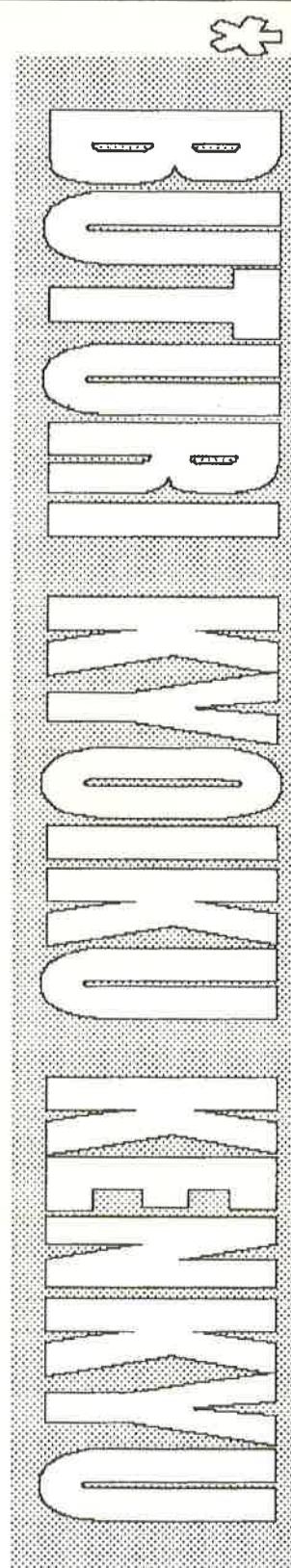
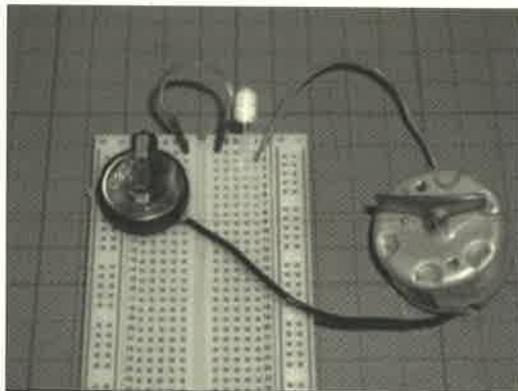
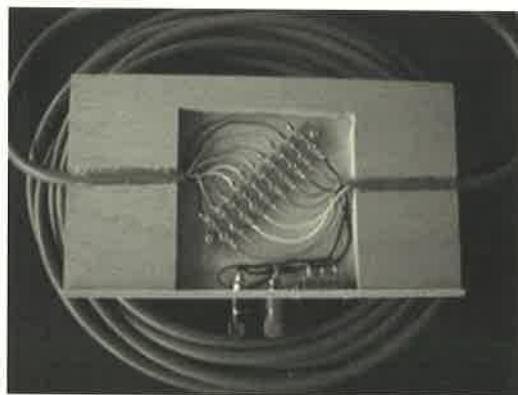


物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.40, 2012.11

巻頭言

「基礎科学教育と双方向型授業」

北海道大学大学院理学研究院

物理部門 伊土政幸

今秋、iPS 細胞研究に対して日本人研究者にノーベル医学・生理学賞が授与されるという大変嬉しいニュースが入ってきた。昨年の東日本大震災に加えて超円高による経済不振もあり、閉塞感が漂っていた日本社会にあって久々に明るいニュースで、日本中が大喜びした。同分野での日本人ノーベル賞受賞者は2人目で、日本の科学レベルの高さを象徴する出来事である。ただ、物理に携わってきた者としては、浮かれてばかりで居られない。福島第1原子力発電所の事故は、現在も進行中であり、収束の糸口すら見えないからである。福島の原発事故は、心的イメージや感覚が先行して作り上げられた“安全神話”が過酷事故への備えを蔑ろにした結果と思われる。科学・技術におけるイメージや感覚先行の誤った理解は、基礎科学の学習における「素朴概念」あるいは「誤概念」の問題と2重写しとなって見える。

基礎科学教育では「素朴概念」や「誤概念」の問題に絡んで教科書中心の知識伝達型授業が問題にされ、その改善策が長年議論されてきた。生徒が受身となる知識伝達型授業では、深く本質まで考えること無しに、結果だけをそのまま受け入れ、丸暗記する傾向が強くなってしまう。単なる知識の暗記は、科学的思考能力や発想能力の伸長に結びつかず、科学や技術を単にイメージだけの感覚的理 解だけに留めてしまうであろう。やはり、これまで多くの教育者が指摘してきたように、基礎科学教育では教員と学生間の双方向型授業や実験・実習を多く設け、生徒が主体的・能動的に学習できる機会を積極的に増やす必要がある。

双方向型授業は学生の勉学意欲を高めるだけでなく、同時にコミュニケーション能力も養うとの期待も大きい。しかし、双方向型授業や実験を教員が個々に築き上げようとしても、極度に多忙化した昨今の教育現場では、1個人の情熱・意欲だけでは自ずと限度がある。双方向性授業や実験の導入・実践は、授業時間の制約との戦いであり、教員側のスキルが問われると共に学習テーマや受講生にマッチした新たな教育手法や工夫が求められる。そのため、同じ分野の教員同士の交流の場が必要であり、そこでの協働的な研修活動や情報交換を通して、双方向型授業に向けての準備や同授業の効率的展開方法を構築することが重要と思われる。北海道支部も、これまでの“基礎物理”に対する独自の取り組みと同様に地域に根ざした教員間の交流の場を設け、双方向型授業への取り組みを積極的に進めたいものである。

第2回中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

日時 2011年11月23日(水) 14:15～15:45
場所 北海道大学理学部5号館2階 5-2-01教室
(札幌市北区北10条西8丁目)
パネリスト：
高橋 伸充 (札幌市立平岸中学校)
熊谷 誠一 (札幌市立北辰中学校)
児玉 大 (札幌市立北辰中学校)
中道 洋友 (札幌北高校)
司会：横関 直幸 (札幌旭丘高校)

横関：

本日は中学校、高校から4名の先生をお迎えして、昨年に続き「中学・高校・大学をつなぐ物理教育シンポジウム」を開催します。高校と大学が中心の本学会ですが、やはり中学校のことを知らないといけない状況が、これまで以上に強まってきた。中学の状況をお聞きすると共に、高校でこれからやろうとしていることについて、中学の先生からご意見をいただき、来年からの物理基礎につなげていきたいと考えています。

それでは各先生から自己紹介をお願いします。

高橋：

札幌市立平岸中学校の高橋と申します。初めて参加させていただきます。中学校では小中の連携というのがずいぶん言われていますが、中高もやはり連携が必要だと思っています。どうぞよろしくお願いします。

熊谷：

札幌市立北辰中学校の熊谷です。来年から新しい学習指導要領が始まるということで、そのことについて勉強しなければと思っているところです。自分たちが送り出した生徒を高校の先生方がどう受けとめているのかということもお聞きしたいと思っています。よろしくお願いします。

児玉：

同じく、札幌市立北辰中学校の児玉と申します。よろしくお願いします。昨年、北辰中学校へ赴任しまして、その前は札幌市の青少年科学館に3年ほどおりました。中高一貫に関する仕事もしております。その中で触れ

た中高の連携みたいなものをこれから議論しなければならないのですが、何分わからないことが多いすぎますので、自分もこの場で勉強したいと思っています。よろしくお願いします。

中道：

札幌北高校の中道です。郡部の高校勤務だったときは中学校の先生と話す機会もあって、部活動も教科も一緒にいろんなことをやってきました。札幌にきてそういう機会が少なくなっていました。昨年に引き続きですがよろしくお願いします。

横関：

本日のテーマですが、昨年と変わっていません。学習指導要領が改定され、高校については来年から数学と理科が先行実施、中学校も移行措置が始まっています。新学習指導要領で中学の理科、特に物理分野がどう変わったのかを教えていただくということ。それから中学校の理科の物理分野において指導上の課題が何なのか、どのような工夫をされているのかということ。高等学校物理基礎という科目が多くの中学生が履修するという状況になりました。高等学校の物理基礎をどうしたらよいのかということ。そして、すべての生徒のための物理教育とはどうあるべきなのか、という点を議論していきたいと思います。

今回は事前にいくつかのテーマを確認しまして、中学校で変わったというところを中心に、高校ではこんな風に取り扱おうとしていますが中学校についてはどの程度、どのようにやっているのか、中学校の先生方からコメントいただきながら、高校の物理基礎と中学校理科の関連しているところを皆さんで確認していきたい思います。

まず最初のテーマは圧力です。新しい中学校学習指導要領では水圧が入ってきました。高校の物理基礎の教科書で水圧がどのように扱われているのかをご紹介した後で、中学のようすをお聞きしたいと思います。

物理基礎の教科書には、ゴム膜を張った3つの筒を水中に入れる実験が紹介されています。ゴム膜の様子から同じ深さでは水圧は上下左右すべての方向に同じ大きさ

であることがわかります。そして、水圧の大きさは深いほど大きいことが示されています。水を入れたペットボトルに穴をあけ、飛び出す水の勢いから、深いところほど水圧が大きくなっていることを示す写真もあります。

物理基礎では、水圧がある面の上の水の重さが原因であるということから、式 ρhg を導き出します。

さらに、物体の上面の水圧と、下面の水圧の差が浮力であるということからアルキメデスの原理を示すというのが物理基礎の扱いです。中学校では式は扱わないと思いますが、高校では水圧の差から浮力が生じる説明をします。

これまで中学校では水圧は取り扱わなかったということですが、新しく水圧をどの程度扱っているのかご紹介下さい。

高橋：

今、移行措置に入りまして、水圧を扱っています。新しくとはいって、昔の指導要領に水圧はありました。そのときと今学習する内容が近づいてきています。

物理基礎の教科書の図をみて、中学校と同じものだと思いました。つい最近私もやりましたが、ゴム膜をはつた実験装置は、本校では演示用に1台しかないですが、学校によっては生徒実験用に十数台あるところもあると思います。ペットボトルに穴をあけて水流を見比べる実験も、円筒形の筒に穴をあけて水を出すものですが同じです。そのほか、ビニール袋やポリ袋に手を入れて水槽の中に入れて、圧力を感じるという実験もあります。中学校ですから、まずは体験から圧力や水圧を感じるということです。

