上氏が強調する「トランジション課題解決のための学習理論」の違いを認識するのは重要である。育成する力の方向性が変わってしまうからである。同様に、「学力」の認識も、学習意欲や表現力を含むかどうか読み取りが必要である。例えば「ALを実践して学力が向上した」等の発言は、先行実践者が言うような「知識定着上の学習効果があった」と理解すべきか、あるいは「知

識定着での学習効果はまだ見えないが、自ら学ぶようになるなど、主体性が向上した(キャリア発達が促された)」あるいは「探究活動を通して課題発見ができるようになった」と理解すべきか、発言の意図を読み解く必要性がある。これからALを導入する人も、既に実践されている人も、実践や理論の内容を改めて整理し、意義を確認することで、育成したい力を明確にした適切な授業をデザインできると考える。

3 本研究におけるALの位置づけ¹⁾

本研究は、溝上氏の提唱するALに沿って実践報告する。溝上氏の提唱するALの定義は、

一方的な知識伝達型講義を聴くという受動的学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習。能動的な学習には、書く・話す・発表する等の活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。

また、認知プロセスについては、特に思考に関して『論理的／批判的／創造的思考、推論、判断、意思決定、問題解決』などのカテゴライズを意識して指導できているかが重要である。

○個別的な学習者となるための3つのポイント

- (1) 個の学習力
- ・家庭学習
- ・主体的学修態度(与えられる枠を超えた主体的な学習)
- (2) 豊かな対人関係や活動性
- ・部活動、友人関係(親密圏)
- ・AL、協働性(より公共圏)
- (3) 高いキャリア意識
- ・目標を立てて過ごす力
- ・将来の見通しと理解実行(現在の生活と将来の生活)

本研究では、私が実践するALにおいて、溝上氏が指摘するようなAL一般の学習の狙いと、教科「物理」として狙いたい力の育成を切り分けて考察し、効果や課題を報告したい。

4 「学習の狙いの切り分け」の重要性

(1) 科学的自然観や思考力等を育成しているか

物理を指導する教員として十分に留意しなければならないのは、AL を実践する上で「物理を学ぶ上での効果があるか」「物理ならではの科学的な自然観や思考力・判断力・表現力が育成できているか」意識することである。

いわゆるグループ学習（以下 GW）を行えば、確かに授業は活性化する。話し合いをすることで生徒も眠くならないし、表現力も向上する。授業にも積極的になる。生徒が活発な授業は誰でも楽しく、授業もやりがいがある。

しかし、それが「物理を学んで身につけた力」なのか、一般的な学習の力なのか、切り分けしなければ物理教員として育成するべき力の本質を忘れてしまう危険性がある。

例えば、私が毎回の授業で記入させる振り返りシートについて考える。GW の取り組み状況や成果を客観的に判断し評価すること、学んだ内容や疑問点を整理することを意図して実施している。振り返りシートを継続することで客観的な判断力や表現力が育成されるが、それは一般的な力であり、「物理をとおして身につけた科学的な自然観や思考力・判断力・表現力」とは言いにくい。GW といった形態や手法のみに拘泥しては、これらの自然観や思考力・判断力は養われないので十分に留意するべきである。

物理実験 実験報告書類・用紙・自己評価シート①【年 級 名前】	
登場日	実施場所
あなたの進歩度自己評価（評価基準に沿って記入）満足	十分満足、やや満足、やや不十分、不十分
にはの技術的自信度	多い、適切、少ない、適度、多い、適切、多い、適切、適度、多い、適切、適度
アレーナ活動実験自己評価	十分、やや十分、やや不足、不足
アレーナ活動実験自己評価	十分、やや十分、やや不足、不足
（手元ごと）	（手元ごと）
（記憶、不明確）	

授業で記入させる「振り返りシート」

(2) 具体例：「物理における表現力」とは

以前中等教育学校で勤務した際、浮力の授業の後で「鉄の塊である船が、なぜ海の上に浮かんでいるのか、説明しよう」と課題を出したことがある。中学生の表現力でも、一部の生徒は「アルキメデスの原理より、押しのけた流体の体積が大きいほど浮力が大きくなるから」等と法則を適用しながら表現できた。

高校で物理を学ぶなら、「物体の受ける重力を mg とすると、浮力は $F = \rho g V$ より、力のつり合い $mg = \rho g V$ が成り立つ。密度 ρ が一定の流体で浮力を大きくするためにには、体積 V が大きなければならない」といった数学的表現ができること、「物体の平均密度を ρ_0 とすると $\rho_0 \leq \rho$ であれば物体は浮き上がる」ことを示せ

ることが望ましいだろう。『物理法則を用いた抽象化』が物理の表現力にとって重要である。

GW で表現力を向上させるためにも、明確な狙いを持って「物理ならではの表現力」に移行させる指導の工夫が必要であろう。私は授業ワークシートで「物理ならではの表現力」を育成できるように取り組んではいるが、十分な精査が出来たとは言えず、まだ改善の余地がある。

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

私は現任教校に赴任して AL を 1 年間実践してきた。しかし、この短期間で物理における思考力・判断力を突き詰めることは難しいため、溝上氏の指摘する「認知プロセスの外化」を踏まえて、特に『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た。

(2) 実践したアプローチ

- 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

6 授業実践と成果 ②

(1) アナロジー（関係式等からの推論）

(1) 現象に関するアナロジー＜入力－応答＞

電気分野で、次の実験と仮説予想をさせた。

(a)ゼネコン 2 個をつないで、フレミングの左手の法則と電磁誘導の復習。

(b)ゼネコンという装置を介すると、力を入力すれば電流が応答として得られ、電流を入力すれば力が応答として得られるという関係を確認（入力－応答の入れ替え）。

(c)次にペルチェ素子を用いる。電流を入力すると温度差が発生するのを確認した後、ゼネコンの「入力－応答」と比較させ、「ペルチェ素子に温度差を与えるとどうなるか」予想させる。電子メロディで結果を確認する。

(d)最後に、圧電素子（電子メロディ内の素子）を用いる。電流を入力すると音（振動）が発生するのを確認して、その後を考察させる。

最後に、振動力発電を演示する。生徒は正しく結果を

予想できていた。

(2) <物理の関係式>を比較したアロジー

物理法則は、同じ形式であれば同じ枠組みで理解できる。具体例を授業で紹介し、別の関係式を導出したり、問題を解く方針を立てたり、式どうしの整理に利用した。具体例として

(a)万有引力とクーロン力が同じ逆 2 乗に比例することを比較で理解させた後、クーロン力による仕事を積分で導出させる

(b)「エネルギー変化と外力による仕事」と「運動量変化と力積」が同じ枠組みの関係式になることに気づかせ、解法を予想させる（定義式から求めるか、関係式から求めるか）

(c)発展として、回路方程式と運動方程式が同じ微分方程式の枠組みになることを説明し、静電エネルギーと弾性エネルギーが類似することや、終端速度と過渡現象が類似のグラフを示すことを理解させる

(d)電気回路とコンデンサーの構造比較

[電気回路]：基本式 $V=IR$ 、部品式 $R=\rho \cdot L/S$

[コンデンサー]：基本式 $Q=CV$ 、部品式 $C=\epsilon \cdot S/d$

（同様の構造を自己誘導でも実施予定）

こうした指導の結果、関係式から「バネの連結とコンデンサーの連結には何か関連があるのか」と類推してくれる生徒や、力積の問題をほとんど自力で解ける生徒が出てきた。

(2)状況判断（結果から推定）

箔検電器の実験で、次の授業展開を行った。

(a)状況判断の練習として、ディラックの考案した『帽子の色の推定』ゲームを取り組む。

(b)次に、箔検電器の実験を行い、箔の開閉結果から起きた状況を判断させた。

こうした指導の結果、コンデンサーにおける定常状態の考察をある程度自分達で行えるようになった。

(3) 背理的考察

これは、「ある状態が考え得る極限だと仮定したすると、その状態が実は極限ではないため矛盾する」という考察法である。

具体例として

(a)静電誘導の定常状態は導体内部の電場が0

（0でないと仮定するとまだ電子が移動する）

(b)コンデンサーの定常状態では、電源電圧と極板間の電位差が一致する

(c)同一直線上を加速する物体を減速する物体が追いかける場合、最も距離が縮まるのは2物体の相対速度

が0のときである

この説明は、鉛直投げ上げの最高点では物体の瞬間の速度が0となるときにも利用できる。

この指導により、コンデンサーの極板間に、極板面積の半分だけ誘電体を隙間なく挿入した場合の電位差を考察できるようになった。

(4)具体から抽象の一般化

例えば音源が移動する場合のドップラー効果の関係式を導出する際、先に具体的な数値を用いて振動数が変化することを計算させて、その後に数値を文字に変換して関係式を導出させた。この結果、生徒は数字を用いなくてもドップラー効果の関係を導出できるようになった。

また、文字式が多いため関係性が不明瞭な場合、数値を用いて具体的に考える習慣がついた。例えばホイートストンブリッジの電圧降下の関係を、具体的な数値を用いて議論していた。

(5)結果の物理的考察

実験結果や問題の解答などを考察する際の物理的判断として、いくつかの例示をした。

(a)次元式による物理量の把握や解の点検

(b)保存則に破れがないか点検

(c)特定部分も全体も適した状態か検討

例えば、ドップラー効果の演習をする際に、生徒が音源と観測者の相対速度を利用してしまった場合がある。

「両者の速度が等しいと振動数は変わらない」という一部分は適しているが、相対速度の考え方では「音源の移動によって波長が変化する」ことは説明できない。こうした誤りを正すための観点で指導した。

結果として、次元式による点検と保存則の破れの確認はある程度できるようになった。

(6)近似的思考

物理であれば、ヤングの実験等の光学分野で必須の思考法である。全体の結果に対して影響の少ない項目を考えて切捨てる考え方を、ヤングの実験前になるべく提示した。

(a)物理の最初の授業で、地球が近似的に球体と見なせることを考察させる。

(b)自由落下を実際に測定する際に、どんな物体を落下させれば空気抵抗の影響を無視できるか考察させる（断面積や重力の大きさ）。

これにより、ヤングの実験等の理論的理解が比較的円滑に進んだ。

(7)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)

この指導がどれだけ成果を生んでいるかはまだ判断できないが、少なくとも演示する現象に対して疑問を持つ習慣はついてきた。

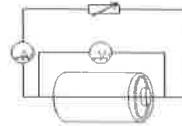
(8)明かりのある所から探し

これはまだ改善の余地がある思考法である。問題演習ならば、直前の結果を利用する事が具体例である。

実験による指導例としては、すべり抵抗器を用いたマンガン電池の端子電圧の測定がある。

(a)右図のような回路を組む。

(b)すべり抵抗器を動かすと電流値が大きいほど、電池の電圧値が下がることを確認させる。



(c)マンガン電池の端子電圧が変化する理由を、「理論値よりも【電圧降下】した」ことから、キルヒhoffの法則を連想させて、最終的に内部抵抗の影響であると気づかせる。

7 今後の課題

(1)授業評価・GW 相互評価の分析と課題提示

本研究では「物理としての」思考力・判断力・表現力に関する実践報告を行ったが、AL の授業改善には多様な側面があり、AL 一般の学習の狙いが教科特性に還元されることもある。

例えば、私が実施している授業評価・GW 相互評価を分析すると、教科特有の様々な課題が浮かび上がってくる。問題演習では、話し合いで解決してほしいため例題を示さず GW を行うが、電気等の抽象的な単元では、事前説明をどれだけ行っても例題がないと GW が進みにくいなど、単元特性が影響することがある。

また、GW 自体の自己評価、相互評価を行ってみても、説明が上手にできる生徒ほど物理の成績が高い傾向にある。物理の成績がよいから説明が上手いのか、逆もあり得るのか、結果の分析が必要であると考える。今後は GW 等の分析を教科指導の具体に還元していくたい。

○次の質問項目について、自己評価して下さい。

番号	質問項目	評価
1	私は、扶車でわからないところを尋ねて質問することができた。	1：とてもそう思う
2	私は、どこか分からなかった点を確認して質問することができた。	2：少しそう思う
3	私は、自分が理解できることを他人で教えることができた。	3：あまり思わない
4	私は、自分が理解できることを分かりやすく教えることができた。	4：全く思わない
5	私は、グループメンバーの疑問点をよく理解して教えることができた。	
6	私は、グループ内の話し合いに遅れて参加することができた。	
7	私は、グループ内の話し合いが意見になるよう行動することができた。	
8	私は、話し合いが進まないときに他のグループに質問することができた。	
9	私は、話し合いが進まないときに先生に疑問点を質問することができた。	

○2か月間の授業を通じて、次の3つに当てはまるクラスメイトの名前を書いて下さい。

○裏面の方方が上手だった クラスメイト	
○教え方が上手だった クラスメイト	
○話し合いが意見になるよう声を かけてくれたクラスメイト	

(2)物理全体の理解度を深める難しさ

物理の教科書は、力学・波動・電磁気・原子と分かれおり、ともすると単元毎に特徴的な指導ばかりが目につき、物理をとおして育成するべき思考力・判断力・表現力が統一感なく散らばってしまう。本研究における実践発表は、到達目標の抽象度が高く、また成果にまだ課題がある。しかし、単元を超えた思考力・判断力・表現力をどのように育成するべきか、その研究の端緒となれば幸いである。

8 参考文献

- 1) 平成 27 年度北海道高等学校教育研究会会報
- 2) 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」

認知特性を意識した物理授業の改善

(主体的・対話的で深い学びに向けて)

北海道札幌北高等学校 福士 公一朗

アクティブ・ラーニング型授業を継続する中で、生徒が教員の説明を聞いても、その受け取り方が多様であることから正しい理解に至らず、知識の定着に支障がでる場合があることがわかつってきた。ここでは、生徒から出た質問やグループワークで話題になった生徒個々の認知特性に起因すると思われる事例を紹介することで、認知特性を意識した授業改善の方策について、主体的・対話的で深い学びの視点から考える。

キーワード 認知特性、学習スタイル、アクティブ・ラーニング、インクルーシブ教育

1. はじめに

本校では、物理にアクティブ・ラーニング型授業を導入して数年になる。ワークショップ型アクティブ・ラーニングの実践¹⁾や、日常的に展開されるアクティブ・ラーニング型授業を状況に応じて柔軟かつ効果的に展開することで、生徒の資質・能力の育成に一定の成果が見えできている。生徒と教員、生徒同士でインタラクティブに授業が展開される中、生徒から寄せられた質問や、グループワークの中で出された話題の中に、教員の想定を超えるような独特のイメージが存在することに気が付いた。生徒が見たり考えたりしているイメージが、生徒の思考に混乱を生じさせ、理解を妨げたり、さらには自分で納得できるように誤った解釈を作り上げてしまうことさえあることが分かってきた。

2. 認知特性について

2. 1 認知特性

認知特性とは、「外界からの情報を頭の中で理解したり、記憶したり、表現したりする方法」²⁾であり、これは人間が個々に持っているものである。つまり、自分が見たり考えたりしている世界は、自分の持つ認知特性を介して見えている世界ということになる。近年、認知科学や脳神経科学の成果を取り入れながら学習の過程を科学的に研究する物理教育研究(Physics Education Research)が盛んにおこなわれるようになっている³⁾。

2. 2 認知特性の例

認知特性の分類には様々なものがあるが、ここでは文献²⁾からその一例を紹介する。

・視覚優位

写真のように2次元で思考するタイプ
空間や時間軸を使って3次元で思考するタイプ

・言語優位

文字や文章を映像化してから思考するタイプ
文字や文章を図式化してから思考するタイプ

・聴覚優位

文字や文章を耳から入れる音として情報処理するタイプ

音色や音階といった、音楽的イメージを脳に入力するタイプ

この分類だけをみても、授業での教員の説明が、教員の意図どおりに生徒に伝わっているかどうかについては、常に疑っていい必要があるといえる。

ここで、生徒の認知特性についてひとつの例を示す。物理で頻出する次の問い合わせについて、本校生徒（2年生2クラス）に質問をしたところ、以下の結果になった。

「AはBの何倍か」と聞かれたとき、
次のうちどちらをイメージしますか？

- | | |
|---------------------|---------------|
| ① $A = \square B$ | (結果) 1クラスの約7割 |
| ② $A / B = \square$ | (結果) 1クラスの約3割 |

問題集や模擬試験の解説・解答では②で説明されることが多いが、①の説明の方が生徒にとって受け入れやすいことがわかる。最終的には②が望ましいと考えるとしても、自然に①を思い浮かべる生徒が多いことを考慮して、指導方法を工夫する必要があるのではないか。

2. 3 メタ認知

グループワークの際、教員が説明したことを理解したと思われる生徒が、よく理解できなかった生徒に対して

熱心に説明をする姿をよく見かける。その際、多様な認知特性を持った生徒が多様な説明をすることで、最終的にはグループ全員が納得していくというプロセスを見る事ができる。教員はその様子を注意深く観察して、クラス全体に補足説明を加えていく。グループワークは教員にとって、生徒がどのように理解に至っているのか、そのプロセスを探る貴重な機会ともなっている。

自己の認知を客観的に認知することを「メタ認知」という。グループワークを繰り返すうちに、生徒は、自己の認知特性と他者の認知特性の違いに気付いていく（認知特性についての基礎知識は生徒に指導している）。メタ認知を意識することで、生徒は自分の解釈を疑問も持たず受け入れると、場合によっては誤った概念形成をするリスクがあることに気付くようになる。そしてこのリスクを避けるために、他者とコミュニケーションを取りながらそれを補正していく必要性を感じて行動するようになる。このようなことが、主体的・対話的で深い学びのプロセスのひとつではないだろうか。この意味で「メタ認知」は、学びを考える上で重要な要素であると考えている。

3. 認知の多様性

3. 1 事例からみた生徒の思考

ここでは、生徒から寄せられた質問、グループワークで話題になった事例を分野別に紹介する。内容としては、典型的な誤概念によるもののほか、教員の想定を超える思考も多く含まれており、生徒の多様な認知がみえてくる。なお、これらは授業で教員による説明を聞いた後に生徒が持った疑問であり、授業を行う前の素朴な疑問ではない。それぞれの事例を、次のとおり分類した。

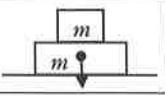
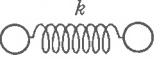
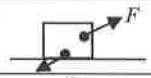
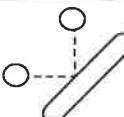
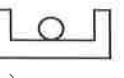
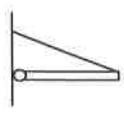
[G] 誤概念によると思われるもの

[K] 解釈の特性によると思われるもの

[S] 一部が気になり以後の思考ができなくなったもの

<力学分野>

A1	屋上から鉛直に投げ上げたら 屋上に落下するのではないか		K S
A2	「初速度 v_0 で・・・」とあると、速度が 0 から v_0 になるまでのことを考えてしまって、問題が解けない。		S
A3	地面直前で $\tan \theta = 1$ となった とき、 $\theta = 45^\circ$ 以外の角度を書 かないのか、一般角で書かない のか。		S

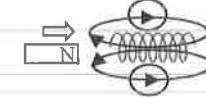
A4	おもりは、初速度 0 で動き始めるので、自由落下である。		K
A5	下の物体にはたらく重力は $2mg$ である。		G
A6	電車やバスが動き出すとき、進行方向に慣性力を感じる。背もたれが背中を押すので。		G
A7	軸が直行していない場合のベクトルの分解 ができない。（作図できない）		K
A8	ばねが x 縮んでいるとき の弾性エネルギーは $k/2kx^2 + 1/2kx^2$ である		K G
A9	外力 F の逆向きに動摩擦力 がはたらく。		K G
A10	円錐振り子で、図の向きに 遠心力がはたらく		K G
A11	力積の計算の際、ボールも バットも動いている (バットを振っている) と考えた。		K
A12	物体が台上を往復する時間 に、台と衝突する際の Δt を含めて考えてしまい解けない。		S
A13	鉛直につるしたばねのつり合いの位置にある おもりを自然長まで持ち上げ手を放すと、 おもりはつり合いの位置で静止する。 自然長とつり合いの位置で単振動する。		K G
A14	壁からの垂直抗力が大きくなつて 物体が時計回りに回転することは ないのか。		K G
A15	壁、床、物体に囲まれた空間に三 角形の物体があると思って垂直抗 力を描いた。		K S
A16	「太さが無視できる針金に質量が ある」ことが気になって、立式で きない。		S
A17	・ ちようつがいを知らない。 ・ ちようつがいが壁に鉛直に ついていて棒が水平左右に 動くと思って立式できない。		S

<熱分野>

B1	断熱容器の問題はすべて断熱変化と解釈した。	K
B2	分子が壁に衝突しなくても温度はあるのか。	G
B3	断熱膨張では気体が膨張したので気体の温度は上がる。	K G

<波分野>

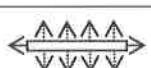
C1	定常波は進まないので速度 $v = 0$, $v = f\lambda$ よりその波長は0である。	K
C2	音源の振動数を変化させ、うなりが消えた原因は、振動数が等しくなったからではなく、大きく異なったからだと考えた。	K
C3		K
C4	弦の線密度は、断面積が大きくなると小さくなる。密度なので質量/体積だと思った。	K
C5		S K
C6	平面波の波面と射線の関係がイメージできない。	K
C7	自由端反射では定常波が生じない（先端を固定していないので反射が起こらない）と考えた。	K
C8	フィズーの光速測定で、 歯車に光を入れる方向が 歯車の側面からだと思っていた。	K
C9	レンズの倍率と像の倍率を混同した。	K

D5	◎⊗記号は電流のみに使える（磁場には使えない）と思っていた。	K
D6	変圧器の鉄芯を通して、1次2次コイル間に電流が流れるとと思っていた。	K
D7	導線内に電流が流れていないので + 誘導起電力や電場があるのか。 -	G
D8	右ねじの法則や、フレミングの左手の法則が立体的にイメージできない。	K
D9	電場中に置かれた電荷にはたらく静電気力と外力がつり合っている状態で、なぜ、電荷を動き出させたり止めたりできるのか。	G
D10	磁束密度は密度なのでスカラーである。	K
D11	相互誘導では自己誘導を考えないのか。	K
D12	磁場の変化を妨げる 向きとあるが、図の ○の部分の磁場は妨 げる向きになっていないのはなぜか。 	K
D13	コイルの単位長さ当たりの巻き数のことを、導線 1m 当たりの巻き数だと思った。	K

<その他>

E1	自分の書いた文字（長さや角度）が気になり、数分から 10 分程度その文字を見続けてしまい、授業が聞こえなくなる。	S
E2	自分の描いた図の正確さ（長さ 1mm 角度 1 度を正確に描くこと）が気になり、作図に時間を取られ、授業のスピードについていけない。	S
E3	教員の説明（新たな概念）を受け入れず、自分が現在持っている（中学校までの）知識で解釈できるように整形しようとするため、理解できなくなるか、誤概念理論を形成して納得しようとする。	S

<電磁気分野>

D1	平行板から出る電気力線を描くとき、板の厚さの部分から出るものと考えてしまい解けない。 	S
D2	電場は、電子が流れているのか。	S
D3	コンデンサーの極板間には、電子（電流）が流れている。だから電圧が存在する。	G
D4	導体が電気的に中性であるとき空欄ではなく、図のように描くと思っていた。 	K

3. 2 認知特性を意識した授業の工夫

生徒の多様な認知特性に基づく思考パターンを考察することで、教員の説明を生徒がいかに多様に理解（解釈）しているかが分かるようになる。教員が過去の事例を適切なタイミングで生徒にフィードバックすることで、生徒が他者との認知の違いを知り、自己の思考を客観視（メタ認知）することができれば、それを補正できる可能性は高まるはずである。現に「過去にこのように考えた生徒がいる」と事例を紹介すると、「自分も今までそう考えていた」と発言する生徒は珍しくない。人と違った思考やイメージを持つことは正常なことであり、そこに優

劣はないことを折に触れて生徒に伝えることで、生徒は認知特性の多様性を受け入れるやすくなる。そして、他者との認知の違いによって理解を妨げているのであれば、それを補正すればよいという学びの姿勢に至る。これは「主体的・対話的で深い学び（アクティブ・ラーニングの視点）」がなぜ重要なのかを生徒が実感する機会ともなるであろう。

事例の中には、用語の定義を再確認すれば改善できるものもあれば、教員が事例を踏まえて丁寧に説明をしなければならないものもある。転ばぬ先の杖のようにすべてを事前に説明するのではなく、あえて、生徒が誤った思考に陥った後にそれを補正する説明を行うことで効果が上がる場合もあるだろう。何より多様な認知特性を持った生徒同士が対話をすることが、思考の補正に有効であることは日常の実践の中で実感できるところである。

なお、授業を進める上で、最も考慮が必要な事例は、[S] が付いたものであろう。一部分が気になり、問題の本質にたどり着けなかったり、気になる部分を考え続け、場合によっては以後の授業が聞こえなくなったりする生徒が一定数存在することが分かってきた。本人にとってはそれが自然なことであり、意識にも上らないことが多いが、努力しているのに成績が上がらないことを悩み続ける場合もあるため、適切な対応が必要となる。仮にその原因が他者と異なる認知特性にあるとすれば、本人がそのことを認知（メタ認知）することで、改善の糸口を見つけられる可能性があると考えている。

4. 学習スタイル

学び方の個人差という観点から、学習スタイルに関する研究は、欧米では以前から盛んに行われてきた。学習スタイルの研究は複数存在するが⁴⁾、ここでは、表1に示すハニーとマムフォードによる学習スタイルについて取り上げる。学習スタイルにはそれ自体には優劣ではなく、人格を評価するものでもない。どのような状況で学びやすいかについて特性があるという理論である。2015年度本校の2年生 61名を対象に質問票により調査した結果を表2、3に示す。このように学習スタイルも多様であることが分かる。ここでは学習スタイルと学びの関係⁵⁾に言及することはしないが、教員の説明を聞いたり、教科書を読んだりすることによく学べるタイプや、対話することでよく学べるタイプなどが混在することから、授業では、生徒が多様な学びができるように工夫が必要になることは容易に想像できる。例えば、説明を口頭ですか、板書や文章を併用するなど、意識すべき事項は少なくない。

表1 Honey & Mumford による学習スタイル⁴⁾

スタイル	傾向
理論型 (theorists)	客観的・論理的であり、全体の流れを把握するのが上手だが、あいまいなこと、不確かなことを嫌い、主観的・直感的なことに耐えられない。
活動型 (activists)	柔軟性があり開放的で、新しい状況に対して楽観的であるが、結果に対する思慮深さに欠け、実際に計画を実行するにあたって、忍耐に欠ける。
実践型 (pragmatists)	物事を実践に移すのが得意で、技術的であるが、純粋な理論を嫌い、人間関係よりも任務を果たすことを優先する。
熟考型 (reflectors)	注意深く、人の意見をよく聞くが、直接的に参加をすることを避け、決断に時間がかかる。

表2 対象生徒の学習スタイル

学習スタイル	人数[人]
理論型	29
活動型	20
実践型	15
熟考型	20
合 計	84

表3 複数の学習スタイルを持つ人数

該当する型	人数[人]
該当なし	10
1つの型	28
2つの型	15
3つの型	6
4つの型	2
合 計	61

5.まとめ

生徒の認知特性を意識した授業改善は、広い意味でインクルーシブ教育につながるものと考えている。本研究が、アクティブ・ラーニングから得られた成果のひとつとして、生徒の学びを支援するための参考になれば幸いである。なお、本研究は本校物理科の中道洋友教諭と日常的に生徒の認知や授業改善についての議論することによってまとめることができたものである。ここに深く感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 福士公一朗：物理教育，63-1(2015)63-66
- 2) 本田真美：『医師のつくった「頭のよさ」テスト』，光文社新書(2012)
- 3) レディッシュ：『科学をどう教えるか』，丸善(2012)
- 4) 青木久美子：メディア教育研究, Vol. 2, No. 1, (2005) 197-212
- 5) 辰野千寿，『学習スタイルを生かす先生』図書文化社，(1989)

トーク&チョークからの脱却を試みる授業 (iPadを利用したグループワーク学習の実践)

北海道釧路江南高等学校 佐藤 革馬

Hokkaido Kushiro Konan High School Kakuma SATO

ICTの進歩が目覚ましく、チョークを使わなくても授業ができるようになった。筆者は近年ICTを用いた授業の改善に取り組んでいる。今年度、iPad proを用いて、生徒のグループワーク主体の授業に取り組み始めた。

本校の課題の一つに家庭学習時間が少ないことが挙げられる。そこで、家庭学習に頼らずとも、生徒が主体的に学び合い、授業の中で理解を深められる授業を目指した。

キーワード 物理基礎、グループワーク、主体的な学び、ICT教育

1. はじめに

本校は6間口に単位制普通高校で、文武一道のスローガンのもと、進学と部活を重視している。部活加入率は95%、3年次の進学希望者80%、そのうち大学進学希望者が半数程度である。また、間もなく創立百周年を迎える伝統校で、釧路市内の二番手校として知られている。

本校では「地学基礎」を1年次に必修科目として設置し、2年次に「化学基礎」、「生物基礎」、「物理基礎」の中から2科目を履修させている。しかし、文系希望者が多く、物理基礎を選択する2年次生は、例年20人前後しかいない。

「物理基礎」は、標準2単位のところを、4単位で実施し、専門の「物理」は3年次に標準の4単位で実施している。

本校生徒の課題の一つとして、家庭学習時間が少ないことが挙げられる。4月に実施した本校の進路希望調査から、平日の家庭学習時間が、1年次で平均68.9分、2年次は平均64.9分であり、主に、英語や国語の小テストのための課題や、数学の宿題などに費やされていた。生徒には「やらされている勉強」という気持ちが強く、「自分のやりたい学習ができない」という声も聞こえるが、家庭学習時間を増やすことに至っていないのが現状である。

2. 授業方法の変遷

筆者は高校で物理の授業を受け持つようになって15年目になるが、今年度は2年次の物理基礎と1年次の地学基礎の授業だけとなり、教員になって初めて受験生を

受け持たないことになった。

今まで、常に受験生の対応を最優先に考えた授業を開催していたので、細かい修正をしてきたものの、忙しさの中でトーク&チョーク形式の授業から脱却できずについた。そこで、この機会を活かし、今までの授業を振り返り、生徒が主体的に学べる授業へと大胆に変えていくことを考えた。

授業は、物理を通して、自然科学への興味関心を持つてもらい、物理の知識を深めることと、授業を受けることで、何らかのソーシャルスキルを身につけるもの、と筆者は考えて組み立てている。

以下、筆者の授業方法の変遷について整理する。

2.1 トーク&チョーク型授業

教員として駆け出しの頃から慣れしたんだスタイルで、知識伝達を効率よく行うことを目的としている。生徒に身につけて欲しいスキルとしては、板書した内容を、素早くノートにまとめ、記憶を整理することである。つまり、整理する力を生徒に求めた。また、ノートは、後で読み返すことができる自分だけの参考書として活用するために作成するものと位置付けて、そのため、生徒に伝わる板書の工夫と、話し方の工夫に力を入れた。

演習のさせ方も、問題集や入試問題を解かせ、それを黒板で解説し、知識の定着は宿題を出すことで、生徒の家庭学習に期待した。

授業者の視点で考えると、この授業方法は、板書案を作ることで授業者自身の知識を整理することができ、駆け出し教員の知識レベルを引き上げることにつながる。また、問題解説の板書案を作ることで、定期試験の問題

作成や進学希望者向けの講習テキストを作成するスキルが身につく。

この授業スタイルを突き詰めるほど、物理の面白さを感じる生徒が少なく、授業が速くて物理は難しい、という生徒が多くなった。

2. 2 I C T & チョーク型授業

生徒のノートを作成するスピードが遅くなったと感じるようになり、プリント学習を中心に切り替えるときに、I C Tを活用した授業に改めた。デジタル教科書をスクリーンに映し、教科書のどの部分に注目するか指示することや、プリントを実物投影機で写し、穴埋めを直接プリントに書き込むことなど、それまで黒板だけで行っていたことを、黒板とI C Tを組み合わせて使い、授業の時間をコントロールするところに主眼があった。

授業の時間に余裕ができたので、問題演習の時間に、時々、グループで答え合わせをさせ、お互いに教え合う環境を作るよう心掛けた。生徒には、わからないことを互いに教え合うようなコミュニケーションスキルを身につけることを求めるようになった。

しかし、I C Tを設置する場所として、理科実験室に固定せざるを得なかったため、生徒が板書をまとめるために、横を向くこと、実験室の椅子が座りづらいなど、授業を受ける環境としては、劣化した。また、プリントの穴埋めをする「作業時間」に成り下がる生徒も出始め、プリントを読み直しても問題が解けない生徒が増えた。記憶の整理をする面では、プリント学習よりもノート作りの方が良い、と感じた。

2. 3 I C T & グループワーク型授業

昨年度の北理研名寄大会の実践交流広場で林昭宏先生（伊達緑丘高校・当時）が、プロジェクトを荷台に載せて普通教室でも気軽にI C T授業ができる実践を紹介されていた。それを参考に、昨年度の秋から、簡易スクリーンを白のテーブルクロスで作成し、同様に普通教室でのI C T活用を始めた。また、昨年度の北理研名寄大会の研究発表で、佐々木恵二先生（旭川東高校・当時）が簡易クリッカーユニットを用いた授業実践を発表されていたので、それも取り入れ、本校でも普通教室で気軽にI C Tを活用した参加型の授業作りに取り組んだ。

さらに、ピア・サポートトレーニングの手法と、キャリア教育の「基礎的汎用的能力」の視点から、グループワーク（以下GW）を授業の中心に位置付けられるように、昨年度の終わりに試行的に授業を行った。

今年度の授業開きで、生徒には、物理基礎の授業は、

考えることと話し合うスキルを身につけるために、G Wを主体とした授業を行うことを説明した。また授業に参加することで、家庭学習に頼らず、授業の中で疑問を解決していくことが深い理解につながる、という話をし、G Wに積極的に取り組むことをルールとした。

3. 生徒の反応

6月に本校全教科で実施した授業評価アンケートの結果を見ると、物理基礎では非常に良好であった。

表1 6月授業評価アンケート（物理基礎16名）

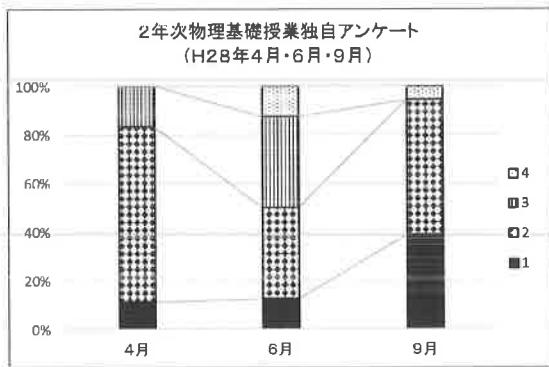
（評価1…そう思わない ⇄ 4…そう思う）

質問1	この授業は生徒間で知識や考えを交流する等 自主的協働的な学習場面がある。（平均4.0点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	0	16
質問2	この授業は目的、学習方法について具体的な 指導がなされている。（平均3.6点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	6	10
質問3	この授業は教材や課題がよく整理され、学習 しやすい。（平均3.8点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	3	13
質問4	この授業の指示や説明はわかりやすい。（平 均3.8点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	5	11
質問5	この授業担当の先生は、生徒の意見や質問、 疑問に、丁寧に対応してくれる。（平均3.9点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	1	15
質問6	この授業は、教科への関心や意欲の高まりや 学力・技能の向上を感じる。（平均3.5点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	8	8
質問7	私は、この授業の授業中、学習活動に積極的 に参加している。（平均3.6点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	6	10
質問8	私は、この授業で、質問したり、調べたりなど 理解に努力している。（平均3.6点）			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	6	10