私の場合は、ある深さの圧力はいくらかという計算もやっています。そして、その差が浮力になることまでやっていますが、それは必ず扱うという内容ではありません。

熊谷：

小学校では気圧をやっています。空気の力によって押し縮められると逆に力がはたらくことなどを小学校でやり、それを受け中学校でも気圧をやります。中学校ではさらに水圧が入ってきます。

今まで中学校の理科は1分野、2分野の上下の4冊の教科書だったのですが、これからは1年、2年、3年と学年ごとになります。この中には、ペットボトルやゴム膜の実験も示されています。

本校ではゴム膜の実験装置を4人くらいの班に1台ずつで実験をやりました。小学校はまず体験してみて、中学校はそれに加えて少し数量的なものを加味するという感じですね。高校のように式を出すということはないで

すが、深さの違いで水圧が異なるということはやっています。中学校での水圧の捉え方としては、その上にある水の重さが圧力としてかかるから、という程度のおさえです。浮力もそれにそったおさえです。

横関：

高橋先生からさきほど、水圧を面にかかる水の重さで計算するというお話がありましたが、実際に底面積×高さで体積をだし、密度×体積から水の重さを出して、水の重さを底面積で割ると圧力です、といった計算を中学校でもやらせるということでしょうか。

高橋：

そうです。15年前にはそのような計算もありましたし、今もやっています。水の密度を1として計算してますが、海水でやっても面白いのかなと思っています。私はそれでやっています。下位の生徒には若干理解が難しいかもしれません、だいたいの生徒は分かってくれています。

横関：

水圧の計算では、力の単位はニュートンを使っているのですか。

高橋：

中学校での圧力の単位は N/m^2 です。Pa も出てきます。

横関：

熊谷先生は、今の水圧の計算は扱われていますか。

熊谷：

中学校では、重たいものを沈めていくという実験をやります。例えば、教科書などではフィルムケースなどを使っていますが、ある程度の体積のあるものをだんだん沈めていくと、それにともなってニュートンばかりの伸びが変わっていく。全部沈んでしまうと、後は変わらない。その辺の計算ですね。体積と力の関係、計算から浮力のようなものを求めるくらいです。細かな計算というところまではいかないですが、数量的な関係があるという押さえができるようにもっていきます。

横関：

さきほど紹介した物理基礎で扱う浮力の式ですが、高校1年生でやらせる場合もあります。私のまわりでは数学の先生や他教科の先生からは、「これを1年生でやらせて大丈夫なの？」と言われます。今のお話を聞くと、文字になった分は少し難しいですが、概念的には中学校でやっているものだと思いました。この浮力の式を高校1年生で扱うことについて、中学校の立場からはいかがですか。

高橋：

高校1年生ならば、当然やるべきだと思います。

熊谷：

力は中学校1年生でやりますので、やはり難しい感じはします。高校1年生でも、ちょっと難しいと思いますが、中学校できちんと勉強していた生徒はそれなりにイメージとして持っていてくれると思いたいです。

児玉：

中学校の教科書本文に、浮力の式に関連することとして、「上面と下面に働く水圧は、下面の方が大きいため、その水圧によって生じる力も下面の方が大きい。上面と下面にはたらく力の差によって生じる上向きの力が浮力である」と載っています。

さきほどもありましたが、中学1年生でやってしまうものですから、「浮力とはこういうものだぞ」と、この式でスタートされると、やはりつらいだろうと思います。もう一度このあたりの概念形成を押さえて、生徒が中学時代の学習を思い出してから、こういう式が出てくるのが生徒にとっては自然な流れだろうと思います。それは扱いが難しいということではないと思います。

横閑：

次に交流についてです。交流についても今まで中学校ではやっていないというおさえでよろしいでしょうか。

熊谷：

詳しくはやっていません。これまで軽く触れることがありました、交流という言葉は新しく、復活して出てきました。

横閑：

これまで中学校では、交流という言葉がなく、新しい学習指導要領では、直流と交流の違いを理解するということになっているようですね。高校の教科書では、直接コンセントからオシロで電圧の変化の波形をみる実験が載っています。それから交流の発電機については、コイルを磁石のそばで回すと電流の向きが変化するという話と、そのグラフが載っています。さらに、家庭用コンセントの電圧は100Vと言っているが実際は+141Vから-141Vの間を周期的に変化しており、周期が東日本で50分の1秒だという話も出ています。中学校での交流の扱いについてご紹介下さい。

熊谷：

中学校では、コンセントの電圧を測定するオシロの写真は出ています。しかし、数値的なことは全く触れていません。向きと強さが周期的に変化するのだという点だけ扱います。発光ダイオードを振る実験も出ています。直流だと点きっぱなしですが、交流だと点滅しているのが、振ってみるとわかりますね。その程度で数値的な話には触れません。

児玉：

今、話に出ていた発光ダイオードを左右に振って、点滅していることから直流との違いを示すくらいの扱いでいた。オシロで波形が出てくるので、直流との比較というだけで今まで終わっていたと思います。新しく、交流を扱うことになりましたが、教科書では直流と交流との比較で1ページだけです。ですから、数値を扱うのではなくて、直流と交流との違い（波形も違うし、周期的に変わるという点）を扱う程度しかできないと思っています。コイルが出てきてもそこからの発展というのもありません。コイルはコイル、モーターはモーターという別の扱いになっています。それをつなげてグラフの波形まで取り扱うのはできないと思います。

横閑：

そうすると、今まで交流をやっていて、これからもあまり変わらないという感じでしょうか。

児玉：

取り扱いの重さはあまり変わらないと思います。

高橋：

交流は扱うというより触れるに近いと思います。小学校の学習から始まって、中学校でも乾電池を使ってプラス極からマイナス極に電流が流れるという学習をします。日常生活とのかかわりを考えたときに、交流は当然触ることになります。本校は古い学校なので交流用の電流計、電圧計があります。しかし、授業でそれに関する実験をするわけではないので、触れるという言い方をしました。ただ、中学校では技術家庭科で電気の学習があります。技術家庭科では交流の利用という学習をしていると思います。

横閑：

次のテーマは、力の合成と分解です。平行四辺形で力を合成したり分解したりというのは、昔の中学生はやっていました。一度やらなくなつて、また始まるということだと思います。来年(平成24年度)入ってくる1年生は中学校で扱っていることになります。中学校学習指導要領では2力のつりあいについて、1年生でやっていたのが3年生に移るような表現があります。その辺りも含めて、力の指導について何か指導の内容が変わったということはありますか。

児玉：

3年生になって、丁寧に扱えるようになったかなと思います。力の合成・分解とか、平行四辺形とか、矢印の長さとか、そういう理屈の部分は子どもたちは理解します。しかしそれが、例えば日常生活の中にどう現れるのか、どういう現象なのか、そういう部分になかなかつ

ながりません。これは力の指導に限りませんが、そういう部分は、1年生であっても3年生であっても変わらないと考えています。

斜面の力に関わるところなどは、子どもたちの理解に時間はかかるのかなと思っています。

横関：

斜面の上に物を置いて、重力を斜面方向と斜面垂直方向に分解するようなことは、中学でも扱っていますか。

児玉：

はい、扱っています。

横関：

続けて同じ質問を高橋先生にお答え願います。

高橋：

大きくは変わらないです。例えば、先ほどの浮力も上下の力の差ということでは力の合成ですよね。感覚的にとらえられる部分もありますが、厳密に言えば、合成・分解の学習の後の方が良いのではないかと思います。また、浮力のところでは、上下の面に関しては良いですが、左右はつりあっているという考え方をします。それも、本当はつりあいの学習の後の方が良いと思います。

斜面ですが、改訂前の教科書では、力の分解をやっていません。斜面を台車が下る実験をやったとき、だんだん速くなる運動という説明について、私は重力の斜面方向分力がはたらき続けるという説明をしました。教科書ではそういうことは出でていません。しかし、それを扱わずに、ただ、「これは速くなる運動です」という説明で良いのかなと思っていました。教科書も苦し紛れに、「斜面を下らせる力」のようなあいまいな表現で触れてはいました。力の合成・分解をきちんとやるというのは、当然大切だと思います。

横関：

高校では、物理基礎で最低限必要なベクトルの基本は説明することになります。数学の先生の中には、「こんな1年生でやって大丈夫なの」と言う方もいますが、「昔は中学生でやってたんですよ」なんていう話をしています。

実験を含めて、平行四辺形の法則を扱うということで、そんなに問題はないかなと思っているのですが、中学の先生のご意見をお聞きしましょう。

熊谷：

中学校3年生の力の合成・分解のところで、力の平行四辺形は確かにやっています。3年生でやっているので、前より接続は良いはずだと思います。

横関：

それでは次のテーマは仕事です。仕事については、し

ばらく中学校で扱っていないかったと思いますがいかがですか。仕事という用語は最近新しく出てきたということでおろしいでしょうか。

熊谷：

だいぶ前はありました。一回なくなつて今回また出てきました。力と距離を掛け合わせて仕事を求めることが始まり、エネルギーという内容に重点を置くようになつた感じです。

横関：

今、エネルギーのお話がでましたが、エネルギー保存ということで、今まで中学校では熱エネルギー、電気エネルギー等、全部をひっくるめたエネルギー保存やエネルギー変換の話だけで、力学的エネルギーに注目しているという印象は私にはなかつたのですが、いかがでしょうか。