ただ、質問6で、「ややそう思う」と回答した生徒が半数いるため、関心を高めるようなGWのテーマ設定や、生徒自身が学力向上を実感できるような問題演習の工夫が必要だと思われる。

4月、6月、9月に実施した理科独自の授業アンケートと授業の難易度について比較すると、前年度の必修理科科目である地学基礎（4月調査）、物理基礎の導入単元としてエネルギーの利用のGW（6月調査）に比べると、力学分野の単元に入った9月調査で「難しい」と感じる生徒が増加した。

図1 理科授業独自アンケート「授業の難易度」
(評価1…難しい ⇄ 4…易しい)



しかし、グループワークを中心とした授業そのものが楽しいと感じる生徒も増加し、9月に追加した質問項目「物理基礎のような、グループ学習を中心とした授業形式に満足していますか」の平均3.7点で、生徒が主体的に、対話的な学びを通じて、物理基礎を理解しようとする姿勢が見られた。

図2 理科授業独自アンケート「授業の楽しさ」
(評価1…つまらない ⇄ 4…楽しい)

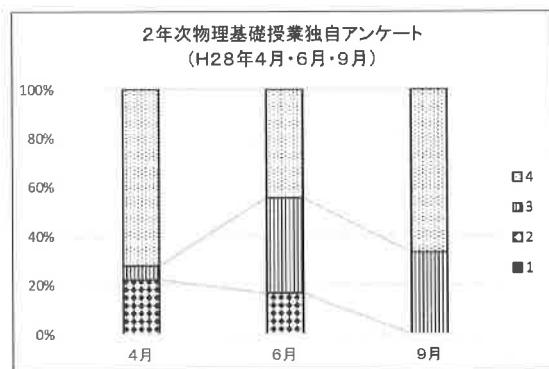


表2 9月授業独自「グループワークの満足度」

(評価1…不満 ⇄ 4…満足)

質問1	物理基礎のような、グループ学習を中心とした授業形式に満足していますか。(平均3.7点)			
評価	1	2	3	4
人数	0	0	6	12

4. 今年度の授業方法

iPad Pro 9.7インチモデル（以下iPad）とapple pencilを購入し、GoodNotesというアプリを使ってノーチョークの授業を行っている。

4. 1 授業準備

1	授業プリントを作成
2	iPadにPDFファイルを取り込む
3	プロジェクターを教室に設置

- ① 授業プリントはA4両面印刷で作成し、パンチで穴を開けておく。1コマの授業で1～2枚進む分量にしておく。生徒には予めノートではなくファイルを用意させ、プリントを綴じ込むように指示しておく。
- ② 授業プリントと問題演習プリントをPDFファイルとしてiPadに取り込む。パワーポイント形式でもワード形式でも構わないが、PDFファイル形式が、GoodNotesと相性が良く書き込みやすい。
- ③ 荷台に載せたプロジェクター（延長コード、小型スピーカーも運ぶ）を教室に運ぶ。簡易スクリーン（今年度は全ての普通教室に公務補さんが作成した簡易スクリーンが設置された）を黒板に引っかけて、プロジェクターとiPadを接続する。慣れると5分程度で、すべての設置が終わる。

図3 移動式投影機



簡易スクリーンは、塩ビ管に切れ込みを入れ、そこに白いテーブルクロスを挟み込んで巻き付けたものである。テーブルクロスはホームセンターで購入できる。

4. 2 授業の流れ

	ねらいの説明
前半 15～25分	グループワーク
後半 20～30分	解説

- ① プリントを配布するときに、前回の確認と、今回の内容について5分以内で説明する。ここでは、授業のねらいを明らかにする程度に留める。
 - ② プリントの穴埋めや、例題の解き方を考えることをGWで行う。GWでは「間違っても良いから、自分の考えたことを話して、共有する」ことを繰り返しルールとして伝える。また、教科書を読み込んでもわからないときであっても、グループの中で話し合い、こう思う、こう考えた、と意見交換し、教員に頼らないように指示する。GWは15～25分にし、iPadのタイマーアプリを使ってスクリーンにタイマーを表示させておく。
 - ③ プリントの解説を残りの時間で行う。抽象的概念の形成が難しいので、単元の最初は、生徒がどのように考えたか確認した上で、教員がプリントの解説を行なう。例題の解説は、グループから発表する生徒を出してもらい、生徒が黒板に解説を書く。

④ iPad に書き込んだ内容が、板書の代わりとしてスクリーンに映し出される。書き込んだ内容は、iPad に保存されるので、「板書」が手元に残る。必要に応じて、「前回の板書」「以前の板書」を映し出すことができるで、生徒も繰り返し授業の内容を確認できる。

5. おわりに

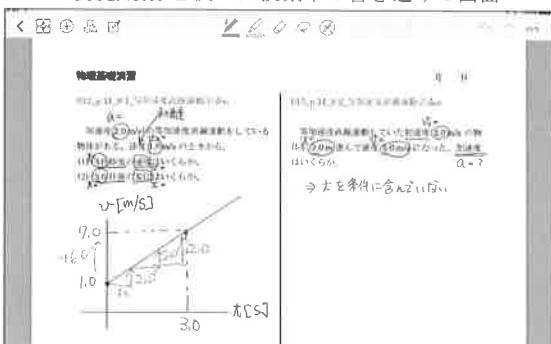
iPad pro は本校のように、設備が不十分な校舎でも、幅広い授業ができる可能性を秘めているツールである。ただ、道具を使うことが授業改善になるのではなく、生徒にどのような能力を身につけさせたいか、授業者が具体的に設定し、授業設計することが大事だと思っている。

引用文献) 佐藤革馬: トーク & チョークからの脱却を試みる授業~ i Pad を利用したグループワーク学習の実践~, 北海道の理科 No.59, 2016

図4 物理基礎の授業の様子（普通教室を使用）



図5 GoodNotesを使った授業中の書き込みの画面



グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告

札幌第一高等学校 山田高嗣
Sapporodaiichi High School Takatsugu Yamada

授業「物理基礎」においてグループワークを取り入れ、さらにプロジェクターを用いたことにより様々な説明が可能となった。定期試験の前後についてもグループワークを取り入れる工夫を行った。また、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、説明後の理解度が高いと高得点となり、教えることをしないと得点が上がらないことなど、様々な結果がわかつた。

キーワード アクティブラーニング、グループワーク、プロジェクター、振り返りシート

1. はじめに

近年、アクティブラーニングという学習方法を用いることにより、知識・技能だけではなく、思考力・判断力・表現力を育成するための教育プログラムが研究され、そして全国各地で実践されている^{1) 2)}。

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を感じられる。そこで、グループワークの手法を用いて、2014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³⁾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。

本研究では、1年生対象の授業「物理基礎」において、プロジェクターを用いるなど授業方法を発展させて実施した。また、生徒の自己評価（振り返りシート）と学力との関係についての分析も行った。

2. 新たな授業方法

2015年8月より新校舎に移転したのを契機に、全教室で黒板からホワイトボード（白板）に変更となった。この白板は表面が特殊な加工がされており、スクリーンとして併用できるものである。そして、気軽にプロジェクターが使用できる環境が整つたので、早速利用することとした。

授業の進め方は次のとおりである。

授業前	プロジェクターを設置すると共に、投影内容、「本日のミッション」、「本日のレポート」が書かれたプリントを配布する。
3分	挨拶、出席確認
10~15分	プロジェクターを用いて、教科書内容を説明する。
15~20分	「グループワーク」「本日のミッション」と称した課題を3~4題提示し、グループで相談しながら解くように指示する。机間巡視。(ファシリテート)
2~3分	「確認テスト」の実施 その日に演習したものと同じ問題を1~2題出題する。
3~5分	「本日の振り返り」を記入させる。その後、「確認テスト&振り返りシート」を回収する。 なお、2年生や3年生に対しては、この時間帯に「本日のレポート」プリントを配布し、次回回収する。
5分 (終了)	座席を元に戻すように指示した後、「全体に説明しておいた方がいいと思われる質問の回答」、「本日のポイントのおさらい」等を伝える。

また、各時間帯で工夫している点は以下のとおりである。

- ・プリントの配布は、プロジェクターの準備中に生徒へ依頼する。
- ・投影したスライド内容はプリントに掲載し、生徒へ配布した上で説明をする。ノートを書く必要がなく、書き漏らしもないで、「安心感」を生徒に持たせることができる。その上で、教員の説明に集中することができる。説明時間もこれまでよりも大幅に短縮でき、集中力が維持できるように、説明は15分以内に完了することとした。
- ・「確認テスト」は、机はグループの形のまま実施し、さらに白板に公式や解答手順などを記載して行う。万一解法を忘れてしまった場合も、解く手がかりは見ることが可能である。生徒へ「安心感」を持ってテストに取り組んでもらう工夫をしている。
- ・振り返りシートなどを回収するときは、グループ単位で集め、次回にグループ単位で返却する。そのため、グループ毎の取り組み状況やテスト結果が把握しやすい。
- ・グループワークを取り入れる理由について以下の内容を事前に生徒へ説明した。

- ①（例え苦手でも）授業が楽しくなる
- ②苦手をなくすため（わからない人を減らすため）
- ③学習の定着率を上げるため
- ④社会に出たときのため（就職して、生きていくため）
- ⑤「学校で学ぶべきこと」や「授業の参加方法」を知ってもらうため

3. 定期試験前後の新たなグループワーク

定期試験が近づくと、試験に向けた解説や自学自習を行う授業がこれまで多かったが、グループ学習を新たに導入した。各グループにワークシートを配布し、試験範囲のポイントをまとめ、予想問題を5題選出してもらう。このシートを利用することにより、単なる自学自習の時間ではなくなったり。また、教員側から的一方的に要点を伝えるという授業よりも主体性が高い。回収したワークシートは全員分印刷して配布し、情報の共有化を図る。

定期試験後には答案をすぐには返却せずに、必ず復習させた。新たに解答用紙を配布し、グループで相談しながらすべての問題に対して答えを埋めるように指示する。その後、模範解答を配り、答案を返却する。

一方、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）を記入させている。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もある。

4. 実施後の変化

プロジェクターを用いることにより、説明時間が短縮でき、さらに映像を見せることも可能となった。スライド数は1回あたり4枚を基準に準備をしておくと、説明時間のばらつきもなくなってきた。

「確認テスト」を実施することにより、生徒にとってはその日の目標が具体化した。また、生徒自身が授業の要点が確認でき、理解度を測りやすくなった。

5. 「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した。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。12月と3月に行った結果の一部を図2~7に示す。これらの結果を分析すると、以下の傾向が見られた。

- ・図2と図3からは、説明後の理解度が高ければ高得点である。
- ・図4と図5からは、教えることをしていないと得点が上がらない。
- ・図6と図7からは、私語の有無は得点に関係なさそうである。
(以下は紙面の関係で掲載できないが、各比較結果からわかつてきることを列記する。)
- ・まだまだ集中して説明を開けていない。
- ・グループワーク後の理解度は、12月よりも3月の方が上がっている。
- ・質問の有無や、相手の意見を聞くことに関しては、得点にあまり関係なさそうである。
- ・「みんなが理解する」「討論する」「教え合う」の意識はまだまだ高くない。
- ・確認テストの正答率が低い人は、得点が低い。3月は12月よりも正答率が上昇した。
- ・レポートに取り組む人は、高得点である。

「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つた	どちらかと言えば 集中できていなかつた	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つた	どちらかと言えば 理解できていなかつた	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つた	どちらかと言えば 理解できていなかつた	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つた	どちらかと言えば 質問できていなかつた	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つた	どちらかと言えば 聞くことができていなかつた	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つた	どちらかと言えば 教えていなかつた	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 雑談の時間が多かつた	どちらかと言えば 雑談はほとんどなかつた	ほとんど雑談はなかつた
(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つた	どちらかと言えば 意識していなかつた	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？ <small>裏面「ラーニング・ピラミッド」</small>			
あまり意識していなかつた	どちらかと言えば 意識していなかつた	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つた	どちらかと言えば できていなかつた	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つた	どちらかと言えば 復習できていなかつた	どちらかと言えば 復習できていた	概ね復習できていた
(12) 今後の授業では、どのようなことを意識して受けようと思いますか？ 【回答は自由形式】			

図1. 定期試験終了時の「振り返りシート」

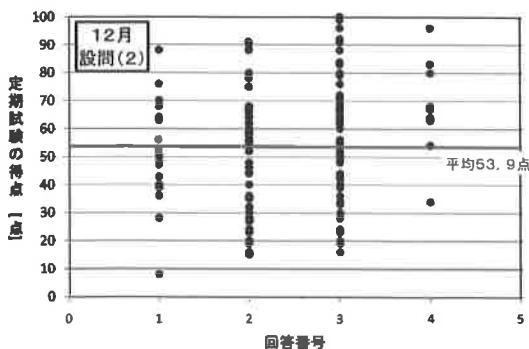


図2. 比較結果（説明後の理解度・12月）

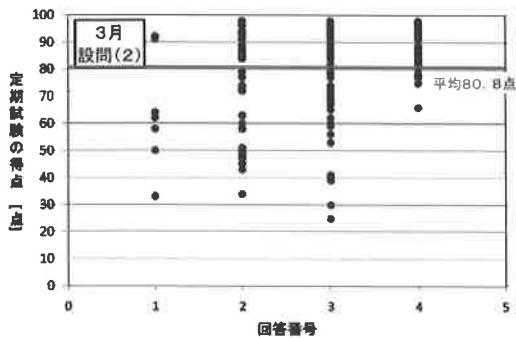


図3. 比較結果（説明後の理解度・3月）

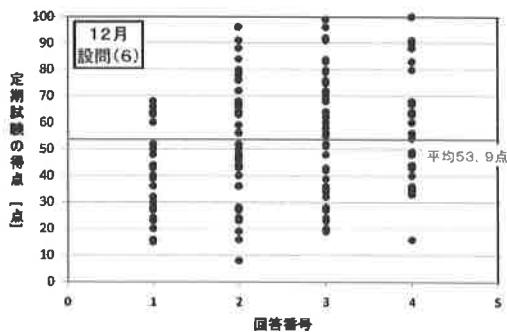


図4. 比較結果（教えていたか・12月）

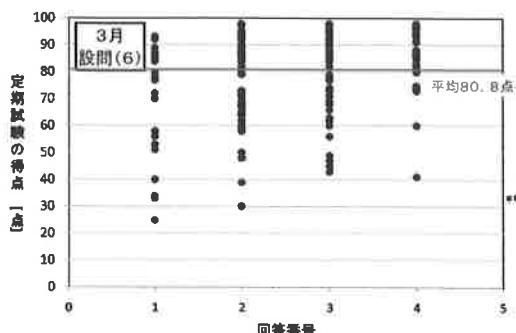


図5. 比較結果（教えていたか・3月）

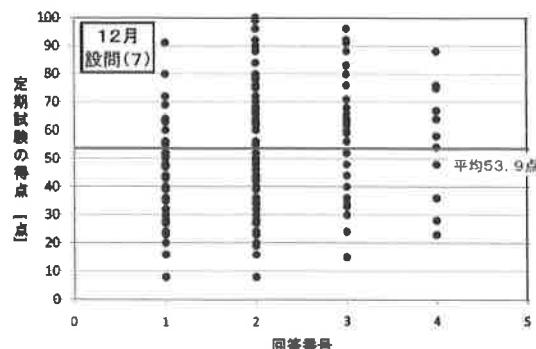


図6. 比較結果（私語・12月）

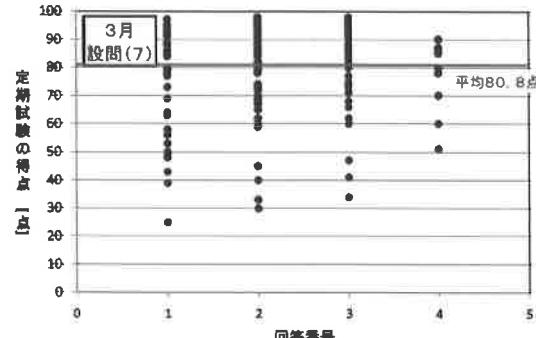


図7. 比較結果（私語・3月）

6.まとめ

これまでのグループワークの授業の中に、プロジェクトを用いて説明することにした。その結果、説明時間は短縮できた他、映像などを見せやすくなったり。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については、今後の課題である。最後に、スライドのデジタルデータが蓄積されてきたので、将来は情報端末を活用することも視野に入れている。

引用文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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

交流電圧と電流の位相差を示す実験について

(実感を伴う理解のための指導の工夫)

北海道浜頓別高等学校 佐々木 淳

高校物理では交流の電圧と電流に位相差があることを図と数式のみで示すことが多く、実験が省略されることが多い。そのため生徒は、交流を入力信号や回路素子により変化するダイナミックな現象と実感していない可能性がある。そこで本稿では、交流に関する実験を通じ実感を伴う理解を図る指導上の工夫について述べる。

キーワード 交流回路、位相差、インピーダンス

1. はじめに

高校物理では交流電圧と電流の位相差を、図1の回路図を使って数学的に示す。具体的には、回路にキルヒホフの法則を適用し、得られた恒等式から位相差 ($\frac{\pi}{2}$) を導く。理論を検証する実験は行われないことが多い。その結果、生徒の多くは「そういうことになっている」という天下り式の説明を受け入れることになり、授業は質疑のやりとりの無い「非アクティブ」なものになる。

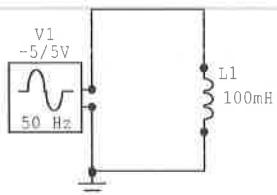


図1 回路図

この扱いには課題が2つある。1つは、「実験はやらないが、図1の回路を使えば確かめられるはず」という誤ったメッセージが生徒に伝わるおそれがあること。もうひとつは、計算で得られた位相差の解 ($\frac{\pi}{2}$) が強く印象に残ることにより $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$ の範囲内の任意の値をとることが見過ごされることである。

課題を解決するには、授業の中で「なぜこの回路を使うのか」、「なぜこの回路で検証実験ができないのか」、「どう工夫すれば検証できるのか」など生徒が疑問に感じるとと思われるポイントを想定し思考を促すとともに、納得できる説明を与える必要がある。そのためには実験を取り入れた授業をどう工夫すべきか。以下では、このことについて述べる。

2. 実践概要

2. 1 実践の背景

アクティブラーニングの観点を取り入れ、生徒の主

体的な学習姿勢を重視する授業を目指すとき、授業の中に据えなければならないのは生徒の思考の流れと彼らが感じる疑問を掬い上げることであり、上意下達のような知識の伝達ではない。「交流回路」は、そのような観点から見直しが必要な単元のひとつと言える。

例えば、実験をせずに数式によって授業を進める場合は、そうする理由を生徒に説明しなくてはならない。もちろん誰の目にも明らかな時は不要だが、図1の実験ができない理由は生徒にとって自明ではない。これは、抵抗Rを0とした理論上の回路である。現実の回路では、抵抗を使って電流をコントロールしなければならないので、これでは実験ができない。この説明を受けてはじめて生徒の思考の流れは「実験をどう工夫すれば理論を検証できるのか」というテーマに向かう。

幸い、今では実験機器が進歩し、一昔前では考えられなかった実験を工夫することができる。これは、生徒が微分方程式や複素数、ベクトル表示等に習熟していないとしても、位相を実感する手立てがほかに考えられることを意味している。

2. 2 定性実験

まず、位相差を実感させることを目的とする定性実験を行った。ここでは、RL回路を基本としながら、可変抵抗を使い抵抗の大きさを徐々に0に近づけることにした。抵抗の最大値は1kΩ、最小値は2Ωである。回路図(図2)と装置(図3)を以下に示す。

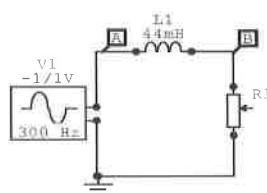


図2 RL回路

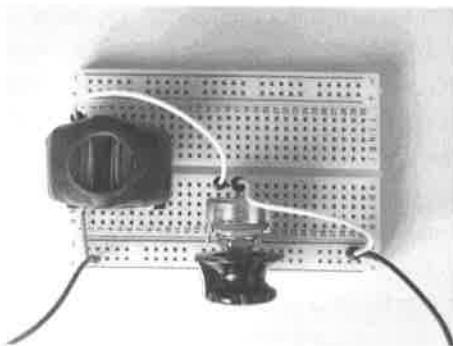


図3 定性実験の装置

装置は、ブレッドボードにコイル（自己インダクタンス 44mH）と可変抵抗を配置したもので、これに正弦波（1V、300Hz）を入力した。測定は回路図の[A]、[B]2カ所でオシロスコープを使って行った。[A]では入力信号の電圧を、[B]ではコイルの出力部分の電位を測定した。機器の都合から電流を測定できず、代わりに電圧を記録したことを付記する。

2. 3 定量実験

次に、位相差の値と変化の読み取りを目的とする定量実験を行った。装置は図3の回路から可変抵抗を外し固定抵抗（ $1k\Omega$ 、 51Ω 、 1.5Ω ）で置き換えたものである。装置を以下に示す（図4）。

位相差は、オシロスコープの横軸（時間軸）を使い、時差を読み取った。単位は [μs] である。

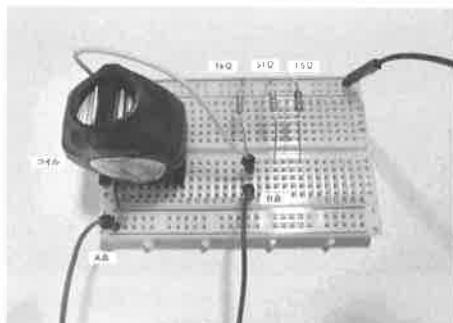
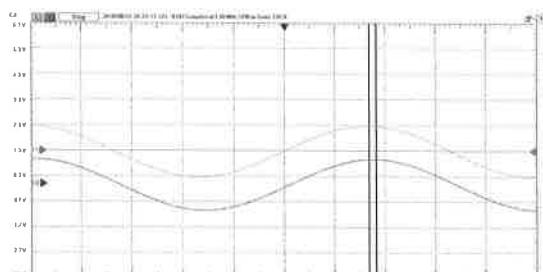
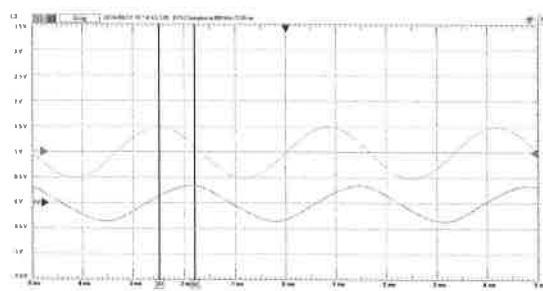
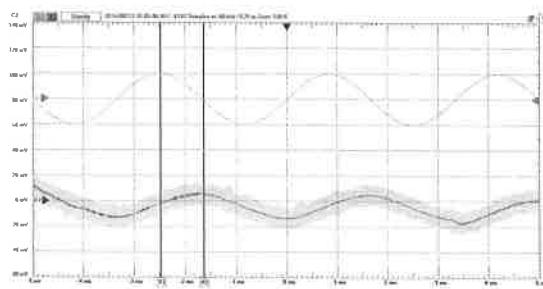


図4 定量実験の装置

2. 4 結果

定性実験と定量実験により、抵抗値の変化に伴い2つの波のピーク間の距離が変化することを確認できた。結果を図5、6、7に示す。

中央の変化しない波が[A]の電圧で、振幅が大きく変化する方が[B]の電位である。

図5 $1k\Omega$ 図6 51Ω 図7 1.5Ω

カーソルは2つの波のそれぞれのピークを示している。図5では位相差を際だたせるため横軸（時間軸）のスケールを図6、7の2倍に拡大した。図6、7では電位の大きさを際だたせるため縦軸（電圧）のスケールをそれぞれ図5の2倍、50倍に拡大した。

デジタルオシロスコープを使って測定した位相差の値を下表に示す。

R1 [Ω]	位相差 Δx [μs]
1000	70.0
51	695
1.5	820

表1 測定値

2. 5 評価と分析

実験では次の3点を確認することができた。

- ① $1k\ \Omega$ では 2 つの波はほぼ重なる。このとき位相差はほぼ 0 に等しい。
 - ② 抵抗を小さくすると **B** で測定した波のピークは入力信号 **A** のピークから離れ右に動く。横軸は時間軸なので、このことは **B** の電圧が入力信号より遅れていることを示す。これは、入力信号が **B** の電圧よりも進んでいる、と言い換えられる。
 - ③ カーソル間の幅から、抵抗を小さくすると位相差が大きくなることがわかる。
- B** の「電圧」の波は、スケールは異なるが「電流」と同じなので、教科書の次の記述の裏付けが得られる。

コイルに加わる電圧の位相は、コイルに流れる電流の位相よりも、 $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる。

ただし、 $\frac{\pi}{2}$ という値は定性実験では推定できないのでデータを加工して推定する。その手順と結果を以下に示す。

- ア 位相差の単位を時差 [μs] から角度 [rad] に換算する。
- イ 角度の単位を [rad] から [$^\circ$] に換算する。ただし精密さにはこだわらず、三角関数表に当てはめて角度の範囲を読み取ることを目指す。
- ウ 回路シミュレータを使って理論値を求め、イで読み取った値と比較する。

精度にはやや粗さがみられるが、位相差が $0 \sim \frac{\pi}{2}$ の範囲内にあると示す根拠としては十分と考える。

R1 [Ω]	測定値 dx [μs]	位相差 ϕ [rad]	位相差 θ [$^\circ$]
1000	70.0	0.132	7 ~ 8
51	695	1.310	75 ~ 76
1.5	820	1.546	88 ~ 89

R1 [Ω]	理論値 dx [μs]	位相差 ϕ [rad]	位相差 θ [$^\circ$]
1000	46.7	0.088	5 ~ 6
51	533	1.005	57 ~ 58
1.5	807	1.521	87 ~ 88

表 2 測定値と理論値の比較

3. 考察

3. 1 位相差の指導について

以上の結果から、実験を取り入れて交流回路の授業を

改善できるという見通しが得られた。この実験を生かすことにより、授業では理論を示した後に実験で検証する展開はもとより、実験で現象を示した後に理論で境界値を確認する展開も可能になるなど、選択の幅が広がる。

実験では理論値を求めるため、「Circuit Maker」という回路シミュレータのソフトウェア(図 8)を利用した。本来であればここは交流のベクトル表示を利用して角度を求めるべきだが、敢えてそうしなかった。それは、これまで位相差が数学の証明問題のように導入されてきた背景にはベクトル表示があると考えるからである。

誘導リアクタンスに関する電圧ベクトルと抵抗に関する電圧ベクトルは直交する。この根拠を高校生が理解できるよう説明するのは難しい。多くの学校では、理屈はさておき便利なツールなので利用するように、と説明するにとどめると思われる。これでは位相差がブラックボックスから生まれることになる。それならば、まず位相差を実験事実として確認し、次にそれをコントロールする条件を探り、最後にそれがベクトル表示と矛盾しないことを示すことで、ベクトル表示をより実用性の高いツールと紹介する方が良いと考える。

参考のため、ベクトル表示による理論値を以下に示す。

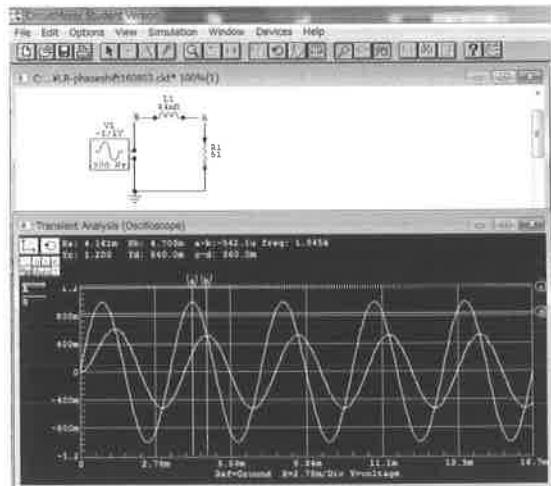


図 8 回路シミュレータの画面

R1 [Ω]	ωL [Ω]	$\tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R1}\right)$	位相差 θ [$^\circ$]
位相差 ϕ [rad]			
1000	82.938	0.083	4 ~ 5
51	82.938	1.019	58 ~ 59
1.5	82.938	1.553	88 ~ 89

表 3 ベクトル表示による理論値

3. 2 アクティブ・ラーニングについて

実験を取り入れて授業を行う際の工夫を紹介する。

生徒実験を行う場合は、1グループに1セットの発振器とオシロスコープを用意する必要がある。しかし、学校事情により装置が揃わないことがある。その点を踏まえ、本実験はコンピュータ（ICT）を使用して行った。

具体的には、「Analog Discovery」という、発振器とオシロスコープの両方の機能を持つソフトウェアを利用した。これには、波形をプロジェクタに投影しクラス全員で観察できるという利点がある。さらに、実験結果をハードコピーして保存しスライドに利用できることも利点である。これにより、実験ができない場合でも生徒に結果を示すことができる。プロジェクタで拡大表示し、結果を予想させながら現象をコマ送りで見せる。これまでの指導では位相差を1枚の波形画からイメージさせることが多かったが、今後は複数のコマ送りアニメーションを使い、進めたり止めたり戻したりしながら説明できる。

位相差の換算では、関数電卓を使わず三角関数表から数値を読み取った。このねらいは、生徒に換算のしくみを振り返らせること、及びデジタル機器への極端な依存を防ぐことにある。理科年表を活用するなどアナログ的にデータを処理する実習を課すことにより、理科と数学の両方のスキルを高めることができる。

3. 3 課題

課題は2つある。ひとつは電圧と電流の位相差をテーマしながらも電流を測定できず、電圧のみを測定することになった点である。生徒にとって電流が小さくなつたことから抵抗の大きさを推測できる方が良く、その後のインピーダンスの学習にもつなげやすい。今後は電流を測定して示せるようさらに工夫したい。

もうひとつは、実験のバリエーションを増やすことである。例えば、抵抗値を固定したまま、自己インダクタンスの異なる複数のコイルを使って位相の変化を確認する実験が考えられる。さらには、コンデンサを含むRC回路での実験や、その応用としてコンデンサの容量を変えて行う実験などが考えられる。

4. まとめ

交流電圧と電流の位相差を数式だけで示す授業を改善するため、実験及びそれを授業に生かす方策について検討した。

検討の過程を通じ、交流回路に関する学習が実験や観察を通して実感できるものになつていないと感じた。

それは、大学生ならば習熟しているはずの数学を高校生に対して使うことができないことによる苦渋の選択の結果かもしれない。しかし、学習指導要領に「目的意識をもって観察、実験などを行い、物理学的に探究する能力と態度を育てる」とある以上、今後はますます観察、実験の開発など、旧来の指導方法を越えるための努力が求められるだろう。それにはICT機器の活用やアクティブ・ラーニングに対するより深い理解が必要である。

現時点ではまだ教材開発の段階を出ておらず、授業での生徒の反応は得られていない。今後はこれを汎用性の高い教材、指導方法に仕上げることを目指して授業実践に取り組んで行きたい。

2点間距離38.6cmでの加速度測定実験

(旧型「ビースピ」の再利用)

北海道江差高等学校 河田淳一

加速度を測定する実験については2点間の速度測定で求めることができる。公式に代入するため50cmで行うことが多い。一方、ハドソン製速度測定玩具「ビースピ」の旧タイプでは時速で表示されるため、時速一秒速変換でつまづく生徒も多い。係数を工夫するという発想で2点間の速度測定を行なったところ、時速データから簡単に加速度を求めることができるという結果を得た。

キーワード 加速度公式 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ ビースピ

1.はじめに

先人も数多くこのタイプの実験を指導してきたが、切りのいい間隔でグラフを描かせたり、速度変換を生徒に要求する場合が多い。数学を苦手とする生徒は実験の意義を計算の過程で見失う場合も多々見受けられる。生徒が確実に結果を出せるように

- ① 実験空間を38.6cmに設定する。
- ② 時速一秒速変換は行わない。
- ③ 数学で学んだ因数分解を最大限活用する。
- ④ 装置をユニット化し、多方向から測定する。

2.方法

2.1 なぜ38.6cmなのか

任意の2点の速度から加速度を求める公式は

$$v^2 - v_0^2 = 2ax \quad (1)$$

である。一般に式(1)に距離 $x=0.5$ [m] を代入して右辺の係数を1にしようとすることが多い。

あくまでも v [m/s]、 v_0 [m/s] の秒速だからこそ成立する公式であり、時速で表示される速度計測玩具「ビースピ」を使った実験では時速一秒速変換が必要になる。データとして時速 V [km/h]、 V_0 [km/h] が与えられた計算を苦手とする生徒の戸惑いは計り知れない。彼らは時速一秒速変換計算以外に自乗計算でも混乱することが多い。

ナリカ製の最新型の「ビースピ V」は秒速に対応しているが、ハドソン製の旧型「ビースピ」の普及率も考慮

し時速モードで処理する。時速一秒速変換のため

$$v = V/3.6 \quad (2)$$

時速 V の値を3.6で除する。式(2)を式(1)に代入し、距離を新たに X [m] として計算すると

$$(V/3.6)^2 - (V_0/3.6)^2 = 2ax$$

$$\therefore V^2 - V_0^2 = 25.92ax \quad (3)$$

式(3)より $X = 1/25.92 = 0.038570\cdots$ [m] に設定すると右辺が a となり、時速データの単位を無視し数値をそのまま使用して加速度を求めることができるが、0.038570… [m] ≈ 3.86 [cm] となり生徒の実験空間には向かない。

そこで距離を10倍し38.6 [cm] の手頃な実験空間に設定し、更に左辺を数学で学んだ因数分解で変形すると

$$(V + V_0)(V - V_0) = 25.92 \cdot a \cdot 0.3857$$

$$= 10a \quad (4)$$

生徒は38.6 [cm] の実験空間にて測定データの値の和と差を掛けることで、加速度の10倍の値 $10a$ を簡便に計算できるようになる。10で割れば真の加速度が出る算段になる。データの和と差を求める段階で末尾が0になる場合もあり、計算が単純になりうる。

2.2 測定器ユニットの材料・工具・測定物

生徒に初步の力学分野の指導が終わった後で実験として提示した。

材料・工具

- ① 100cm 程度の黒板用定規など（手頃な木片で充分）
- ② 時速測定器ビースピを 2 台、必要に応じて高さ調節のゲタを履かせる
- ※秒速が測定できる新型であっても、あえて時速モードに設定
- ③ 長めの玩具レール（プラレールなど）
- ④ 布テープが固定に便利