児玉：

力学的エネルギーは以前から扱つてきました。それ以外のエネルギーをしっかり扱うようになってきたということだと思います。

横関：

力学的エネルギーは中学校でもずっと扱つてきたのですね。それでは少し長くなりますが、高校での仕事の扱い方を中学校の先生にご紹介します。

教科書では仕事とは何かからスタートして、「力×変位」が仕事であると定義します。力の向きと移動している向きが違うときには、変位の向きの力の成分が仕事をする話をします。その後、力の向きと移動した向きが逆向きだと負の仕事、垂直だと仕事をしないという話になります。そして、運動エネルギーが出てきて、多くの教科書は本に物差しを挟んで台車をぶつけるような実験操作から運動エネルギーの式を求めます。それから運動方程式と等加速度直線運動の式から、仕事をもらつたら運動エネルギーが増えることにつながります。その次に位置エネルギーを重力のする仕事から導出します。そして位置エネルギーの減少した分が重力がする仕事であることから、力学的エネルギー保存則を説明します。

ストーリーはこんな感じです。これを高校1年でやるのはハードかなとも思うのですが、学校事情によつてもかわると思います。

中道：

本校では1年生でこれまで仕事から力学的エネルギー保存則につづく話はやっています。1年生で扱うのに問題があるかというと、やり方次第だと思います。力学的エネルギー保存は中学校でも基礎的なことはやつているのでイメージしやすく、問題ないと思いますが、仕事

がらむとイメージしにくくなります。教科書のストーリーだと、運動している物体に仕事を加えると運動エネルギーが変化するとなります。これを式で表すことに生徒はギャップを感じるようです。だから式を変形していって、その結果こうなりますねという、式を追つていっただけで生徒に伝えられるかというと、そうではないと考えています。その部分をいろいろと工夫しなければなりません。そういう意味では1年生で扱うには注意です。力学的エネルギー保存の法則を導出するときに式だけ追つていってやると、生徒は拒否感を示し物理嫌いにつくことになるでしょう。

横関：

人学の先生からは、「仕事を説明しないで、なんで力学的エネルギー保存が説明できるんだ」というご意見もあるのではないかと思います。先ほど中道先生から、仕事が入ると難しくなって力学的エネルギー保存は比較的わかりやすいという発言がありました。そのところをもう少し補足していただけますか。

中道：

目で見えるからです。

横関：

落ちてきたら早くなるという感じですか。

中道：

斜面やジェットコースターの例のように、ある高さから同じ高さまでもどってきて、途中の一番低いところが最も速いなどは、直感的に理解しやすいところがあって、それを式で表現していく最初と最後だけ考えればよいので、生徒は比較的すんなり理解できます。仕事を扱うというのは途中経過がどうなっているかを考えなければならぬので、なかなかすんなり入っていきません。実際に入試問題を解かせても、仕事が絡むとすっとは解けないことがあります。

横関：

中学校には新しく仕事が入ってきたということは、仕事を扱わなくても力学的エネルギー保存をこれまでの中学校では扱っていたということだと思います。実はそこに高校現場が知りたいヒントがあるように思うのですが、力学的保存の法則を説明するのに仕事から追っていくと教師側は体系的で気持ち良いのですが、生徒は仕事と言われたときに、「それがどうしたの」という感じになります。中道先生の発言もよく理解できて、力学的エネルギー保存はわかりやすいところがあります。

仕事の難しさについて中学校ではどうなのか、そして、仕事ぬきで力学的エネルギー保存をどのように教えてきたのかコメントをお願いします。

児玉：

教科書の流れは、仕事からエネルギーのところに入つて、力学的エネルギー保存の法則につながります。仕事とは何かというところで生徒はつまずくというか、理解できないということがあります。さらに仕事が運動エネルギーや位置エネルギーにはつながりません。仕事でつまずくし、仕事と運動エネルギーや位置エネルギーとは何の関係があるのかという感覚になります。力学的エネルギーというものは、高さと速さの足し算という、その部分はなんとか理解できます。

理屈ではスラストと説明してつながっていると教員の側は思っているのかもしれないですが、生徒にとっては仕事と運動エネルギーは寸断されている感じがします。仕事って何？、エネルギーはわからない、という感じです。しかし高さと速さのエネルギーの足し算という部分はなんとかわかる。それが実情じゃないかと思います。

仕事は3年生でやるのですが、式は中学校では出てこないので、高校1年生で学習するときに、「中学校の時にやっていたよな」、といきなり入っていくと生徒はかなり難しく感じると思います。

中学校で教えなければならない部分でも、仕事から力学的エネルギーへつなげる説明については、我々中学校の教師もしつくりいっていない部分もあります。生徒にとってはなおさらで、難解なものという捉え方をしていると思います。

横関：

仕事が入ってきてから、仕事の話を最初にして、その後に、力学的エネルギーを学習するというのは、やはりやり方が新学習指導要領で変わった感じがありますか。

児玉：

今年も移行措置で3年生でやっていますが、仕事は仕事になっているんです。なかなか力学的エネルギーにつながらない。中学校の教え方では、高校のように式の連携でつなげるということはしませんので、仕事がどのよう力学的エネルギーにつながっていくかは説明しづらい、教科書を使いながらだとなおさら教えづらいという部分はあります。

横関：

ここで確認しておきたいのですが、速さと高さを足すという話がありました。運動エネルギーと位置エネルギーを足してそれがかわらないという表現だと思うのですが、高校では $1/2mv^2$ とか mgh という量があるので足すことはできるのですが、中学では何を足すことになりますか。

児玉：

教科書によく出でますが、ジェットコースターをモデルにして、ジェットコースターの曲線で、高さ（位置エネルギー）が低くなるとその分だけ速さ（運動エネルギー）が増えて、その和（力学的エネルギー）が一定というグラフがあります。速さと高さを足すというのはそういう意味です。そういう図で理解しています。

横関：

そうすると、位置エネルギーの減った分だけ運動エネルギーが増えるということは中学校での説明でも使われるということです。

児玉：

そういうことになります。

高橋：

仕事を学習せずにエネルギーは学習できないと私は思っています。中学校ではエネルギーの説明として、何かに対して仕事をする能力ということを言っています。運動エネルギーも位置エネルギーもそういう捉えです。ですから仕事をということをやらずにエネルギーの学習をするのは難しいです。

前の学習指導要領には仕事というのになかったのですが、私はどうしても触っていました。仕事という言葉も使っていました。ここで問題なのは、仕事という日常生活で使っている言葉と、理科での仕事の捉えは違い、概念形成がしづらいということです。力学的エネルギー保存に関しても、例えば振り子の実験にせよ、ジェットコースターの例にせよ、ここから転がしたら同じ高さまでいきますと言っても、そのままにしていたら必ず止まります。それが現実ですね。学習すべき中身と現実が若干ずれているから、子供たちの経験の中から捉えるものと、授業で学習するものと若干のずれがある。そこが子供たちにとって困ってしまうところかなと思います。

力の分解・合成の話でも同じですが、数学とのかかわりがあります。力学的エネルギー保存の法則の前に、位置エネルギーにはこんな特徴があります、運動エネルギーにはこんな特徴があります、というのも私はできるだけ定量的な実験で示します。例えば、球をレール上に転がして木片にぶつけて、木片の移動距離を測定して、結果をグラフに描かせて、質量とのかかわり、高さとのかかわり、そしてビースピをを使って速さも測定させています。速さについては2次関数のグラフも描かせなければなりません。数学で2次関数の学習をやるのはその実験より後です。そこがやりにくいところですが、なんとか捉えさせてから、理屈っぽい力学的エネルギー保存への流れで学習しています。

数学の先生には怒られるかもしれません、理科にとって数学はツールとしての要素があると思います。そういったところで、子供たちの理解が難しいところもあるかなと思います。

横関：

そうすると高橋先生はこれまでずっと、仕事を使ってエネルギーを説明しているので、学習指導要領が変わってあまり指導内容は変わらないということでしょうか。

高橋：

そうですね。指導の流れとしてはそんなに変わらないと思います。ただし、今度の学習指導要領では仕事の大書きシートの計算があります。ですからそれは扱うことになります。これまでにはやっていませんでした。仕事の概念ということはやっていましたから基本線は変わらないと思います。

熊谷：

中学校で仕事について具体的に学習していることは、力の方向にどれだけ動いていますか、ということです。扱うのは主に垂直方向で、垂直に持ち上げた時、ある重さのものを何m持ち上げると何Jの仕事をしたか、といったことです。仕事の原理も、動滑車を扱う実験が必ず出てきて、動滑車を使ってものを引っ張り上げるとき、力は半分になるけれども距離は倍になるという実験をさせながら、力とものが移動した距離によって仕事が決まるんだということは、しっかりとやります。しかし、なかなか難しいのは、これが斜面になったとき、同じ高さまで斜面で持ち上げても仕事は同じだよ、ということまではつながっていません。そこは難しいのかなと思います。仕事からつなげてエネルギーの方へいきますが、中学校でのエネルギーのおさえ方としては、まずは位置エネルギーは高さに比例するというのがスタートです。だいたい比例というおさえです。2次関数になるとなかなか難しいですね。今度の教科書では発展で出でますが、教える内容の中心的なところからは難しいと思います。位置エネルギーと運動エネルギーの和は保存される、そして、高さと位置エネルギーは比例するという関係まではなんとか教えています。

振り子は子供たちも目で見てわかりやすいので扱います。中学校では見てわかりやすいといふところがけっこうポイントになると思います。振らせてみると摩擦があるので止まってしまいます。確かに同じ高さまでほぼ上がってもどっていきます。途中に釘があっても同じ高さになるという説明も実験とともに示します。実際にやるとなかなかうまくいかないところもありますが、だい

たい同じ高さまでいきます。そういう視覚的な部分、体験的な部分ができるだけエネルギーを捉えさせていきます。それが高校では式という形で発展させていくということだと思います。ですから、ベーシックな部分は今紹介された高校物理基礎の流れとそんなにかわらないと思います。

横関：

先ほど児玉先生からは、仕事とエネルギーの関係について、仕事は仕事、エネルギーはエネルギーで分断されているという意見がありました。高橋先生からは仕事を定義してからエネルギーを説明する、仕事なしではエネルギーは語れないという意見がありました。対照的な話だったと思うのですが、熊谷先生はいかがですか。