組立手順

- ① 玩具のレールを 100cm 程度の定規や木片に固定する。
- ② 任意の位置に 1 台目の時速モードの測定器を固定する。
- ③ 38.6cm 離した位置に 2 台目の時速モードの測定器を固定する。

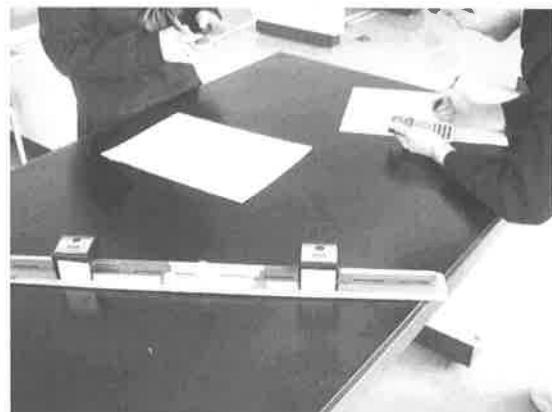


図 1 装置組立例

測定物

- ① 無動力系：球体（ビー玉など）ミニカー
- ② 動力系：ゼンマイ式のチョロQなど
- ③ 射出系：玩具の銃など

2. 3 代表的な実測値

確認のため小球の鉛直投げおろしで任意の初速を与えた測定を行うと

<i>V</i>	<i>V₀</i>	和	差	積	1/10
11.79	6.43	18.22	5.36	97.6592	9.8
12.17	7.14	19.31	5.03	97.1293	9.7

更に 1 台目を廃し、小球の 38.6cm 自由落下を測定する
と

<i>V</i>	<i>V₀</i>	和	差	積	1/10
9.91	0	9.91	9.91	98.2081	9.8
9.87	0	9.87	9.87	97.4169	9.7

重力加速度が 9.8m/s^2 前後のかなり信用できる値を測定できた。

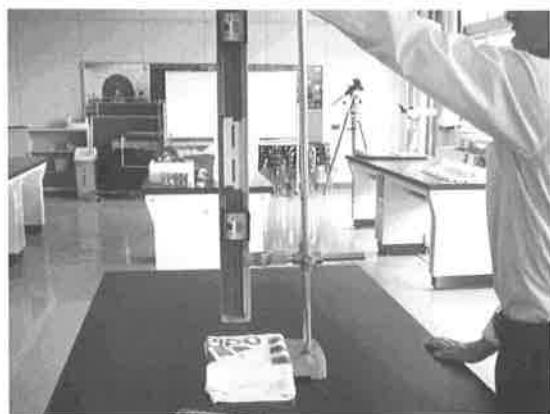


図 2 鉛直方向での測定

下から玩具の銃で打ち出し、鉛直投げ上げを測定する
と絶対値が 9.8m/s^2 より大きめの値になる。

<i>V</i>	<i>V₀</i>	和	差	積	1/10
9.99	14.45	24.44	-4.46	-109.0024	-10.9
13.13	16.81	29.94	-3.68	-110.1792	-11.0

動力付きの「チョロ Q（ゼンマイミニカー）」では水
平で $2\sim3\text{m/s}^2$ となる。

<i>V</i>	<i>V₀</i>	和	差	積	1/10
2.99	6.18	9.17	3.19	29.2523	2.9
5.77	3.05	8.82	2.72	23.9904	2.4

動力のない「ミニカー」や「ビー玉」では 0m/s^2 の等
速運動になるはずだがころがり抵抗や摩擦抵抗がある。

<i>V</i>	<i>V₀</i>	和	差	積	1/10
4.27	5.03	9.3	-0.76	-7.068	-0.7
1.82	2.42	4.24	-0.6	-2.544	-0.3

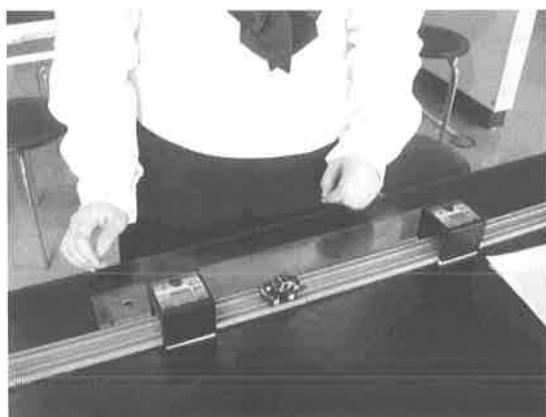


図3 水平方向での測定

3.まとめ

3.1 生徒への効果

2年生の選択「物理基礎」で実施し選択者全員測定に成功する。データ処理計算もスムーズに行えた。また、教育実習生にも体験してもらった。

- ① 鉛直方向下向きでは重力加速度を簡便かつ正確に測定できる。
- ② 水平方向で動力を持つものは加速する。
- ③ 水平方向では動力を持たないものは加速しない、むしろ各抵抗で減速する。

これらの結果から、加速は $a>0$ ・等速は $a=0$ ・減速は $a<0$ の概念を直感的に理解できる。

データ処理の簡素化により計算に翻弄されることなく実験を行うことができる。

ユニット化されているので鉛直・水平方向以外に斜め方向などでも活用できる。

3.2 展望

ハドソン製の旧型の「ビースピ」は時速モードしか搭載していない。これが発売された1990年代後半当時に日本中の物理教師が飛びついたのも記憶に新しい。

様々な加速度測定実験が提案されてきたが難易度の高い実験が多く、計算やグラフを課すもの多かった。確かにデータ処理にグラフを描き考察することは重要だが、数学を苦手とする生徒にはかなりの苦痛となる。データ処理においても 50cm で行う場合には時速一秒速変

換で除算するときに誤差が混じり自乗することで誤差も増えということを繰り返し、計算結果に満足がいかない場合が多かった。

今回提案した方法の利点は単位を無視するために係数を変更するという暴挙ではあるが、我々の生活においては時速の方が使用頻度が高いのも事実であり、更に「数学」で学んだ因数分解を活用し、測定値の和と差を積算するだけで加速度の10倍の値が出ることに尽きる。仮に測定値の末尾が2つとも5になれば和も差も一桁減るので更に計算が楽になる。

ナリカ製の最新型のビースピは時速セード・秒速七一の切り替えもできるので 50cm で実験することもできるが、38.6cm という限定された空間では 50cm で行つてきた場合より射出時の衝突が減るため測定に成功しやすくなっている。やはり時速モードで使用したい。

引用文献) 河田淳一: 「2点間距離 38.6cm での加速度測定実験」, 北海道の理科, No.59-2016-8, p.9~11

力学台車の実験に関するグラフの作成

北海道根室高等学校 佐々木 滌

高校物理の初期の力学において、力学台車の実験で運動の法則をグラフの統計処理によって導くことがよく行われる。力学台車の実験を実践例として、グラフの作図やその統計処理について物理現象の理解を深化させる方法を探る。

キーワード 力学台車、運動の法則、グラフ、統計、動摩擦力、距離センサー

1. はじめに

数学科の先生と教育課程における「統計」について話し合ったところ、統計処理の基本的な内容を扱っているのは、数学Ⅰのデータの分析で行っているとのことである。新課程の学習指導要領¹⁾によれば、その目標としては「中学校で扱っている資料の平均や散らばりの考え方を更に発展させて、分散、標準偏差、散布図及び相関係数などを扱う。」や「データのばらつきや偏りなどデータ間の関係について、適宜コンピュータなどを用いてデータを整理し、数学的に考察し説明ができるようにする。」が挙げられている。

物理におけるデータの取り扱いと似ているところもあり、参考になった。ただし、扱っている具体例が身長と体重、成績と学習時間など、物体の運動などの自然現象そのものを扱っていないことが、物理教諭としては物足りないと感じた。

2. 所属校について

北海道の東端に位置し、普通科3間口、商業科・事務情報科各1間口の計5間口で、根室管内の中心校の1つである。なお、1年後の平成29年度に市内の根室西高校と統合し、単位制の新設校に生まれ変わることが決定している。

物理基礎を選択履修する生徒は、2学年の理系大学・看護学校志望クラスの全員であり、物理を選択履修する生徒は、前年度物理基礎履修者の内、理工系大学志望で生物との選択で物理を選んだ生徒である。

本年度、私は物理基礎のみを担当し、物理は担当していない。また、物理基礎の担当クラスは、理系大学・看護学校志望クラスの内、理系大学進学希望組の方を担当している。

3. 力学台車の実験

実験 力学台車を引っ張ったときの運動²⁾

目的 さまざまな大きさの張力で力学台車を引っ張ったときに、運動の状態がどのように変化するか調べる。

準備 力学台車、タイマー、カーボン紙、記録用テープ、テープ、たこ糸、はさみ、おもり（水入りペットボトル）、はかり、定規、輪ゴム、クリップ、力学台車の実験は、水平な台の上で力学台車にゴムひもをひっかけ、一定の長さに保ったまま引っ張り、そのときの運動の様子を記録タイマーで記録する方法で行った。

実験そのものの難しさとして、ゴムひもを一定の長さに保ったまま台車を引っ張るのは技術的に難しかった。この実験の記録テープのデータをもとに、4. の手順でグラフを作成する。

4. グラフの作成とその解析

グラフの作成

- ① 記録テープを5間隔ごと（0.1s間隔）に線を引き、番号付けをした後、はさみで線を境目に切断する。
- ② 方眼用紙にその紙片を順番に横に貼っていく。
- ③ 横軸は時間、縦軸は速度とし、時間の1目盛りは0.1sであり、縦軸の速度は1cmが10cm/sとなるように目盛りを振る。
- ④ テープの紙片の上端の中点に目印を付ける。
- ⑤ ④の目印が出来るだけ多く、近くを通過する直線を引く。

グラフの解析（加速度の導出）

- ⑥ ⑤の直線の傾きを計算するため2点（時間がt=0sとt=0.5sまたはt=1.0s）選び、その傾きを計算する。

実際に生徒が作成したグラフ及び解析結果の典型的な誤りをいくつか挙げてその理由を考えてみる。

誤答例その1

④の目印を折れ線グラフのように結んでいる。 \rightarrow ⑤の操作を正しく行えていない。

誤答例その2

加速度を2点 $t=0s$, $t=1.0s$ での速度の変化で計算するべきところを、速度の変化に $t=1.0s$ における速度をそのまま代入している。 \rightarrow 加速度の定義を正確に分かっていない。

誤答例その3

加速度を2点 $t=0s$, $t=1.0s$ での速度の変化で計算するべきところを、速度として $t=0.05s$ や $t=0.95s$ の速度を用いて、時間変化はそのままで計算している。 \rightarrow 一旦直線を引けば、その直線の傾きのみを求めれば加速度を求められるところを、データの点に気をとられて、正しい速度変化や時間変化を読み取れていない。

正しい結果を導いている生徒のグラフを見てみると、 $t=0s$ と $t=1.0s$ の2点の速度の他に、 $t=0s$ における初速度を表す平行線が引かれている。

5. 力学台車の実験の改良

3. でも述べたように、3. の方法における技術的な問題点として、一定の力で力学台車を引き続けることの難しさがある。そこで、下図のように力学台車を動摩擦力で引くことを考えついた。



図1 摩擦力で力学台車を引く

力学台車の上に木の板を固定した。

動摩擦力は原理的に一定であるので、図1の長い木の棒を速度によらず水平に引くだけで、一定の力を生み出すことが可能である。

実際に、一定の力で次の台車及びおもりの重さのもの引っ張った時の解析結果を記す。なお実験そのものは生徒が行ったが、データの解析は私が行った。

台車のみの場合 ($M_0 = 1.037\text{kg}$) ,
加速度は $a_0 = 0.095\text{m/s}^2$

台車とおもりの場合 ($M_1 = 1.194\text{kg}$) ,
加速度は $a_1 = 0.075\text{m/s}^2$

台車とおもりの場合 ($M_2 = 1.2322\text{kg}$) ,
加速度は $a_2 = 0.060\text{m/s}^2$

台車とおもりの場合 ($M_3 = 1.3887\text{kg}$) ,
加速度は $a_3 = 0.044\text{m/s}^2$

同じ結果を下の図2のようにエクセルを用いて、加速度を直線の傾きとして求めることもできる。

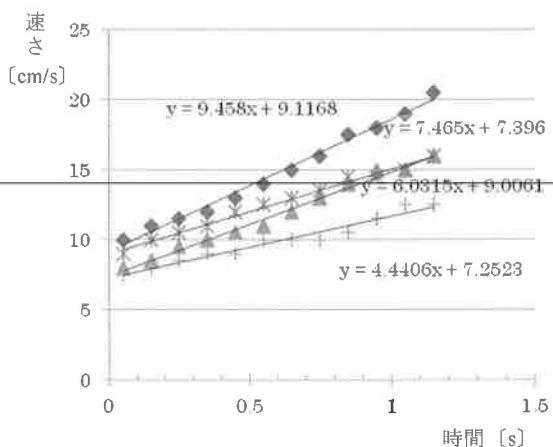
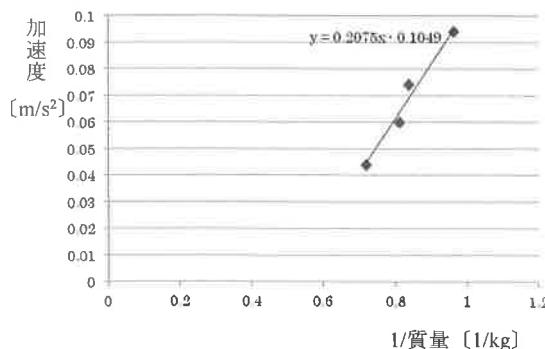


図2 エクセルを用いたグラフの解析結果

運動の法則を導出するための、横軸を質量の逆数 $1/m$ 、縦軸を加速度 a とした $1/m \cdot a$ グラフは次の図3のようになつた。

図3 図2のグラフの $1/m-a$ グラフ

グラフより、加速度と質量の逆数が直線の関係になっている。その傾きが一定の力に対応し、 $T = 0.21\text{N}$ となっている。別にばねばかりで求めた動摩擦力の値とほぼ一致している。ただし、運動の法則ならば原点を通る直線となるはずであり、この実験でそうならなかった原因は分からぬ。

6. 距離センサーの活用

5. の方法はまだまだ確立しておらず、さまざまな条件で力学台車を引っ張ってみて、実験方法の確立や5. の結果の原因の究明などを行いたい。しかし、記録タイマーを用いた実験では、準備やその解析が非常に面倒で、繰り返しの実験には向きである。

北海道高等学校理科研究会室蘭大会の理科実践交流広場にて、距離センサーを用いた実験が紹介されており、距離センサーの存在を知った。一方、ラズベリーパイには精通していた。そこで、ラズベリーパイで距離センサー(HC-SR04)³⁾を作動させ、距離を計測しようと考えた。測定する距離は、力学台車までの距離である。

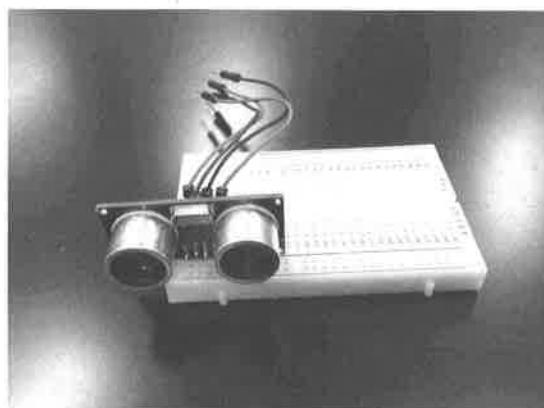


図4 距離センサー

次のグラフは、5. の手順を距離センサーで行った場合の結果である。この場合、力学台車のみでおもりは載せてない場合の結果を記載する。

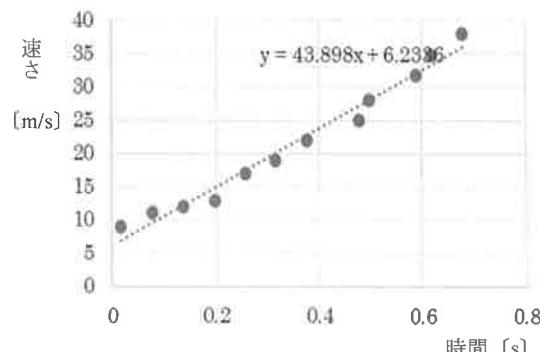


図5 距離センサーを用いた実験結果

7. まとめ

本研究は、最初生徒の物理的理理解深化のためのグラフの活用をテーマに、研究を開始した。生徒のグラフの作成方法、解析方法の指導は難しく、避けて通ることも可能かもしれないが、私は、生徒には是非身につけて欲しい技能だと考える。その時に物理では力学台車の実験が格好の題材になると思った。

一方、力学台車の実験を取り組ませてみると、水平に力学台車を引っ張る場合、一定の力が生み出しづらいことが分かった。そこで、動摩擦力で力学台車を引っ張るアイデアを思いつき、現在も試行錯誤中である。

さらに、記録タイマーは直感的で分かりやすく、安価ではあるが、非常に準備・解析が面倒である。そこで、距離センサーを活用して運動の解析を行うことを考えた。距離センサーを活用した場合、その解析はパソコンと直結しているので、ほぼ同時に見えるメリットもある。

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根室高校物理基礎選択者に感謝する。また、距離センサーのアイデアをもらった石川先生には感謝します。

9. 参考文献

- 1) 文部科学省 高等学校学習指導要領解説 数学編
- 2) 国友正和他 物理基礎 研究出版
- 3) (株)秋月電子通商 通販センター
<http://akizukidenshi.com/>

波長による散乱特性の演示

(プロジェクターと水槽を用いた光の散乱実験の工夫)