熊谷：

それは、生徒側の意見と教師側の意見という感じですね。教師は流れを大事にしたい、子供たちは仕事の勉強をしたところで一旦終わってしまう。エネルギーは全く新しいことをやっているということを子供たちはイメージしているように思います。僕たち教師はそうではなくて、つながっているんだよと言つてはいますが、子供たちは仕事の計算とエネルギーの計算は別物と捉えているのではないかと思います。だから、仕事の勉強で一旦終息してしまっている。できるだけそうならないようにしたいとは思っています。

横関：

それではこのあたりでフロアからの質問を受けたいと思います。

伊土 政幸（北海道大学理学研究院）：

交流について、中学校でどの程度教えているか知りたいと思っています。実は大学一年生に商用電源の周波数を聞いてもわかる学生の方が少ない状況です。最大電圧が141ボルトと知っていると即答できる者が3割程度しかいません。あとで高校の先生にもお伺いしたいのですが、中学校では技術科の方で少し詳しく教えていると高橋先生のお話にありましたか、どの程度なのでしょうか。

高橋：

技術科で扱っているのは、家の中の電灯線についてです。子どもたちに聞いたらコンセントの電圧が、100Vだという事を知らないんです。そういう学習だと、室内配線が並列になっていることとか、そういうことを技術科では勉強しています。交流について、その特性をがっちりやっているわけではありません。中学校の理科でも、グラフの形などはやっていますが、少しだけ触れている程度です。

伊土：

大学一年生でそういう基本的なことも知らない学生が多いと言うことで、科学技術立国の日本の将来はないな、と思ってしまいます。高校のテキストを見ると実効値までちゃんと出ています。ところが大学生が何で知らないのか不思議です。私は中学校の時にアマチュア無線をやっていたこともあります。中学校の時に周波数や電圧ぐらいは覚えていた気がするんですが、何故このような大学生が多くなってしまったのか？それが高校で起きているのか、中学校で起きているのか、それを普段から知りたいと思っていたところです。

横関：

3割というのは理系の学生ですか。

伊土：

理系の学生です。私の1年生の学生実験で聞くんですが、私が教えているクラスは100%理系の学生です。毎回オシロスコープを使う実験で聞いています。年によってわかっている学生の数は変動しますが、最近は2、3割じゃないかと感じています。30年前に周波数がわからない理系の学生なんかいませんでした。今は知っている方が少ない。最近の授業は現実の、日常で接する現象と離れた形で教育をやっているのでしょうか。大学生だって目に見える現象に、やはり親しみを感じて理解を深めていくわけです。中学に限らず大学でも同じです。知識のための知識として学んでいるせいか、受験が終わってしまったら知識がすべて消えてしまいます。そんな受験のための知識もために勉強するのはホンとナンセンスで、基本的に理科の教育、理科に限らないと思いますが、今後考え直さなければならないと感じています。交流の50Hz, 60Hz, 141Vの質問をするたびに、考え込んでいます。

横関：

このような意見が大学から出て、たくさんの生徒を北大に送っている学校の先生としては、中道先生いかがですか。3人に1人しか最大電圧141Vを答えられないとは、私は本當かなと思うんですけど。

中道：

生徒には大学の先生は必ず聞いてくるぞと、僕は言つておきますが・・・教科書には確かに出てくるのですが、入試問題にはあまり出てこないですよね。だから、どっかで抜けちゃうんです。授業では僕は教えていますが、問題ばかり解いていると多分こういう風になるのだと思います。

個人的には、一つは教育の問題があると思うのですが、日常生活で使っている電化製品がブラックボックスになっていると言うことも大きいと思います。僕が小さいと

きは 60Hz と 50Hz の違いが分からないと、関西へ行くと使えない電気製品とか昔ありましたね。そういう実生活に根ざした経験が、今の生徒は無いので、そういう部分も大きいのだろうと思います。

電球を換えて感電したことがある生徒などは今はほとんどいないと思います、それを教育、例えば物理の授業などでどう補えるかということも、考えなければいけない時代なのかなとは思います。

熊谷：

私も同じことを考えていました。僕らが小さいときは、自動車のプラモデルを買って来て、こわいたらモーターを取っておいて、そのモーターをつないで今度は四輪の自動車を作って、電池を何本つないで、なんていうことをやっていました。それから電気製品もアダプタが無いところでどれが使えるかっていう、そこに 100V と書いてあったり、そういうけっこう大変な思いをしながら遊んでました。今の子どもたちは便利すぎるのかな、という印象はあります。なんでもかんでも簡単にできますから。さきほど電球を取り替える話がありましたが、僕も電気の授業を始めるときに、「みんなの家で電球を取り替えたことある?」と聞いたら、取り替えたと言う生徒はほとんどいませんでした。それでは、「この蛍光灯何ワットか知ってる?」と聞いたら知りません。今は LED とか流行っていますけど、そういうことを考えたこともない。今はもう、ほとんど何もしなくても電気製品を使ってしまい、考える余地がないし、またそこで遊んでみようとかいうこともしないですね。

コンセントにシャープの芯をつないでポンなんて（場内笑い）いうことも、やったら怒られますからやらないんですけど、昔はやって怒られました。ショートして物が壊れたとか、今は危ないから止めなさいと言いますけれど、そういう経験も無くどんどん大人になっていく世界になったのでしょう。そうすると、先ほどの計算上とか教科書上とか授業の中でやっても、生活に密接につながらなくなると思います。

伊土：

数字を出したあとは数字だけが一人歩きするので、ちょっと補足しておきますが、回答できる割合が 20~30% というのは周波数の方で、電圧に関しては 141V が出てこないのは同じですけど、さすがに 100V と答えられないような、そこまでひどい学生はいません。あとは、突如質問するので、学生が緊張して正答率が悪いということはあるかもしれません。学生の名誉のために付け加えておきます（場内笑い）。

坂田 義成（北嶺中・高等学校）：

力や仕事のところで、中学校では「力」と言うものを、どのように教えていますか？生活で使っている力をそのまま使って、力には押す力とか、重力とか、そういうものがあるっていう教え方をしているのか。あるいは、そうではなくて、「力とはこういうもの」という教え方をしているのか。教科書の扱いはどういうふうになっていますか。

横関：

高校の教科書では、物体が変形するとか、物体の運動のようすを変えるものが力だと、そんな表現になっていると思いますが、中学校ではどうでしょう。あまりにも身近な言葉過ぎて、定義もせずにそのまま素通りしているかもしれません、いかがですか。

児玉：

力のはたらきっていうことで、変形させるだとか、物体を支えるだとかいうことはやりますが、1 年生のときにその学習があります。合成や分解などの学習は 3 年生になっていますので、その学習をあまりふまえないのでスッと入ってしまうことが多いと思います。1 年生でその力のベースの勉強をして、運動とかエネルギーって言うところの一つで力のつり合いの学習をするので、まず「力とはなんぞや?」というのは 1 年生のときに色々な現象を見せながら、変形だとか支えるだとかっていうことをおさえるのが、力に関わっては最初だと思います。

坂田：

中学校では最初から力の単位はニュートンだと教えますね。1 ニュートンというのはどういう力だと、授業でどういう風に教えるのですか。

熊谷：

ニュートンについては根本の部分ではなくて、教科書では「約 100g の物体にはたらく重力の大きさを 1N と言います」と書いてあります。

坂田：

すると力は重力で定義しているようなものなのですか。

熊谷：

そうです、スタートはそうなります。

坂田：

同じことで、高校では質量の定義というのはあまり教科書には書いていないですが、中学校で重さとは違う質量というものを学ぶことになっています。中学校では質量というものをどういう概念として教えていますか。

熊谷：

上ざらてんびんに分銅がのっている例で、どこで測つ

ても変わらないのが質量です、という説明です。

坂田：

そうすると重力が無いところでは上皿でんびんは使えませんから、重力があることを前提として、同じ重力がはたらいているものは同じ質量だという説明ですね。ということはいわゆる、重力質量として教えていると言うことですね。

熊谷：

はい、そうです。

横関：

高校になって初めて $ma=F$ が出てくるということになりますね。次の質問をどうぞ。

佐々木 淳（道立教育研究所附属理科教育センター）：

歯止め規定があるものと無いものと、教え方が変わったかどうか聞きたいのが一つ目の質問です、歓迎するか歓迎しないかと言う話を含めて、お願ひします。二つ目の質問は、学習指導要領に書いてある内容の順番は指導する順番ではないということが書いてありますが、その辺をうまく活用している事例はありますか。それともやはり淡々と教科書にそって教えていくというのが大体なのか。その辺を教えて下さい。

高橋：

私は歯止めがあつてもなくとも、必要な概念は教えなければならぬと思っています。平成14年ぐらいだったと思いますが、市内の先生方にアンケートをとったことがあります。その頃は発展的な学習というのがありました。例えば、恒星の色と温度の関わり、力の合成などは扱わなくなつたのですが、それはどうなのだろうかといひアンケートです。ミーマムスタンダードだから、発展的な内容はやつていいよということになつていきました。

我々としては、やっぱりそれを教えずに済ますわけにはいかないだろうという意見が多数でした。だから、私は全然変わらないし、今回の改定については歓迎しています。

二つ目の質問の、指導の順序性がなくなったことについてです。中学校で一番、指導の順番で左右されるのは生物教材です。例えば1年生では、植物の学習を本州のスタンダードである4月に入れます。でも北海道では4月ではまだ花が咲いていませんから、ある程度咲いてから取り入れたりしています。もう少し現実的なことを言うと、本校は3人理科教員がいて理科室は2つです。例えば化学の教材が学年で重なると、理科室の使用が重なったりします。調整のために授業の配列を決めることがあります。