北海道札幌平岸高等学校 山崎 恒輝

光の散乱に起因する夕焼けのしくみの説明は光の分野の導入として生徒の興味を引きやすい現象であり、これを再現する演示実験も何種類か教科書に掲載されている。しかし波長の短い光が散乱されやすく、長い光が散乱されやすいことがはっきりと分かる実験は少ない。そこでプロジェクターと水槽を用いて光の波長による散乱特性の違いを直感的に生徒に理解させることのできる演示実験を提案する。

キーワード 光の散乱 波長 演示実験 プロジェクター 水槽

1. はじめに

レイリー散乱を演示して見せる場合にはペットボトルやメスシリンドラーを使い懐中電灯等で照らすのが一般的である。しかし、光源が懐中電灯だと元々やや赤みがかっていたり、光の明るさが足りなかつたりするので鮮やかに夕焼けと青空を作り出すことが難しい。また色は基本的に白色光しか出せず、夕焼けの再現にとどまらざるを得ない。紫や青い光が散乱されやすく、赤い光が散乱されにくいことを実感するためには2色の散乱されやすさを目で見て比較する必要があると考え、光量も十分なプロジェクターを用いて2色を比較する実験を考案した。

2. 方法

どの学校にもある物品を利用する。プロジェクター（視聴覚教室より借用）はLCD方式（透過型液晶方式）でもDLP方式（カラーホイール回転方式）でも可能である。水槽は生物室で使っていないものを借用し、用務員室から分けてもらったワックスを使用した。



図1 移動可能な台に乗せた水槽

移動可能な台の上に乗せた水槽にいっぱい水を入れ、5 mL程度のワックスを入れてかき混ぜ白濁させる。

ワックスを入れる量は水槽の容量によるので実験をしながら量を調節するのがコツである。



図2 ワックスは少量

側面からプロジェクターで光を入れると入れた光の波長によって散乱特性が観察できる。

3. 授業の展開

実際に授業に利用する際はMicrosoft PowerPointであらかじめ画像を作成しておく。

- ① 何も書いていない白色画像をスクリーンに当ててこれからこの画像を水槽に通すとどうなるか予想させる。

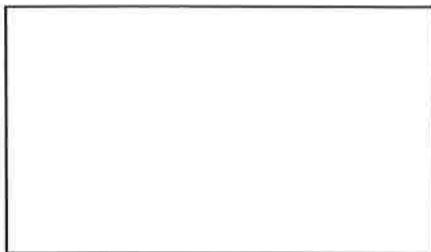


図3 何も書いていない白色画像

② 白色画像を水槽に通して青空と夕焼けの発生を確認させる。

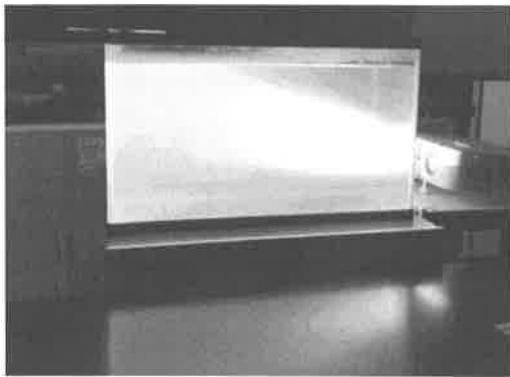


図4 白色画像による夕焼けの再現

中央部は赤い夕焼けを、上下部分は青空を再現できる

③ プロジェクターと水槽を生徒に向けて光が赤くなっていることを確認させる。（プロジェクターの光は白濁した水槽を通してるので短時間なら直接見ても害は少ない。）水槽もプロジェクターも移動可能な台の上に乗せておけばすべての生徒に向けてプロジェクターの光源からの光が赤くなっていることを確認させられる。

④ 次に青色と赤色が上下に分かれた画像をスクリーンに当てて、この画像を水槽に通すとどうなるか予想させる。



図5 上下二色に分けた画像

⑤ この画像を水槽に通して波長による散乱されやすさの違いを確認させる。



図6 赤青二色による散乱特性確認

青色光はすぐに散乱して減衰し、赤色光は減衰されずに伸びていく様子が確認できる。

4. おわりに

光のスペクトルや波長による性質の違いは原子分野にもつながる中身も多く、ここで興味関心を喚起することには大きな意味がある。生徒のリクエストに応じてその場でパワー・ポイントのファイルを変更し、七色の光の違いを見たりしたこともあったが、プロジェクターを使うことで実験の幅が広がるのではないかと感じた。

光の散乱を用いた簡単な演示実験

北海道札幌北高等学校 中道洋友

空の色合いは太陽光の散乱現象として説明でき、演示実験の方法も数多く紹介されている。本稿では、筆者が以前に報告した「青空と偏光」の実験を簡単に実施できるようリニューアルしたので報告する。また、うすいコロイド溶液が光を散乱する性質を利用した簡単な演示実験をいくつか報告する。

キーワード 光の散乱、青空、偏光、反射、回折、LED 懐中電灯

1. はじめに

空の色合いは太陽光の散乱現象であり、多くの教材が開発されている。近年、LED を用いた光量の強い懐中電灯を 100 円ショップで安価に購入できるようになり、ペットボトルと LED 懐中電灯による青空再現実験が開発されている¹⁾。筆者が 20 年ほど前に北海道の理科で報告した「青空とその偏光」についての再現実験²⁾を、文献 1 を参考により安価で簡単にできるようになったので報告する。また、この実験で用いる市販の床用ワックスを用いたコロイド溶液で、全反射や回折光の観察を安価で手軽に行う方法を報告する。

2. 使用する器具等

- ① LED 懐中電灯（例えばダイソーで販売しているスーパー LED ズームライト）
- ② 1.5L ペットボトル（炭酸がよい）
- ③ 偏光板（ミツバチの目モデル型）
- ④ 床用ワックス（例えばリンレイ床用樹脂ワックス「オール」）
- ⑤ コレクションボックス（例えば、ダイソーで販売しているフラット台座のもの）
- ⑥ 回折格子

3. 青空の再現実験

3-1 青空の色味と偏光

青空の色味はレーリー散乱で説明できることはよく知られている。レーリー散乱の散乱係数は入射光の波長の 4 乗に反比例するので、青い光の方が赤い光よりも 9 倍程度有効に散乱される。この散乱光は偏光しており、ミツバチはこの偏光を用いて太陽からの角度を知ることができるといわれている³⁾。

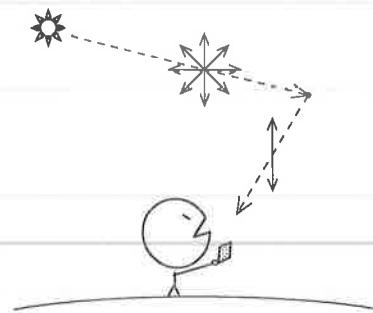
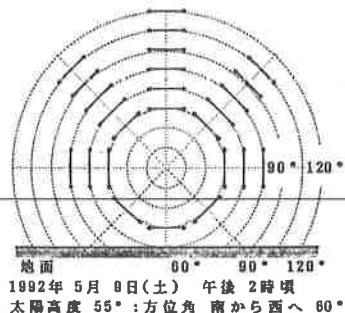


図 1 レーリー散乱による偏光

図 2 青空の偏光の様子^{3,4)}

3-2 実験方法

図 3 ワックスを入れたペットボトル
(比較用に水のみのペットボトルを用意すると良い)

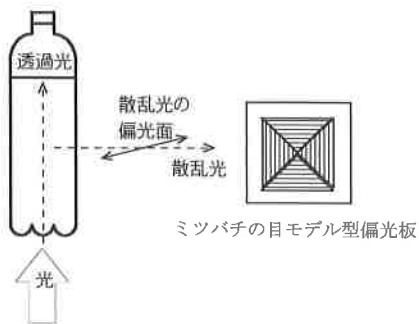


図4 コロイド溶液による散乱と偏光
(図の偏光板の縞は透過できる振動面を表す)

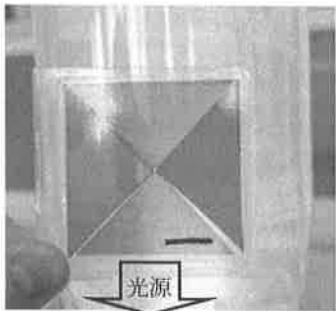


図5 ミツバチの目モデル偏光板の様子

1.5L ペットボトルに床用ワックスを 3mL 入れ、ペットボトルの下部から LED 懐中電灯で光を入射する。

図5に示したように、ミツバチの目モデル偏光板の明るい方向に光源があることが分かる。このミツバチの目モデル型偏光板で青空を観察すると太陽の方向が分かる。

ペットボトルと LED 懐中電灯を用いると、班の数だけ装置を準備でき、5 分程度の演示実験を班ごとに体験することも可能である。

4. ワックスを用いたコロイド溶液の実験

4-1 全反射

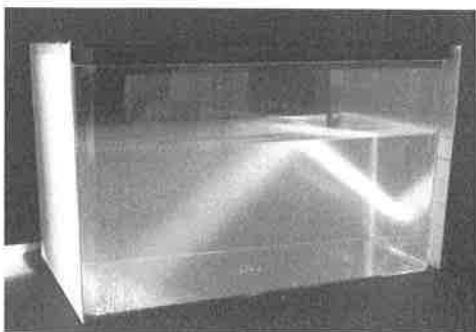


図6 コレクションボックス水槽での全反射の様子

100 円ショップで購入したコレクションボックスを上下逆にして水槽とする。図6のように床用ワックスを用いたコロイド溶液を入れ、スリットの入った工作紙をはり、スリットから LED 懐中電灯で光を入射する。

4-2 回折格子による回折光の観察

コレクションボックス水槽（演示実験なら昆虫飼育ケース程度の大きいが良い）にワックスを用いたコロイド溶液を入れ、レーザー光を入射すると、図7のように回折光の明線を鮮明な光線として観察することができる。レーザー光を用いているので、グループワークとしての実施では注意が必要である。

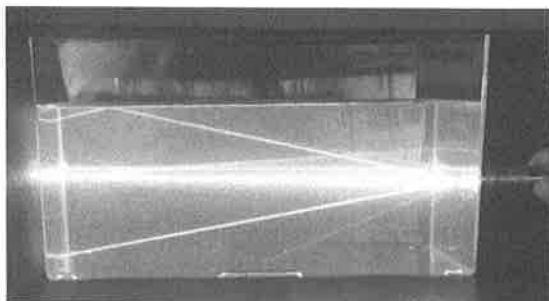


図7 回折光の観察

5.まとめ

従来行われてきた演示実験は、一斉授業で一つの実験を生徒に見せていたが、アクティブ・ラーニング型授業では、グループごとに実験を体験、考察させることが求められる。これらの演示実験は、安価に道具をそろえることができるので、アクティブ・ラーニング型授業でのグループワークとして活用することもできると考えている。

参考文献

- 1) 長谷川誠、徳光聖苅：「白色 LED ライトを利用した夕焼け色再現実験におけるスペクトル分析」 物理教育 64-1 (2016)
- 2) 中道洋友：「エアロゾルによる光の散乱の教材」 北海道の理科 No.36 (1993)
- 3) フォン・フリッシュ「ミツバチの不思議」法政大学出版局
- 4) 札幌旭丘高校物理部 塩野谷元：1998 年 日本学生科学賞「散乱光の偏りについて」

マイコンボード「Arduino」を授業に活用しよう (いくつかの測定の紹介)

北海道岩見沢農業高校 講師 高木 伸雄

マイコンボード「Arduino」(アルドゥイーノ)をPCと接続して簡易オシロスコープにしたり、赤外線受光モジュール等を組み合わせることによっていろいろな現象を視覚化させることができる。PC画面をプロジェクターやTVで拡大映写して授業中に生徒に見せることができ。理科授業に取り入れると生徒の理解度を高める。

キーワード PC Arduino 簡易オシロスコープ 赤外線受光モジュール 理科授業

北理研の第3回物理実践交流会（2016年3月19日実施）でPCにマイクロフォンを接続して音波等の波形を表示することができるフリーのソフトウェア6種類の特徴をまとめて発表した。これらは簡便ではあるがマイクをPCのマイク端子に接続して利用するために制約がある。

交流会で紹介したArduinoを使った簡易オシロスコープ等について、実際に電子部品を組んで実験した結果、授業での利用価値が高いと考えられるのでいくつか紹介する。

Arduinoは2005年にイタリアで教育用に開発されたハード・ソフト共にオープンソースのマイコンボードである。最近多くの利用例や関連するプログラムが公開されている。PCとはUSB接続する。Arduino及び下記の簡易オシロスコープ等でよく使われるProcessing言語はLinuxやMacOSにも対応している。今回はWindowsを使って行った。

て一端がバナナチップ、他端がミノムンクリップの線を3本作った。



写真1 PCにUSB接続したArduino

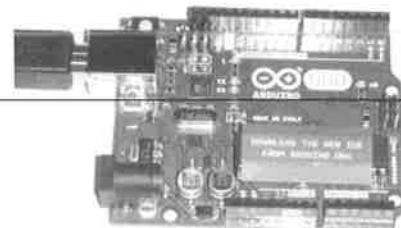


写真2 Arduino Uno

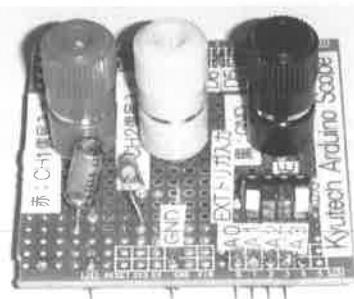
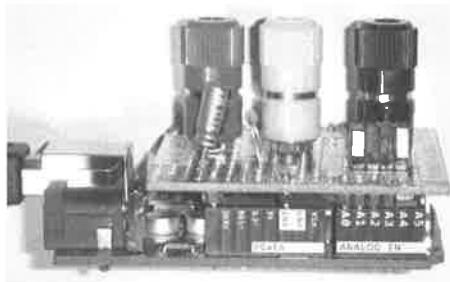


写真3 簡易オシロスコープ用基板



PC用のプログラムはProcessing言語で書かれている。最新バージョンの20160320には画面右上に画面保存用の操作部があるが、このプログラムに以下のコードを追加して、キーボードの「Sキー」を押すと自動的に簡易オシロスコープの全体画面とグラフ部分の画面が画像として保存されるようにした。次々と測定して、画面を保存し後でゆっくり比較検討する場合、この工夫は大変役に立った。

【追加ソースコード】

変数の定義を追加

```
int saveNo = 1;

void keyreleased()に以下を追加 (インデントは字数の関係で付けていない)
if(key == 's'||key == 'S'){
    save("screenA_" + saveNo + ".png");
    PImage img = createImage(width, height, RGB);
    loadPixels();
    img.pixels = pixels;
    img.updatePixels();
    img = img.get(60, 80, 500, 500);
    img.save("screenB_" + saveNo + ".png");
    saveNo = saveNo + 1;
}
```

以下、3つの測定例を示す。

測定1：CR直列接続交流回路におけるCとRの電圧の位相差

この簡易オシロスコープは入力電圧が0～5ボルト（電源電圧）であるため、1.5Vの乾電池でバイアスをかけ電圧が負にならないようにした。また、2つの入力

チャンネルを同時に使うためにCH1とCH2は逆位相になっている。これらを考慮して測定グラフを見るとコンデンサー(CH2,下の波)の電圧の方が抵抗(CH1,上の波)の電圧より90°遅れていることが分かる。

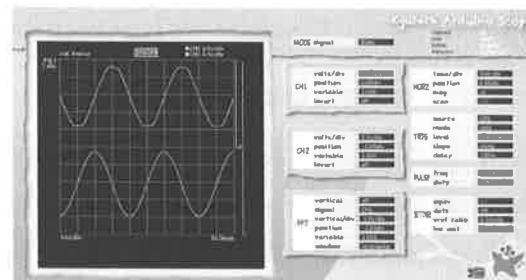
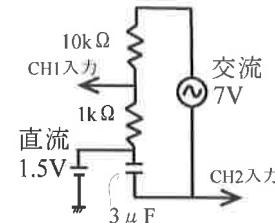
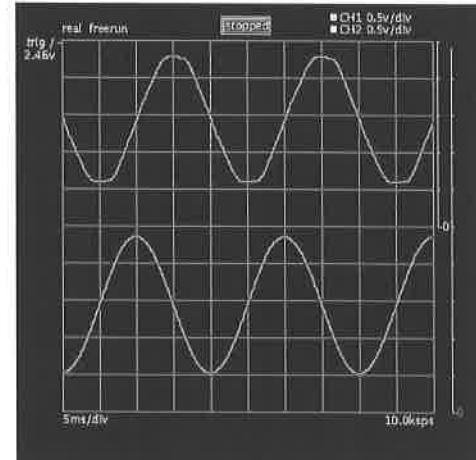


写真5 簡易オシロスコープ全体画面



測定2：CR回路の放電時の電圧変化

以下の回路を作り、放電時の電圧を測定した。

電源電圧 E = 3 V

電気抵抗 R = 100 kΩ

コンデンサーの電気容量 C = 1 μ F

理論値は時間 t に対して

電圧 $V = 3 \times e^{-10t}$ になる。

これをグラフ表示ソフト GRAPSE で描いたグラフと測定グラフ（横軸は 1 目盛 50ms）を以下に示す。ほぼ同じであることが分かる。

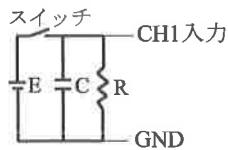
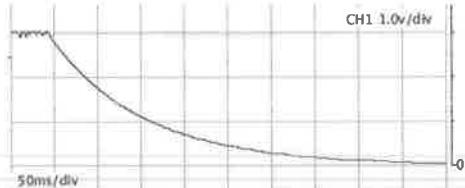
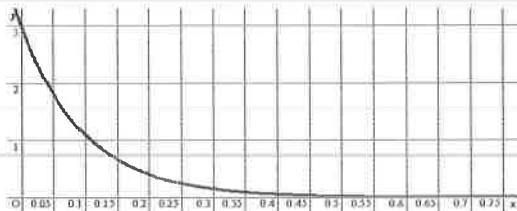