学習内容的には、物質の性質を学習するのは1年生の

始めです。それは探究のしかたを定着させたい、課題解決的学習を身に着けさせたい、というねらいからです。私が所属している研究会でも、あるいは札幌市の教育委員会でも、その指導の順序というのを考えていますが、教科書会社が出しているものと、大きなずれはないという気がします。物理の分野に関しては、1つの学年の中で2つ入ってくるということはありませんので心配ないと思います。

熊谷：

これまでの指導要領では、非常に中途半端な内容が多くて、歯がゆい感じがありました。当然、授業時数は限られていて、子どもたちも、ほぼ100%に近い子が高校受験のことはしなければなりません。その中では、やはり時間との戦いになります。私も教科書の内容を超えて発展的にやっている部分はありました。しかし、他の部分がおろそかになつては困るので、オールラウンドに教科書を全部こなしていくかなければならないという点もあります。歯止め規定がはずれたとしても、そんなに極端には変わらないだろうと思っています。教科書に載っていることは一通りやりながら、その中で時間を工夫して生み出してきた部分で、いくつかできるかなというぐらいです。

次に順序性です。教科書は1年、2年、3年の分冊になっているので、この順番は、どこも、たぶん変わらないと思います。一冊の教科書の学年の中での順序性というのは、極端なことを言えば、学校に任せてしまつても構わないものです。しかし、中学校3年生のいわゆる学力テストや、季節的な部分とか、いろいろな校内事情に即しながら、だいたいこの順番になることが多いと思います。

児玉：

これまでのいわゆる発展的な学習という部分は、案外、日常生活との関わりが深かつたり、経験をしたことがある内容が扱われていました。実は勉強してみたら、理屈も理解できて、生徒が非常に興味を持つというのは良くありましたから、自分も結構扱ってきました。ただ、先ほどから言われているように、時間がかけられないというのが実情です。今回、それがなくなったからといって、特段大きな変化はないと思います。これまで発展という扱いだったものが本文に入ってきて、より扱いやすくなつたということは当然出てくるでしょう。

横関：

次のテーマは、中学でも昔からやっている慣性の法則と作用反作用の法則についてお聞きしたいと思います。慣性の法則と言うと、中学校ではどのように扱われてい

ますか。

高橋：

コップの上に厚紙をのせ、厚紙の上に10円硬貨を置いて、厚紙をはじくと10円硬貨がコップの中に落ちるような実験はあります。よく出るのがだるま落とします。子どもたちが慣性の法則を自ら見出すような実験はあまりないですが、映像を見せたりもします。等速直線運動の流れで、力が加わらなければその状態を保つというような学習をしています。

横関：

「慣性の法則とは？」と高校1年生に聞くと、中学校で習っていますから生徒はスラスラ答えます。しかし、例えば黒板消しを黒板のチョーク受けのところで押しながら等速直線運動させてやると、押すのをやめると止まります。「等速直線運動するには一定の力が必要だよね」と意地悪な質問をすると「そうですね・・・」と答える生徒が多いと思います。「慣性の法則」というのは知っているが、何かストンと落ちていないという気がするのですが、その辺はどうでしょうか。

高橋：

力とか電流とか、子どもたちが目に見えにくいというか目に見えないもの、これはやっぱり理解が十分でないと思うときがあります。今のお話の逆の例で、力が働き続けていたら速くなるなどは、テスト問題ではできても、本当に日常生活の事象と結びつけてきちんと理解しているかというと、理解が浅いを感じるときもあります。

横関：

続きまして作用反作用の法則です。この法則も、「AがBを押したらBがAを押し返す」というように生徒は答えますが、この大事さというのは高校生もわかつていられない場合があるように思います。中学校ではどのあたりが大事だという感じでしょうか。作用反作用はわかりにくいところがありますが、いかがですか。

熊谷：

よく出てくる絵としては、スケートボードに乗って、壁を押すと自分が押されるというものです。前の教科書では水面の上で2つのボートにそれぞれ乗って、一人が相手を押したら自分も動きます、というのもありました。

子どもたちが混乱するのは、つりあいと作用反作用との区別化・差別化です。どちらも一直線上で、逆向き、同じ大きさの2力ですから、その違いを見極めるのがなかなか難しいところです。作用反作用ということはイメージはできるのですが。

横関：

中学校でも2力のつりあいと、作用反作用の2力との

違いをきちんと学習しているということですね。その辺は高校で教えてもなかなか定着していない部分です。

それでは次はゼネコン（手回し発電機）です。エネルギーの部分で教科書に記載があります。昔、センター試験にも出ましたが、ショートさせたときと、離したときと、抵抗をつないだときで、ハンドルが重いのはどの順番ですか、というものです。エネルギーに関連してゼネコンが使われることが多いようです。それから高校では、電流を流したら回るのがモーターで、回したら電流が流れるのが発電機で、実は同じものですということで、発電機とモーター、両方の図が載っています。ゼネコンというものは中学校の教材としては、どんな場面でどの程度扱われているでしょうか。

児玉：

ゼネコンはよく使います。2年生の磁界とか、モーターとコイルとか、ゼネコンをよく使います。

抵抗の大きさによって、ハンドルを回す重さが変わってくるような体験的な学習はしています。

横関：

モーターと発電機が同じ装置だという点はどうですか。ゼネコンに電流を流しても回る、回すと豆電球がつく、という扱いはしていますか。

児玉：

よく扱ってはいますが、しっかり理解できているかというと、なかなか難しいと思います。扱いとしては教科書にも同じような図が出てきます。

モーターのほうはコイルの回転を4つに分けた連続写真みたいな形で出てきます。しかし、それぞれの場合で磁界の変化や電流の向きなどがどうなっているのかなどは理解しづらい感じです。

横関：

最後に抵抗の接続についてです。これは高校で、直列に2個つないだときは足し算で、並列に2個つないだときは逆数の足し算の逆数、という計算があります。私は今年の一年生（理科総合）の授業でもやったのですが、この式（並列接続の合成抵抗）を知ってる生徒は3分の2くらいでした。さらに、式を変形して $R=R_1R_2/(R_1+R_2)$ という形を知っているという生徒は、塾で習った者も含めて3分の1くらいでした。つまり、ぜんぜん知らない者が3分の1いて、R=の式に変形したのも3分の1くらいは知っているという感じでした。中学校の教科書ではこの並列の式というのは、全く扱っていないのですか。

高橋：

直列の場合、抵抗を足せば全体の抵抗になります。合成抵抗という言葉は使いませんが、内容は扱います。並

列に関しては、R1, R2 よりも全体の抵抗が小さくなります、という程度の扱いです。でも私は例によってやつてます。おそらくですが、 $1/R=1/R1+1/R2$ 、この式を見て、やったことがあってもそのことを覚えていない、意識していない生徒もいるのではないかと思います。以前は私立高校入試では結構出ていました。ですから、极う先生はある程度いると思います。

横関：

抵抗の接続について、物理基礎では、直列では電流が一定、並列では電圧が一定ということから式を導き出すという形になっています。

さて、今まで中学校でやっていたことも含めて、いろいろとご紹介してきました。何か質問があればいただきたいと思います。

石川 昌司（大樹高校）：

オームの法則についてです。以前、生徒に「オームの法則は？」と聞くと $E=RI$ という答えがけっこうありました。高校では E は起電力にしか使わないので、困ったものだなと思っていたのですが、その後中学校ではどのように教えているか聞きたいのですが。

横関：

それは文字の使い方ということですか。

石川：

文字のこともうなんですが、加える電圧、つまり電池の数とか、電源装置の出力電圧とか、加えた電圧が抵抗と電流の積になるというイメージなのか、それとも、電圧降下、つまり 2 点を電圧計で測ったときの値が RI なんだというイメージなのか、その辺のニュアンスがどうなっているのかお聞きしたいのです。

熊谷：

まず文字について、電圧は V です。十数年前に E だったこともありました。今は V になっています。もし E で答える生徒さんがいれば、それは塾で習ったのかもしれません。塾は中学校と違って昔のことを教えている先生もいらっしゃいます。

オームの法則については、基本としては電圧を抵抗にかけたら電流がどれだけ流れますかということでやるのがスタートです。実際には計測をしますので、子供たちとしては 2 点間で計測した電圧がオームの法則の V というイメージでとらえているのが多いかもしれません。

中道：

ちょっと話がもどりますが、付け加えさせて下さい。作用・反作用の法則が、身についているかどうかですが、そこは難しい内容です。慣性の法則も作用・反作用の法

則も実際に使えるかという点は難しいので、その単元での説明にはそんなに時間をかけないでさらっと流します。その後、いろいろな場面で、作用・反作用の法則を理解して進めているかとか、慣性の法則がちゃんとわかっているか、一つ一つ確認しながら、気を付けながらやっています。作用・反作用の法則を授業で根を詰めてやってもなかなか理解が進まないので、具体的な例が出てきたところで、理解をしていくことを目指しています。

横関：

昨年アンケートをとりまして、中学校の理科の中で物理分野が他の分野に比べて難しいかどうかという設問に對して、予想通りではあるのですが、難しいという回答が半数近くありました。物理分野は難しいという印象が一般的にはあると思います。物理基礎は高校 1 年生がやることも多いと予想されますが、「物理は難しいから全員にやらせるのは無理ではないのか」という意見が他教科の先生方には根強くあります。また、生物や化学の先生に比べて物理教員が足りないという現状があり、中学校では全部の分野を一人の理科の先生が教えるのが普通ですが、高校では科目毎に分かれているという面があります。

さらに物理基礎に続く物理（4 単位）は難解かつ分量が多く、1 年生に対して物理基礎を悠長にやっている余裕はないという意見も、特に大学進学を重視している生徒がたくさんいる高校では出てきます。

今まで物理をやらないで高校を卒業した生徒が多數だったのですが、物理基礎を多くの生徒が履修するという時代が目の前にきています。それについて期待すること、心配されていること、どちらの観点でもけっこうですので、一言ずついただきたいと思います。全部の生徒が高校で物理基礎を学ぶということについて、中学の現場から提言をお願いします。