図 2 CR回路



グラフ 1 CR回路放電電圧測定グラフ



グラフ 2 GRAPSEによるグラフ

測定 3：フォトトリフレクターを使った脈波の椿出

センサー部分には「NJL5501R 搭載 パルスオキシメータ用・反射型センサーモジュール」（秋月で 350 円）を使用した。

回路は秋月の上記モジュールのサイトに出ている「NJL5501R の使用例」の回路を使った。写真 7 は部品を載せて配線したブレッドボードである。

これを Arduino に接続し、簡易デジタルオシロスコープで観察すると図に示す波形が得られた。脈拍は毎分 60 回ほどと読み取れる（横軸は 1 目盛 500ms）。

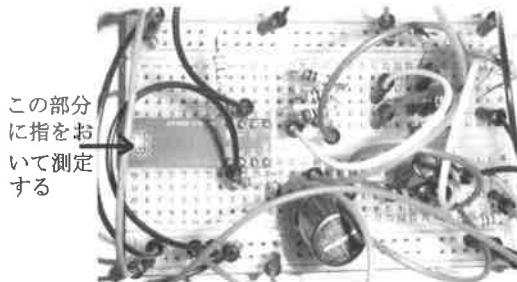
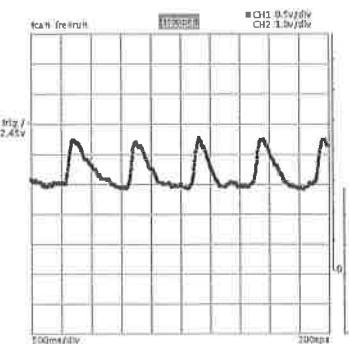


写真 7 ブレッドボード上に部品組立



グラフ 3 脈波

2. 赤外線リモコンの信号パターン表示

太陽電池、増幅器、スピーカーを組み合わせ、太陽電池にリモコンから赤外線を当てるときピッピッと音が出る。

リモコンの別のボタンを押すと、出ている信号は違うはずであるが耳で聞いても分かりづらい。別の機器のリモコンの信号と比べると音の違いを感じやすい。

これらの違いを表示するために Arduino と赤外線受信モジュールを使って装置を作った。リモコンの赤外線から出ている信号を可視化して簡単に示すことができる物になった。

赤外線受信モジュール（SPS440-1、秋月で 50 円）と Arduino に刺すピンを基板に半田付けしたものを Arduino に載せている。

Arduino 用プログラムと Processing 用プログラムは、紙面の関係で掲載していない。

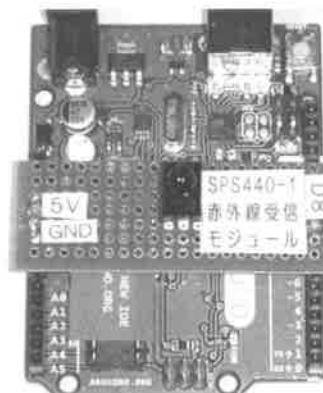


写真 8 Arduino に載せた赤外線受信基板

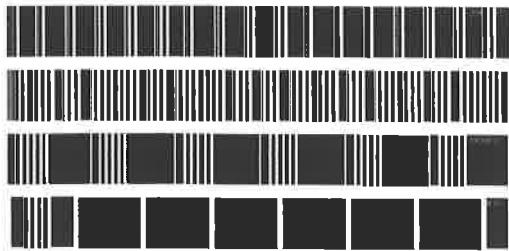


写真9 リモコン信号のパターン

上から順にビデオレコーダーのボタン、別のボタン、テレビのボタン、DVDプレイヤーのボタン

3. 溫度センサーを使った温度の連続測定

基板にデジタル温度センサー「ADT7410」（秋月で500円）とArduinoに接続するピンを半田付けする。この基板をArduinoに載せPCに接続する。温度センサーとI2C通信を行うプログラムをPCからArduinoに書き込む。センサーからのデータをProcessingで作成したプログラムを使ってPC上でグラフ化する。測定時間間隔は自由に変えることができる。

一定温度を超えるとメッセージを発する等様々な使い道があると思う。これらのプログラムも紙面の関係で掲載していない。

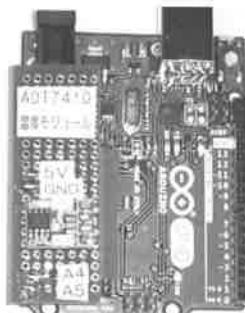
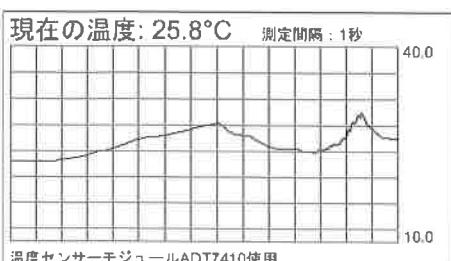


写真10 Arduinoに載せた温度モジュール基板

グラフ4 溫度センサー測定グラフ
(センサー部分に手を当てたり、
息を吹きかけて温度を上げた)

4. 気圧センサーを使った気圧の測定

上記の温度センサーと同じように、気圧センサーモジュール「LPS25H」（秋月で600円）を使って気圧を連続測定することができる。写真はセンサーモジュールを基板に半田付けしたものである。基板下面にArduinoと接続する4本のピンを半田付けしてあり、簡単に使用することができる。

写真11 気圧モジュール基板



5. ブレッドボードを使った簡易基板

上記の写真3で示した簡易オシロスコープ用基板は、一度作るといつでもすぐに使えるが、作るのが結構大変である。ブレッドボードを使って簡易的に作ることもできるが、使用のたびにArduinoとの間に何本もの線を接続したり、使用中に線が抜けたりしやすい。それらを解決するためにブレッドボードを使った基板を作ったみた。これでも充分使えることが分かった。

ピンソケットとブレッドボードは瞬間接着剤で接着した。強度は十分である。

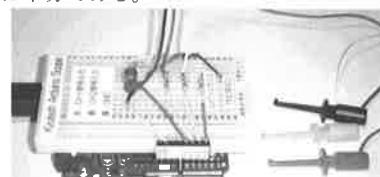


写真12 ブレッドボードを使った簡易基板

6. 簡易オシロスコープ用入力回路

以下2つは、例えばCR直列回路に交流電圧をかけたときの位相のずれを直接観察できるようにするために作った回路である。

被測定物のインピーダンスを小さくする必要がある。今回測定したのは抵抗が 66Ω 、コンデンサーが $47\mu F$ 。そのときの写真・測定画面（モノクロにし、さらに白黒反転してある）を載せた。

CH1はコンデンサー、CH2は抵抗に接続している。GNDを抵抗とコンデンサーの間に接続しているので、CH1とCH2を比較する場合は、片方を上下反転させる必要がある。画面からコンデンサーの電流（抵抗の電圧と同位相）は電圧より90度位相が進んでいることが読み取れる。どちらの回路を使っても、測定画面は同じ結果になった。

(1) レベル変換回路

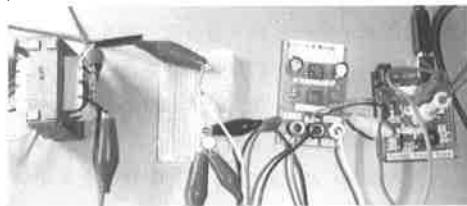
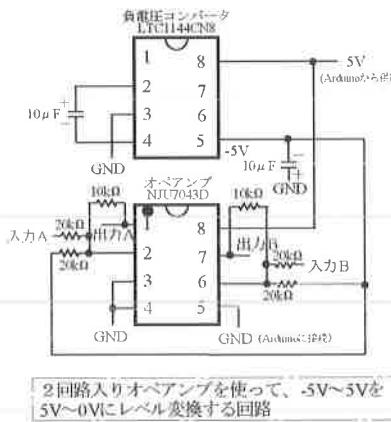
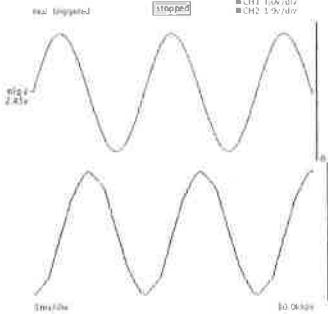


写真13 レベル変換回路を使った測定の様子



2回路入りオペアンプを使って、-5V～5Vを
5V～0Vにレベル変換する回路

図3 レベル変換回路の回路図



グラフ5 レベル変換回路使用CR回路の位相

(2) オフセット付反転増幅回路

上記のレベル変換回路よりもこちらの方が使う部品が少なく、簡単に作れる。

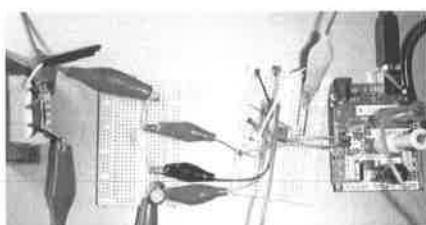
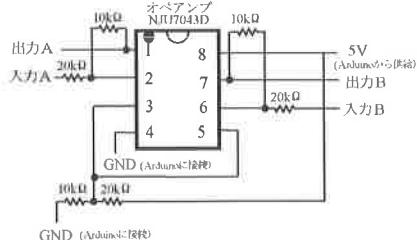
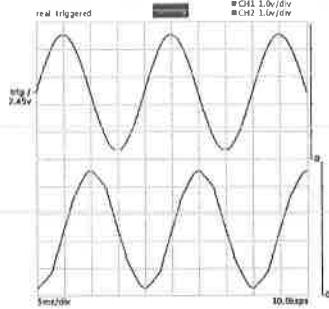


写真14 オフセット付反転増幅回路を使った測定の様子



2回路入りオペアンプを使って、-5V～5Vを
5V～0Vに変換する回路（オフセット付反転増幅）

図4 オフセット付反転増幅回路の回路図



グラフ6 オフセット付反転増幅回路使用CR回路の位相

これらの回路では、被測定物のインピーダンスが大きくなると、入力回路のインピーダンスとの関係で位相がずれてしまう。それを解消するために、2回路入り両電源オペアンプ（例えば AD822ARZ）を使って入力回路前段にボルテージフォロアを付けてやると良いと考えられる（まだ作成していない）。このようにすると測定の範囲がかなり広がり、利用価値が更に拡大される。

私はまだ作成していないが、Arduino に pH センサーを接続して中和滴定曲線を PC で表示させたり、下記の安価な製品などを利用して放射線の測定ができる。

組込版ポケットガイガ Type5 (radiation-watch.org 開発)

これには高感度ガンマ線センサーが搭載されている

更にサンプルソースが無償提供されている

(ARDUINO プログラム + Windows 通信ソフト)

このように、様々な測定をすることが可能な Arduino が教育現場に広く普及していくべきだと思う。

参考になったホームページ

「Arduino のすすめ」<http://n.mtnng.org/ele/arduino/> 「プログラミング演習 II フィジカルコンピューティング」
http://kougaku-navi.net/lecture/fms/archives/programming2/physical_computing_01.pdf (第1回～第3回) 基板及び入力回路について

物理教師の回想～教科指導の取り組みを振り返って

(返却答案の「やり直しシート」と生徒自作の「問題改造」)

元・北海道滝川高等学校 樋口 泰久

私は平成22年に空知管内滝川高校を定年退職し、教育活動の仕上げをするために、自宅とは別に札幌市中央区山鼻に樋口物理教育研究室を作りました。この研究室を会場に小規模の学習塾を開いて、2年が経過しました。小中学生が主ですが高校物理・数学を教えることもあります。私は現在取り組んでいる仕事（新しい学習法の開発・普及）の関係で、自分の物理指導を振り返ってみました。現役の先生にお役に立つがあれば嬉しいと思い、回想にまとめました。

キーワード やり直しシート 問題改造 モチベーション 複数の視点

1. はじめに

「先生の先生は、生徒」。これは私が釧路江南高校（平成1～13）で教えていたときに気づいたことです。教師は1つの学習指導項目について複数の説明方法を蓄積しています。その中から「今の生徒」にふさわしいものを選択します。生徒の学力実態によっては蓄積内容で足りないことがあります。また、レベルをアップしたくなることもあります。このようなとき、眼前の生徒にとってどんな指導方法が適切なのか模索します。生徒の表情や、発言、質問などを丁寧に観察していると『今、必要な説明の方法』に気づくことがあります。生徒の言動が、先生にとって指導書的な役割をすることがあります。

「先生の先生は、生徒」の対句として「生徒の生徒は、先生」という言葉が可能だと気がついていました。釧路江南高から滝川高校に転勤しました。個性豊かな先生方の教育活動から刺激を受け、イキイキと勉強に向かう生徒に接しているうちに、私はこの言葉の意味するところに思い当たりました。先生の行動から教わることです。生徒の生徒、それは仰いで受ける先生からの指導ではなくて、もっと自然な形で「何かを求めて、ひたむきに努力する教師の姿」から受ける無言の教えです。

生徒より先に生まれたから「先生」と呼ばれることがあります。生徒が私たちと同じ年代になったとき、生徒は私たちよりももっと活躍しているかもしれません。生徒は掛け替えのない存在です。そう考えると、目の前の生徒に対して軽い気持ちで行動できません。もしも毎日それなりの家庭学習量を教師が生徒に望むのなら、教師も少なくとも同じ量の時間をかけて自己を高めるべきだ、と私は常々思いながら仕事をしていました。

2. 「やり直しシート」

初任教（網走管内清里高校）では数学を教えていました。2校目、札幌西陵高校の物理の授業で「やり直しシート」を始めました。試験が終わって答案を返却するとき用紙を配布し、4日くらい後に提出させていました。

《「やり直し」の目的》

試験が終わってからでも良いから、試験問題が解ける状態にさせたい、と私は思っていました。やり直しをさせて、物理のニガテ意識を払拭させるのが狙いです。答案を受け取ったままだと、その答案を放置する生徒がいます。従って、間違った問題は「苦手意識」のままになります。物理の授業を「わかる状態」に修正して、その単元を仕上げたかったのです。

生徒は将来ある人材です。試験が終われば、あとはどうでもいい、という刹那的な意識を持たせたくないと言う願もありました。『試験のやり直し』は入試の準備にも役立ちます。先のことを見通して、今その準備ができる生徒に育てたい、と思っていました。

《やり直しに取り組む生徒の様子》

ほとんどの生徒は熱心に取り組んでいました。試験中にできなくて悔しい思いをした問題です。模範解答を参考になると「正解」できます。試験で苦しんだ問題ができるようになるのですから、これは大きな喜びです。初見の問題ではありませんので、やり直しの作業は思ったほど時間がかかりません。試験中に途中まで取り組んでいた問題です。「悔しい感情」と共に問題内容が鮮明に頭に入っています。

《やり直しシートの内容と使い方》

間違った問題だけをやり直します。満点の生徒は感想欄だけ書いて、提出させます。最後の答えだけでなく、やり直した途中も書かせます。用紙の右側4cmくらいの部分に紙に線を引いてあります。そこに自己分析を書かせます。間違った理由、今後の対策などです。問題文の読み違い、計算違い、公式を覚えていない、公式の使い方の間違いなどを自分の言葉で書かせました。どうしたら正解になると思うか、その対策も書かせました。公式を覚える、その日のうちに復習する、計算をチェックする、などです。書き方が不十分な「やり直し」であっても「お小言」は一切書かないように努めました。「やり直し」が続くための大事なポイントだと思っていました。試験対策として取り組んだこと、自分の答案を見ての感想、これから勉強方法や「次回の試験に向けて心掛けたいこと」なども「生徒の感想欄」に書かせました。点検者は「激励を込めたコメント」を書きました。

《やり直しシートの効果》

試験の度にコメントを書いていると、こちらの気持ちが生徒に伝わります。生徒は自信を回復して、熱心に勉強するようになりました。コメントを書くときに心掛けたいことがあります。生徒の未来を予想して、肯定的な言葉を探して表現することです。「弱点も含めた生徒の現実を正確に表現すること」ではありません。指導者が生徒をどのように捉えているのか、肯定的か、否定的か、共感的かなど「教師の生徒観」は生徒に敏感に伝わります。

「欠点も含めた生徒の現実を正確に表現すること」はそれほど難しくありません。目に見える事実を表現するのですから。しかし、生徒にとって生産的ではありません。肯定的な解釈に接すると、生徒は「やる気」が出てきます。目に見えないと「生徒の未来」を考えて、生徒が向上するようにコメントするには教師の力量が必要です。

一般的に自己分析がしっかりと書かれている生徒は、学習意欲も高いと思います。しかし、自己分析に応じて成績が伸びるとは限りません。自己分析力は物理ではなくて、別の科目の力です。文章表現は苦手だが、物理に力があるて、意欲が高い生徒がいます。このような生徒は自己分析の文字量が少なくて、学力は伸びます。内容の貧弱さを真に受けて、お小言を書くと逆効果です。

答案のやり直しをさせると、先生の仕事量は2倍になります。しかし、指導者の熱意は生徒に確実に伝わります。生徒も一層勉強するようになりました。

3. 生徒自作の問題改造

釧路江南高校で試験後に「物理の問題改造」に取り組ませまし

た。もともと「問題改造」は試験問題を作るときに我々がする作業です。試験問題を作成するとき、多くの場合、教科書や問題集をもとにして、それを修正（問題改造）し、生徒の実体に合わせて問題を追加・削除して試験問題とします。私が問題改造による試験作成を繰りかえしているとき、この方法は学習の理解を深める有効な方法だと思いました。その「学習の理解を深める作業」を生徒にも体験させて、学力をアップさせたくなりました。

《問題改造の方法と内容》

「問題改造」は試験の返却答案を使います。返却した答案から「間違った問題を1題」だけ生徒に選ばせて、改造させました。答案返却時に問題改造の用紙を渡しました。正解は答案返却時に説明してありますので、間違った問題は自分で考えれば正解できます。

- ① 問題文の数字を2カ所変更させました。言葉を変更させたこと（問題の設定条件の変更）もあります。（「大きい」→「小さい」など）
- ② 数字の変更に伴って、関連した問題文も修正させました。改造した問題を「新しい問題」として用紙に書かせました。文章表現の練習になりますので、コミュニケーション能力も向上します。生徒が試験で「解きかけて正解に到達しなかった問題」です。問題文をどのように表現すると、試験を受ける人に的確に伝わるのかが良く分かっています。その自覚を元にして「出題者の立場」になって問題文を修正します。解答も作らせました。これも大事な勉強です。
- ③ 問題文の数字を変えると、模範解答の数字も変わります。この「数字の変化」をチェックすると、物理公式の使い方が具体的にイメージ化されるようになります。
- ④ 思いつくままにどんな数字に変更しても良い歌ではありません。変更する数字によって、答えが整数にならない場合もあります。「整数でない答」は問題にふさわしくありません。計算が煩雑になり解答時間がかかるだけで、物理の理解度を問う問題からかけ離れます。
- ⑤ また、物理の問題として「その数字に対応する現象が不自然になる」場合もあります。生徒は改造作業の中で数字を何回か変えて、答えの数字の「自然さ」をチェックしています。面談のとき指導者が数字の不自然さを指摘することもできます。これは物理センスのアップにつながります

- ⑥ 改造内容を見ると、その生徒の「物理の好き嫌い」や「人間性」を垣間見ることができます。簡単な数字で安易に改造の「義務」だけ果たす生徒もいます。物理が好きな生徒は出来るだけ面白い改造に挑戦します。中には生徒の豊かな発想力に驚かされることもあります。こんなときは心の中で拍手喝采しながら面談をしていました。

実はこの問題改造はハイレベルの進学校で取り組んでいます。札幌で行われた進路研修会で、本州の進学校の進路部長が似た発表をしていました。この発表では、輪番制で生徒が改造問題を板書して説明し、生徒が質問する授業形態でした。ストレーにこれを実行できるのは東大・京大レベルを目指す生徒の学習だと思いました。

《改造しているとき、生徒の頭の中で起こっていること》

改造作業に取り組むとき、多くの生徒は「一発勝負」で数字を決めていません。計算結果を見て答えが、より「自然な数字」になるように何回も修正しています。数字を変えることによって、問題文の設定状況が変化します。その変化をイメージして、元の問題と「改造」の間に試行錯誤を繰り返します。この「試行錯誤」による物理公式の扱い方の思考体験をくり返すことによって、公式に当てはめる物理から公式を使える物理に学力が変化します。

私は、提出された問題改造を指導するとき、放課後に物理教室で生徒と1対1で対応しました。生徒に説明させ、私が途中で質問します。生徒ごとに問題が変わるので、私もそれぞれの問題を事前に解いておきます。生徒の説明を聞きながら、生徒の工夫について私が反応を示すのですから、生徒は喜んでやっていました。それは生徒の意図で問題を自由に変形できる喜びであり、自分の考えを問題の形に整える喜びであり、その数字の変化に応じて「答えが変わる」ことを実感する喜びです。

残念ながら、この問題改造は長続きしませんでした。担当者の作業量があまりにも膨大になるからです。試験問題は1題作ると生徒全員にやらせることができます。「やり直し」も一律に対処できます。しかし「問題改造」はそのようにいきません。生徒40人の授業だと、生徒が1題改造すると教師は40問の異なる問題を解くことになります。その問題は単に公式に当てはめるレベルではなくて、試験中に正解に到達できなかった問題です。

この試みは教師にとっても、生徒にとっても、とても面白い作業です。勉強の意欲を喚起するのに絶大な効果を發揮することは分かっていましたが、残念ながら継続できませんでした。

4. 物理から他の教科へ「やり直し」の広がり

「やり直し」に絶大な効果があることは分かっていましたが、物理に限定していました。滝川高校に転勤して進路指導部（最後の3年間は進路指導部長）になりました。高等看護学校を受験する生徒の模擬試験担当になりました。この模試で「やり直し」をさせました。全教科です。模試を受ける生徒が10名程度なので可能でした。

「やり直し」を丁寧に点検しました。高看受験生は真面目なので熱心に取り組んでくれました。生徒は感想も沢山書き、それに触発されて私も熱くコメントを書きました。勉強のモチベーションが大いに上がり、目を見張るような素晴らしい進路実績になりました。

《「やり直し」と教科の関係》

『やり直し』のやりやすさの程度は科目によって「差」があることが分かりました。数学・物理のように「答案の過程」を書ける科目は適しています。文系科目は答えのみの場合が多いので、模範解答の丸写しと区別できなくなります。（工夫次第では文系科目も可能です。それは解答に到るワンステップを生徒の言葉で書かることです。）しかしやり直しをさせると、どの科目もモチベーションが上がるという点では効果がありました。

《「やり直しシート」でモチベーションアップ》

得点をアップするには「家庭学習」と「試験に取り組む姿勢（意識）」の2つを改善する必要があります。試験問題を解いているとき「変だな？」と思うことがあります。この「変だな？」を無視すると大抵は正解に到達しません。それは受験生が勝手な思い込みをしているからです。「変だな？」と思ったら、変なのは出題者ではなくて、自分の解釈の仕方だと試験に振り返るべきです。冷静になって「複数の観点」に立ってその整合性をチェックすると、思い違いに気づきます。これはとても大切なことです。

今、塾で使っている「やり直しシート」を添付します。やり直しシートの右側の欄「配点、期待得点、○△×」はモチベーションアップツールです。やり直して、間違いのレベルを3段階に区別します。イージーミスなら○、頑張ればできたミスは△、今の実力ではできない問題は×を欄外にマークします。数学の期待値と同じ要領でアップ得点を計算します。「実得点+アップ得点=期待得点」を大きく書いて、これを励みにします。模擬試験では特に効果があります。活用して頂きたくてこれを紹介しましたが、先生のオリジナルとしてこれを公の場に発表することはご遠慮下さい。生徒の希望が育まれ、飛躍することを願っています。

月日 科目名() Let's try again.

間違いは正解に到達するプロセスだ

間違った問題をやり直すと

①「どのように答書を書いたら正解になるのか」わかります。

②「家でどのように勉強したらよいのか」
気づきます

実得点() + アップ得点() = 期待得点() × 1 ○

x0.5 △

x 0 x

—

× 0 ×

問題番号	やり直し（途中も丁寧に書こう）	やり直して気づいたこと	①次の試験で注意したいこと ②家庭学習で心掛けること	配点	アップ
感 想					合計
今後の対策					
コメント					

平成 27 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. 43 11月発刊」

2、総会

日時：平成 27 年 6 月 27 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 W410 教室

内容：

<<<総会>>> 14:30～14:50

(1) 支部長挨拶

(2) 平成 27 年度支部役員について

(3) 平成 26 年度事業報告

(4) 平成 26 年度会計報告

(5) 平成 26 年度会計監査報告

(6) 平成 27 年度事業計画

(7) 平成 27 年度会計予算書、

<<<特別講演会>>> 15:00～16:00

「エントロピーと物理教育」

酪農学園大学 教授 矢吹 哲夫 氏

<<<実験デモンストレーション>>> 16:00～17:00

<<<懇親会>>> 18:00～20:00

3、第 6 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 27 年 11 月 7 日(土) 13:00～15:45

場所：北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 2 階 W201 教室

プログラム

○ 支部長挨拶 13:00

○ 中学校・高等学校科学部生徒による研究発表

13:05～14:10

(1) 札幌市立米里中学校科学部

「科学部の 3 年間 3 つの継続研究と 3 学年との取組」

(2) 札幌啓成高等学校科学部

「鎖の落下速度と剛体の回転の研究」

(3) 札幌日本大学高等学校科学部

「鋼球/プラスチックレール間のすべり摩擦係数

および転がり抵抗係数」

「金属パイプ中を落下するネオジム磁石球の速度」

○ 基調講演 14:15～14:45

「アメリカのアクティブラーニング研究」

北海道大学大学院理学研究院 鈴木 久男

○ シンポジウム 14:45～15:45

「中学・高校・大学をつなぐ物理教育」

パネリスト：

山岸 陽一 (市立札幌開成中等教育学校)

戸田 賢之 (札幌市立幌東中学校)

村上 知嗣 (札幌市立札苗北中学校)

中道 洋友 (札幌北高等学校)

司会：横関 直幸 (札幌清田高等学校)

<テーマ>

- ・理科教育におけるアクティブラーニングの導入について（実践と課題）
- ・これまでの授業とアクティブラーニングのバランスをどのように考えるか
- ・生徒実験をアクティブラーニングとしてとらえ直す
- ・中学、高校、大学、それぞれのアクティブラーニングでのねらい
- ・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 27 年 12 月 5 日(土) 13 時 00 分～17 時 30 分

場所：北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 W410 教室

内容：

○ 特別講演 13:00～14:00

「ユニバーサル段階における物理教育」

北海道大学大学院理学研究院 小野寺 彰

○ 原著講演 14:10～14:50

1. 「ノーベル賞と物理教育」

酪農学園大学 山田 大隆

2. 「S 霧箱の開発」

北海道教育大学札幌校 柚木 朋也

○ 実験デモンストレーション（物理交流会）

15:00～16:00 (進行：岩見沢緑陵高校 大屋 泰宏)

1. 「WF グーブルモーター」江差高校 河田 淳一

2. 「倒れない条件」 根室高校 佐々木 徹

3. 「単振子による重力加速度の測定」

日本福祉看護・診療放射線学院 桑原 修

○ デモ授業 16:10～16:40

「クリッカーを利用した『エネルギーとその利用』」

釧路江南高校 佐藤 革馬

旭川東高校 佐々木恵二

○ 全体討論 16:45～17:30

(司会：札幌清田高校 横関 直幸)

○ 懇親会 18:30～20:30

5、高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

in 北海道

(日本物理学会北海道支部との共催)

日 時：平成 28 年 1 月 6 日(水) 12:50～17:00

(受付 12:30～12:50 講習会 13:00～)

場 所：札幌北高等学校

内 容：高校物理の基本実験について、以下の 5 テーマを

準備し、参加者は数班に分かれて班ごとのローテーションで全 5 テーマを各テーマ 40 分間程度で実習を実施した。

//////////////////////////////

平成 28 年度事業計画

【実験テーマ】

- ①固体の比熱
- ②弦を伝わる波
- ③電池の起電力と内部抵抗
- ④気柱の共鳴
- ⑤振り子による重力加速度の測定

6、リフレッシュ理科教室 2015

リフレッシュ理科教室サイエンスオリエンテーリング

(応用物理学会北海道支部との共催)

会場：北大工学部・情報科学研究科棟

日時：平成 27 年 2015 年 10 月 24 日(土)

7、理事会

平成 27 年 5 月 1 日(金) 18 時 30 分

北海道大学

教育学部 2 階 小会議室

平成 27 年 9 月 10 日(木) 18 時 30 分

北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 2 階 W202 教室

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 月発刊(予定)

2、総会

平成 28 年 6 月 25 日(土)

3、物理教育シンポジウム

平成 28 年 11 月 13 日(日)午後

北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 W410 教室

4、物理教育研究会

平成 28 年 12 月 3 日(土)午後

北海道大学

人文・社会科学総合教育研究棟 4 階 W410 教室

5、高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

in 北海道

平成 29 年 1 月 10 日(火)

札幌北高等学校

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)

平成 28 年 10 月 22 日(土) 10:00~12:30

北海道大学工学部(札幌市北区北 1 3 条西 8 丁目)

7、理事会(5 月、9 月、10 月)

平成 27 年度一般会計収支決算書(2016. 6. 25)

収 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥577,255	会議費	¥3,943
本部補助金	¥150,000	通信費	¥2,566
雑収入	¥102	事務費	¥5,702
		会誌印刷補助	¥32,102
		大会参加補助	¥75,300
		予備費	¥60,727
		次年度繰越金	¥547,017
計	¥727,357	計	¥727,357

平成 27 年度特別会計収支決算書

収 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥41,364	会議費	¥0
支部補助金	¥32,102	通信費	¥13,338
会員負担金	¥56,000	事務費	¥2,728
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥113,400
		次年度繰越金	¥0
計	¥129,466	計	¥129,466

平成 28 年度一般会計予算

収 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥547,017	会議費	¥20,000
本部補助金	¥150,000	通信費	¥25,000
雑収入	¥83	事務費	¥25,000
		会誌印刷補助	¥100,000
		大会参加補助	¥100,000
		予備費	¥427,100
計	¥697,100	計	¥697,100

平成 28 年度特別会計予算

収 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
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 (2016年度)

顧問	中島 春雄 吉田 静男 小野寺 彰 中野 善明 伊士 政幸	
評議員	伊藤 四郎 檀棒 光一 一口 芳勝 加藤 誠也 川原 圭二 齊藤 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 (2015-16)
監事	佐々木 淳 (浜頓別高校) 山田 大隆 (酪農学園大学) 石川 昌司 (名寄高校)	
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) 木村 宣幸 (北広島高校) 今野 滋 (東海大学) 細川 敏幸 (北大高等教育推進機構)	本部評議員 (2015-16) 本部評議員 (2016-17) 道支部 HP
編集 (委員長)	長谷川 誠 (千歳科学技術大学) 鈴木 久男 (北海道大学大学院理) 中道 洋友 (札幌北高校) 菅原 陽 (元小樽工業高校) 堀 輝一郎 (札幌藻岩高校) 小野 忍 (札幌清田高校) 保格 秀規 (幌加内高校)	本部評議員 (2016-17)
事業 (委員長)	大坂 厚志 (長沼高校) 阿部 修 (北海道教育大学旭川校) 伊藤新一郎 (旭川西高校) 稻子 寛信 (札幌南高校) 大久保政俊 (札幌日大高校) 大屋 泰宏 (旭川東高校) 岡崎 隆 (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 (上川教育局) 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 (別海高校) 中谷 圭佑 (道尚志高校) 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 (根室教育局) 溝上 忠彦 (北海道立教育研究所附属理科教育センター) 森山 正樹 (札幌市立白石中学校) 山本 瞳晴 (札幌西高校) 柚木 朋也 (北海道教育大学札幌校) 四方 周輔 (元東海大学)	本部評議員 (2015-16) 道支部 HP 理科大好き実験教室 物理教育実践交流会

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 pt 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 一朗
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 pt 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 pt 5 語程度 Keywords:Times Font, 9pt, About 5 Words

1. 章タイトルはゴシック 10pt 太字

本資料はオフセット印刷で、縮小して B5 版に印刷される冊子を作成する際に、A4 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。

2. 本文執筆の要点

2. 1 用紙の使い方

A4 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. 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。

2. 3 式および記号

式および記号の標準文字は、9pt 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 6pt 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 V_i P^{\wedge}_{ijk}

式を記入する場合は、式の上下に空白を設け、右端に式番号を記入する。例えば、

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

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. 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 (9pt 程度) とする。6pt 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、9pt の標準文字で説明を記入する。

例 図 1 生徒の履修状況

Fig.2 Schematic of experimental 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. 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、9pt 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45号」の原稿を募集いたします。

(1) 締切 2017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

今回の支部会報は、期せずしてアクティブ・ラーニング(AL) 小特集のようになりました。グループワークの活用なども含めて、物理教育の現場で様々な新しい取組みが積極的に試みられている様子がうかがえます。こうした試みに対して、最近の生徒・学生たちはこちらの意図に応えて素直に取り組んでくれるようです。最終的には、こちらからの働きかけが無くとも彼らが自分たちで学びを追及するようになれば、真に「アクティブな」アクティブ・ラーニングの実現になるように思います。(H)

2016年11月1日発行

日本物理教育学会北海道支部

第44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

目 次

卷頭言 「物理の問題」の問題	北海道大学大学院理学研究科 鈴木 久男	1
<hr/>		
第6回中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」		
アクティブラーニング型授業の実践	北海道札幌平岸高等学校 横関 直幸	2
アクティブ・ラーニング導入の一事例	北海道札幌手稲高等学校 近藤 敏樹	8
アクティブ・ラーニング型授業における実験方法について	函館工業高等専門学校 関川 準之助	12
A L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	北海道札幌北高等学校 中道 洋友	16
認知特性を意識した物理授業の改善	北海道札幌南高等学校 稲子 寛信	20
トーク&チョークからの脱却を試みる授業	北海道札幌北高等学校 福士 公一朗	24
グループワークを用いた授業「物理基礎」の実践報告	北海道釧路江南高等学校 佐藤 革馬	28
交流電圧と電流の位相差を示す実験について	札幌第一高等学校 山田 高嗣	32
2点間距離38.6cmでの加速度測定実験	北海道浜頓別高等学校 佐々木 淳	36
力学台車の実験に関わるグラフの作成	北海道江差高等学校 河田 淳一	40
波長による散乱特性の演示	北海道根室高等学校 佐々木 徹	43
光の散乱を用いた簡単な演示実験	北海道札幌平岸高等学校 山崎 恒輝	46
マイコンボード「Arduino」を授業に活用しよう	北海道札幌北高等学校 中道 洋友	48
物理教師の回想～教科指導の取り組みを振り返って	北海道岩見沢農業高等学校 高木 伸雄	50
原稿執筆要項、編集後記	元・北海道滝川高等学校 樋口 泰久	55
<hr/>		
事業報告		60
日本物理教育学会北海道支部規約		64
原稿執筆要項、編集後記		65