児玉：

今回話を聞いてきた中で、中学校の物理分野の学習内容と、高校の物理基礎の内容は、中身の違いは大きくなないのだろうと思いました。中学校でやった学習を式で表してみる部分では生徒は難しさを感じる部分があるでしょうが、物理の内容を高校 1 年生で履修することは、大事なことだと思います。

物理という科目的連續性を考えていくと、物理基礎の上に物理（4 単位）という難しい学習内容があるのであれば、1 年生のときの物理基礎は丁寧にやる必要があると思います。「中学校でやったから解るだろう」、という対し方ではなく、中学校での学習内容をもう一度掘り起こして、高校 3 年間の物理を作っていただきたいと思

います。物理（4単位）が重たいからそんなことは言つていられない、という意見は非常によくわかりますが、そのあたりもバランスをとりながらというのがポイントになるのかなと思ってお話を聞いていました。

高橋：

中学校で学習する物理分野は難しいのかということですが、苦手にしている子どもたちが多いのは事実です。たぶんそれは、見えにくいものを扱っていることに一つ理由があると思います。物理の学習は物事の見方の基本的なところを見つけられるものだと感じます。いろいろな基礎的な知識や法則をきっちり積み上げていったところに結果が出る、そういう科学的思考、順序立てて考えるという力をつけることは大事だと思います。

例えばボールが手から離れた後どんな力がはたらいていますかと聞かれたときに、進行方向に矢印を描く生徒はけっこういます。自由落下の場合も、どんなふうに落ちるかコマドリ（一定時間ごと）で絵を描かせますと、等間隔で描いてしまう場合もあります。生徒には経験や思い込みで、何かイメージがあるみたいですね。でも、その辺をきっちり区別して物事の本質を見る学習が物理ではないかと思っています。

それに対して生物、地学の中学校で扱っている分野というのは、例えば「葉っぱの裏にあるこれは気孔という名前です」というような、子供たちに言わせると暗記ということになります。そういう分野の方が点数がとれたりします。しかし生物の分野でも、減数分裂という言葉を答えるのは簡単ですが、「Aという染色体数をもっている動物の、精子や卵の染色体数はいくらですか」、と聞かれたときには答えが出なかったりします。つまり理解ができていないのです。そういう点でいようと、地学や生物、物理も化学も、そんなに子供たちにとっては違わないと思うんですが、テストでの点数は確かに物理は低いかもしれません。是非、高校では、物理をやるべきだと思います。

熊谷：

子供たちにとって、中学校でやっている物理の実験というのは楽しいだろうなど思います。確かに物事の原理を見つめていくという物理の学問はとても大事だと思います。どうして子どもたちが難しい、楽しいけど難しい、と言うのか。それは、説明できないからだと思います。今、中学校でも言語活動を充実させようとしています。やってみることについては抵抗なくやるのですが、それがテストになると書けない、うまく自分の言葉で説明できなかったり、計算がちょっと苦手だったりすると、そのすべてが難しいというイメージになってしまふ。それ

で、子供たちに「どうですか」と聞けば、「難しいですよ」と答えるのではないかと思います。

しかし、物理そのものについて、「面白いな、興味あるな」という思いは、強いのではないかと僕は思います。小中高とつなげていく中で、物事の原理を考えるときに、言葉の活動だとか、基礎的な計算だとか、そういうものがつきまとってきます。そういうものをきちんとさせる中で科学教育、物理教育をやっていけたらいいなと思います。

自分自身も昔は難しいなと思っていたのですが、ある時を境に「物理って一番おもしろいんじゃないかな」と思い、大学受験も物理を取りました。子どもたちの中で、「やれば解るんだな」というイメージができれば、物理に対してどんどん興味を持っていけるのだろうと思います。

中道：

物理基礎がはじまると格段に物理をとる生徒の数は増えると思います。頑張りどころだとは思っています。物理基礎の後は、いろいろと進路があるので、物理（4単位）をとる生徒は今と同じくらいだろうと思います。

先ほどの伊土先生のお話しではありませんが、生きていいくのに必要な知識が物理基礎の中にはいっぱい入っているんだろうと思っています。今日話題にならなかったのですが、今までだったら原子核分裂については物理Ⅱでしか扱っていなかったので、高校の理科を履修していく原子力に関する内容を習う機会というのは実は極わずかの生徒でした。今回の改訂で非常に多くの生徒がそれに触れるができるようになります。物理基礎は高校生全員が履修するわけではありませんが、今までよりは増えるだろうと思います。

今日いろいろとお話を聞いて、物理基礎の部分は中学校で定性的なことをしっかりとやってきて、高校でそれを定量化する、数値化していくという部分が大きいと思いました。今まで以上に中学校の先生方のご意見を伺ったり連携したりして進めていくことが、きっと高校にも役に立つだろうと非常に感じました。ありがとうございました。

横関：

今後も中学の先生方のアドバイスをいただきながら、高校、大学での実践を進めなければならないと強く感じました。中学校の3名の先生方は本当に忙しいところを参加していただきまして、たいへん参考になりました。今後とも何かありましたら、是非、ご協力いただきたいと思います。それではみなさん、大きな拍手で終わりたいと思います。ありがとうございました。（拍手）

「物理基礎」に対する北海道支部の取り組み

横関直幸 北海道札幌旭丘高等学校

平成 24 年度からの新科目である「高等学校 物理基礎」について、北海道支部では早くからその重要性に着目し、全国に先駆けて様々な取り組みを実施してきた。過去 3 年間にわたるその取り組みを振り返り、これから物理教育について考える。

1. はじめに

平成 24 年度から先行実施されている新しい高等学校学習指導要領の理科では、新科目「物理基礎」が設置された。「物理基礎」は多くの高校生が履修する可能性があるだけでなく、中学・高校・大学の連携を考える上で最も注目すべき科目であり、これからの物理教育の発展に大きく寄与する内容を含んでいる。北海道支部では平成 21 年度より「物理基礎」に対する様々な取り組みを続けてきた。

2. 新学習指導要領と高等学校「物理基礎」

平成 21 年(2009 年)3 月告示された高等学校学習指導要領では、基礎を付した科目（「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」）のうちから 3 科目を必修とすることとなった。このことにより平成 24 年度以降は、「物理基礎」の履修率がこれまでの「物理 I」に比べて上昇することが予想される。一方で以下のようないくつかの課題が指摘されていた。

- (1) 物理は難しいので、すべての生徒に履修させるには無理がある。
- (2) 物理教師の数が不足している。
- (3) 物理を受験科目とする生徒以外（いわゆる文系生徒）には教えにくい。

これらの課題を克服し、全ての高校生が学ぶべき「物理基礎」とはどうあるべきかを研究する必要ができた。そのため北海道支部では、以下に紹介する新しい企画に取り組んできた。

3. ミニ模擬授業

北海道支部では毎年 12 月に支部研究会を開催している。2009 年からは支部研究会の中で、「ミニ模擬授業～新科目『物理基礎』を意識した授業の提案～」と題した企画を実施してきた。物理基礎で扱う内容について、「ストーリー、サプライズ、デモンストレーション」の 3 つのキーワードを意識しつつ、高校教員の支部会員が参加者を生徒に見立てて 15 分間で模擬授業を行うもの

である。ミニ模擬授業の後、「『物理基礎』の登場～みんなで授業をデザインしよう！～」というテーマで全体討論を実施した。これまで実施したテーマは以下の通り。

【2009 年】

- (1) 「速度の導入～変位と時間～」
- (2) 「作用と反作用」
- (3) 「位置エネルギーと運動エネルギー」

【2010 年】

- (1) 「波動の導入～縦波と横波～」
- (2) 「電気分野の導入」
- (3) 「熱機関を理解する」
- (4) 「振り子の力学的エネルギーとその保存」

【2011 年】

- (1) 「運動の法則」
- (2) 「熱とエネルギーの導入（熱と温度）」
- (3) 「圧力と浮力」

4. 物理教育シンポジウム

「物理は難しいので、すべての生徒に履修させるには無理がある」という意見がある一方で、中学校ではすべての生徒に物理分野を含めて理科教育を実施している。学力差がある集団に対して、物理基礎の授業をデザインするためには、中学校での学習内容を把握することが必要である。そのような視点からシンポジウムを企画することになった。第 1 回は 2010 年 11 月に開催され、中学校 2 名、高校 2 名の教員をパネリストに迎えた。主なテーマは以下の 4 点である。

- (1) 新しい学習指導要領のもとで、中学校理科の物理分野はどのように変化しているのか。
- (2) 中学校理科の物理分野において、指導上の課題は何か。
- (3) 高等学校「物理基礎」は、どうあるべきか。
- (4) すべての生徒のための「物理教育」とは、どうあるべきか。

第 2 回は 2011 年 11 月に開催し、中学校 3 名、高校 1

名のパネリストで実施した、議論を通してわかったことは、中学校物理分野と高等学校物理基礎は重なる部分がたくさんあるという点である。式の扱いなどはもちろん異なるが、中学校で学んだ物理概念を深化させるためにも物理基礎が重要であることが明確になった。

5. 物理基礎の授業案

北海道高等学校理科研究会物理研究委員会が2012年8月に発行した「物理基礎の授業案」の作成に関して、多くの北海道支部会員が協力した。この冊子は、すべての高校生が学ぶことを前提にして、「ストーリー、サブライズ、デモンストレーション（演示実験）」の3つをキーワードに、これまでの物理の授業を再検討することを目的に編集された。

予想はされていたが、平成24年度より使用されている物理基礎の教科書は、「発展」と称した内容が多く記載され、全てを扱えば3単位以上の分量となっている。物理基礎は2単位(年間70時間)であるが、定期試験、生徒実験、問題演習、各種行事などを考慮すると、授業として説明に使えるのは45時間程度と思われる。45時間で何をやるのかを提案しているのが、本授業案である。概要は以下の通り。

- ・運動の表し方【4項目】
- ・様々な力とその働き【8項目】
- ・力学的エネルギー【6項目】
- ・熱【7項目】
- ・波【9項目】
- ・電気【7項目】
- ・エネルギーとその利用【1項目】

「物理教師の数が不足している」という現状では、物理が専門ではない(化学や生物が専門の)教員が物理基礎を担当する場面も増えると思われる。この中に示された多様な授業案を基に、物理が専門ではない理科教員も含めて、新しい視点で「物理基礎」の授業がデザインされることが期待される。

6. 大学入試センター試験の理科設置科目

平成21年告示高等学校学習指導要領に対応した大学入試センター試験の理科の出題科目については、平成23年4月に発表された(平成24年7月一部変更)。当初は「基礎を付した4科目」がセンター試験科目となるだろうという見方が大勢を占めていた。しかし、発表された内容は予想に反し、「基礎を付さない科目(4単位)」と合わせて8科目が設置された。

受験するパターンも、以下A～Dの4つのパターンか

ら各大学が指定することになった。

- A「基礎を付した2科目」
- B「基礎を付さない1科目」
- C「基礎を付した2科目+基礎を付さない1科目」
- D「基礎を付さない2科目」

高校では生徒の負担が増え、基礎を付した3科目をやる余裕がないという声も一部にはある。例えば、Bパターンで受験できる大学が増えた場合、文系生徒を中心として理科1科目にウェートをかけ、残りの基礎を付した2科目は形骸化することも心配される。

7. まとめ

これまで述べたとおり、「物理基礎」の登場は物理教育において注目すべき出来事である。中学、高校、大学は、それぞれが入試でつながっており、ややもすれば批判的な意見をお互いに持つこともあった。中学・高校・大学が上下の対立関係ではなく、同じ目標で議論できる環境をつくることは本学会の大きな役割であろう。また、大学入試センター試験の「物理基礎」が学習指導要領の範囲を超えた難しいものにならないように、関係各所に主張していくことも本学会が取り組むべきことと言えるのではないか。

これまでの物理は、いわゆる「理系」の中で物理を大学入試の受験科目とする生徒に対して多くの場合実施されてきた。物理基礎(2単位)に続く物理(4単位)の内容はかなり高度であり、大学受験を考えた場合、物理基礎をすべての生徒に対して丁寧に(時間をかけてゆっくりと)扱う余裕はないという声は根強い。一方で、物理を大学受験科目としてきた過去の生徒についても、基本的な理解が疎かになっているという指摘もある。

文系、理系といった将来の進路に関係なく、すべての高校生が学習すべき「物理基礎」とはどうあるべきか。「数式を用いるか、否か」といった単純な議論ではなく、中学・高校・大学をつなぐ取り組みを通して、相互の立場を理解し合うことが大切である。「物理基礎」を単なる「物理(4単位)」の導入としか考えていないとすれば、10年後の学習指導要領改訂を待つまでもなく、「やはり文系の生徒には物理基礎は無理だ」という声が大きくなると予想される。

「物理基礎は、学び甲斐がある、学ぶ意味がある」という世論(生徒、保護者、高校教員、大学教員、等)をつくる努力を続けることが必要であろう。

物理分野の指導に対する学生の意識調査と 解説実験書(物理学分野)の紹介

北海道教育大学旭川校 阿部 修, 林 雅子 北海道教育大学札幌校 岡崎 隆, 尾関 俊浩
北海道教育大学釧路校 中川 雅仁, 山本 傑介 秀明大学 寺前 洋生

北海道教育大学では、子どもたちに科学的リテラシーを身につけさせ、自信を持って理科を指導できる教員の養成を主な目標の一つとして活動を行っている。その一環として平成22年度に理科教育プロジェクトを立ち上げ、各種調査を行うとともに、理科の解説実験書を編纂した。プロジェクトの活動のうち、物理分野に関するものにスポットを当て、本学の学生の物理分野の指導に対する苦手意識の調査結果と解説実験書の内容を報告する。

キーワード 科学的リテラシー 教員養成 苦手意識調査 解説実験書

1.はじめに

北海道教育大学では、子どもたちに十分な科学的リテラシーを身につけさせ、自信を持って理科を指導できるような教員の養成を主な目標の一つとして教育活動を行っている。その一環として平成22年度～24年度にかけて、文部科学省特別経費プロジェクトとして採択された「21世紀型実践的指導力を有した理科教員の養成・支援プログラムの開発」、通称北海道教育大学理科教育プロジェクト¹を立ち上げ、各種調査を行うとともに、教員を目指す大学生や現職教員向けの理科の解説実験書「新しい北海道の理科」を編纂した。この解説実験書は、教員養成カリキュラムにおける理科の中核的な教育内容を解説し、教員が実験・観察を、自信を持って行えるよう手引書を目指し執筆したものである。

参考文献[1]によると、理科の分野の中でも物理学分野の指導が「苦手」「やや苦手」と答えた教員を目指す学生の割合は、理科4分野（物理・化学・生物・地学）の中で最も高い。このため、とりわけ物理学分野の指導に対する苦手意識をなくすことは重要であると考えられる。

この発表ではプロジェクトの活動のうち、物理分野に関するものにスポットを当て、北海道教育大学学生の物理学分野の指導に対する苦手意識の調査結果と解説実験書（物理学分野）の内容を紹介する。

2.学生の物理分野の指導に対する意識調査

北海道教育大学は北海道の中に5つのキャンパスを有するが、その中の教員養成課程を有する札幌校・旭川校・釧路校に所属し、小学校教員免許あるいは中学校理科の教員免許取得を目指す学部3年生・4年生に対し、平成23年6月に理科の履修状況と苦手分野の把握を目的としたアンケート調査（用紙の配布・回収式）を実施した（両免許取得希望学生は両方のアンケートに回答）。有効回答者数は、小学校免許を目指す学生用のアンケート：297名、中学校理科免許を目指す学生用のアンケート：69名であった。

質問内容と回答方法：

卒業後の希望進路、所属専攻（グループ・分野・ゼミ・教室）、取得予定免許等の項目に加え、参考文献[2]に示されている理科の各単元項目（以下「指導要領項目」と呼ぶ）や、基本的な実験の指導について「自信がある」「やや自信がある」「自信がない」「全く自信がない」の4者択一で回答

アンケート結果(高校での履修科目と入試科目)：

高校で履修した理科の授業を尋ねたところ、化学I、生物Iの履修者が最も多く、およそ230名であった。これに理科総合Aがおよそ130名、物理Iではおよそ90名、理科総合Bではおよそ60名と続き、地学Iでは30名に過ぎない。しかし、センター試験での受験者数は、生物Iが190名、化学Iが90名と続き、物理I、地学I、理科総合A・Bでの受験者は30ないし40名程度である。したがって、本学の入学者の多くは生物を深く学んできているが、物理学、地学を深く学んでいる学生は少数に

¹ <http://www2.asa.hokkyodai.ac.jp/research/staff/rikaproj/> を参照のこと。

とどまるようである。

アンケート結果(物理分野の指導に対する自信)：

小学校教員免許取得を目指す非理科専修² の学生で、理科の各分野の指導要領項目について「自信がない」「やや自信がない」と答えた学生の割合が最も高いのは地学(約 6 割)であり、最も低い生物に比べ約 2 割の差が見られた。集計方法や対象学生の学年分布、質問内容が異なるが、全国の大学を対象とした調査結果[1]では、理科 4 分野の中で指導が「苦手」「やや苦手」と答えた非理科専修の学生の割合は物理で最も高く(約 9 割)、最も低い生物と比べて 4 割以上の差があることから、本学の学生では理科 4 分野間での苦手意識の差は比較的小さいと言える。

次に、物理分野内の項目ごとに比較をおこなった。物理分野に限定すると、電気に関する項目の指導について自信のない学生の割合が高かった。特に、小学校教員を目指す学士の中で、非理科専修野学生では、電気、電流に関し「自信がない」と答える割合が 40%を超える項目がほとんどであった。

文献[3]によれば、中学 1 年の「光・音・熱・力」等、2 年の「仕事と電流」等、3 年の「仕事と電流」等が難しく感じられており、その主な理由は「計算や式が難しい」や「目でとらえにくい」等であることが指摘されている。今回のアンケート結果は、学生の多くが「電流」に関わる諸概念を中学校で十分に理解できず、かつ高校で物理を履修しないまま大学に入学した結果が現れているのであろうと考えられる。

3. 理科の解説実験書（物理学分野）の紹介

解説実験書「新しい北海道の理科（物理学分野）」は「解説テキスト編」「教材指導編」「実験観察編」の 3 部から成っている。「解説テキスト編」は、中学校(高等学校)教諭 1 種免許状(理科)を取得するために必要な物理学概論 I 及び II での使用を念頭に、中学校(高校)で教える内容の学問的背景すなわち、力学・電磁気学・熱力学・量子力学の基礎知識の解説を行っている。その使用目的をふまえ、標準的な記述に努めた。

「教材指導編」では主に小学校理科の授業で使用できることを念頭に執筆を行った。小学校(一部中学校)理科で用いられる基礎的な教材や実験等についての物理学的な視点からの説明を行った。現行の指導要領においては

小学校理科では音の単元が含まれていない。しかし、過去の指導要領では、音と光が同一単元で取り扱われていた経緯があるため、今回の「教材指導編」では、音も扱うこととした。また、原子力発電や放射線については「科学技術と人間」の中で扱うことも考えたが、放射線に対する関心が高まっている社会的な背景を考慮し、別章にまとめることとした。また、コラムでは、光の性質やてこの原理、並列接続の合成抵抗を「最小作用の原理」から統一的に理解できるようにまとめた。

「実験観察編」は物理教材の作成と実験についての内容となっている。中学校理科で、音の教材が少ないことを勘案し、「音と光」に関する教材が 4 点、また、最近関心が高まっている放射線検出に関する教材などが含まれている。これらは、全てが筆者等のオリジナルの教材というわけではないが、児童・生徒の興味・関心を呼び起こし、「理科は楽しい」と再認識してもらえる教材を集めたつもりである。

4. まとめと展望

今回の解説実験書の執筆に際し、2. で述べた苦手意識調査の結果はあまり考慮されていない。このため、苦手意識が高い内容について、必ずしもわかりやすい説明となっていない可能性がある。

また現在、本学の講義・実験棟で解説実験書の利用が行われている。今後、受講学生を対象に解説実験書に関するアンケートを実施する予定である。

さらに、解説実験書を用いた活動として、教員免許状更新講習や教員研修会、シンポジウムでの成果発表等を予定している。これらの機会を通して解説実験書の利用をはかると共に、批判を受け、より良い解説実験書に仕上げていきたい、と願っている。

参考文献

- [1] 科学技術振興機構理数學習支援センター：「理科を教える小学校教員の養成に関する調査報告書（平成 23 年 3 月）」，2011.
- [2] 文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編(平成 20 年 6 月)」，2008.
- [3] 山城 芳郎、森本 寿文、廣瀬 友良：「理科嫌い・理科離れに関する研究－児童生徒及び教員を対象にした調査を通して－」，兵庫県立教育研究所研究紀要第 108 集, pp. 63 - 84, 平成 8 年.

² 理科 4 分野あるいは理科教育のいざれかの系統の専攻(グループ・分野・ゼミ・教室)に所属する学生を「理科専修」とし、それ以外の学生を「非理科専修」とした。

学生プロジェクトによる地域連携・理科教育支援活動の実績と 今後の展望

Activities by a student project team for regional collaboration and science education assistance

千歳科学技術大学 長谷川 誠
Chitose Institute of Science and Technology Makoto Hasegawa

抄録 千歳科学技術大学の学生プロジェクトチーム「理科工房」は、平成 15 年度から積極的に地域連携・理科教育支援活動を展開しており、その活動件数は年間 50 件を超えた。この活動は、地域に確実に根付きつつあるとともに、参加学生に対する教育・スキルアップの場としても役立っている。今回は、活動に参加している学生を対象に実施したアンケート結果を紹介し、活動の成果や今後の展望・課題を紹介する。

キーワード 学生プロジェクト、キャリアアップ教育、科学教育、地域連携、地域貢献

1. はじめに

千歳科学技術大学の自律的学生プロジェクト・理科工房は、平成 23 年度も積極的に地域連携・理科教育支援活動を展開した。活動の経緯や特徴は既に報告済であるが¹⁻⁶⁾、ここでは、平成 23 年度を中心にこれまでの活動実績を紹介するとともに、活動への参加学生を対象に実施したアンケート結果に基づいて、活動の効果や今後の展望・課題を述べる⁷⁾。

2. 平成 23 年度までの活動実績

理科工房の活動は、当初は千歳市内の小中学校と連携した理科実験授業の立案・実施（理科教育支援）が主たる活動であったが、最近では、児童館や科学館と連携した活動、青少年のための科学の祭典などの各種イベント

への参加など地域連携の件数が増加している。図 1 に地域連携・理科教育支援に関連した活動件数の推移を示す。

平成 16~18 年度は文科省の現代的教育ニーズ取組支援プログラム（現代 GP）としての活動時期であったが、その終了後しばらくしてから活動件数が急増し、平成 23 年度は計 53 件に達した（この他に、学内で高校生対象の出張講義や模擬実験における TA（ティーチングアシスタント）業務なども実施している）。

平成 21 年度以降の年度毎の活動内容の内訳を見ると、「小中学生対象の実験授業」の件数が横ばいであるのに対し、「イベント参加件数」や「科学教室などの開催数」が顕著に増加して、全体の件数を押し上げていることが分かる。これらは、地域の児童館や科学館、PTA、町内会、商店街振興組合などの様々な機関・団体と連携

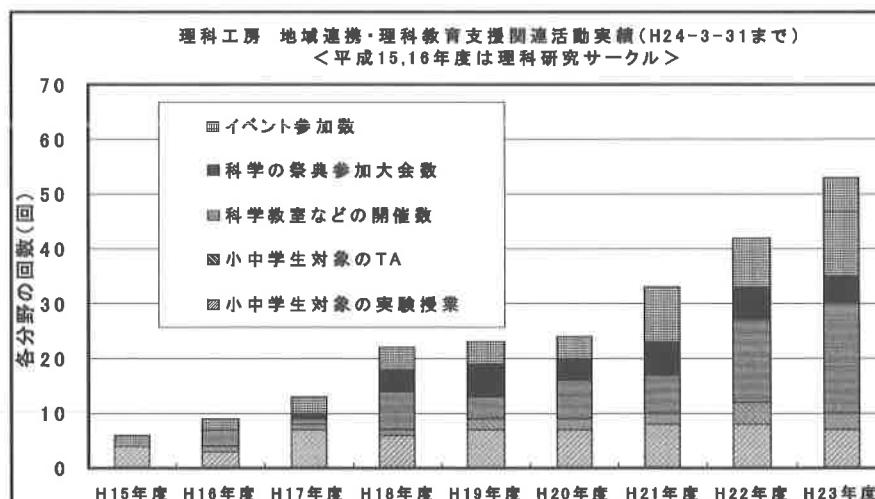


図 1 理科工房の地域連携・理科教育支援に関連した活動件数の推移

した活動であり、教員、PTA 役員、児童館指導員、科学館展示員、町内会・商店街の役員などから具体的な依頼がある。すなわち、現場レベルでの連携が進展して、草の根的に活動範囲が広がっていることになる。

上記のような本活動に対して、平成 23 年度には「千歳市青少年顕彰」「北海道青少年顕彰」、ならびに「第 8 回小柴昌俊科学教育賞・奨励賞」を、それぞれ受賞した。

3. 参加学生のアンケート結果に見る学生の意識と活動の効果

本活動に顧問教員として関わっている筆者としては、本活動のねらいを、「地域連携」「学生教育」の 2 つの観点から捉えている。

すなわち、地域連携の観点では、学生が地域に出て持続的・反復的に活動を展開することによって、子どもたちやその保護者層の理科・科学技術に対する興味・関心を継続的に喚起することができる。特に、熱意のある学生たちによる活動であることから、理系を専攻する学生の姿を子どもたちに身近に感じさせることができることも、効果的に作用し得ると考えている。

このような地域連携に関する効果を定量的に判定することは難しいが、前述のように地域での活動件数の着実な増加は、本活動が地域で着実に浸透していることを示していると言える。

イベントや科学・実験教室・授業の準備作業における学生間の議論や、子どもたちや保護者に対する演示・説明の実施を通して、学生たちは、物理現象に関する知識を獲得したり、自分たちの既習知識を再確認・再認識したりする機会を得ることができる。さらに、活動を通してプレゼンテーション能力やコミュニケーション能力など様々なスキル・能力を育成する機会を得ることが可能であり、一種のキャリアアップ教育の場としても効果的に機能し得ると考えている。

こうした学生教育面での効果に関連して、実際に活動に参加している学生たちがどのような意識を持っているのかを探る目的で、平成 24 年 7 月に、参加学生を対象に簡単なアンケート調査を実施した。具体的には、いくつかの設問とそれに対する選択肢を記したアンケート用紙を学生に配布し、その場で無記名にて回答・提出してもらった。回答者数は 17 名であった。以下に、得られた結果のいくつかを紹介する⁷⁾。

3. 1 活動への参加動機

14 個の選択肢の中から本活動への参加動機として該当する項目を、複数回答を可として選択してもらった。

その結果、「何らかのスキルアップを図りたい」「学生生活を有意義に過ごしたい」の選択が多く、次いで「理科実験が好き」「子供の相手をするのが好き」「手作業（ものづくり作業）が好き（やってみたい）」が選択された。これらからは、もともと実験やもの作りに興味があり、子供の相手も苦にならない学生が、向上心を持って活動に参加している傾向がうかがえる。

3. 2 活動に対する満足度

活動への満足度を「満足」「ほぼ満足」「やや不満」「不満」から選択する設問では、回答者 17 名のうち満足が 9 名、やや満足が 7 名になった。「やや不満」「不満」を選択した残り 1 名は、「先輩がすご過ぎて到底追いつけない」ことを理由としており、活動自身への否定的な回答ではなかった。

3. 3 活動を通して重要なこと

理科工房の活動で（活動を通して）何が重要だと考えているかを、いくつかの選択肢の中から複数回答可で選択してもらった結果を図 2 に示す。これより、単に「理科離れの防止につながる活動をすること」だけではなく、「広く地域社会への貢献につながる活動をすること」が、より多く選択された。その一方で、自らのスキルアップや知識の獲得・再認識の機会とすることを挙げた学生もあり、参加学生は「地域連携」「学生教育」の両面での意識を有していることがわかる。

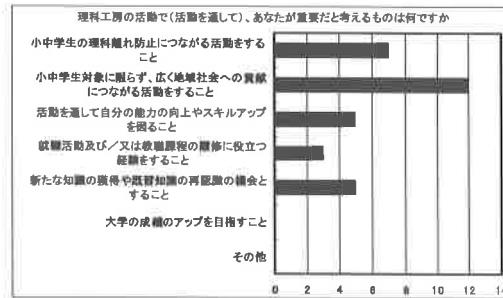


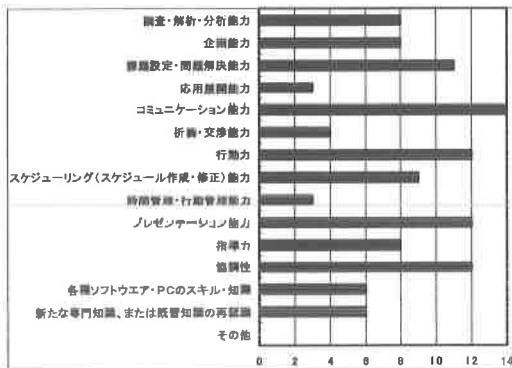
図 2 本活動で重要なものに関する回答結果

3. 4 獲得したと思う能力・スキル、足りない（向上の必要がある）と感じた能力・スキル

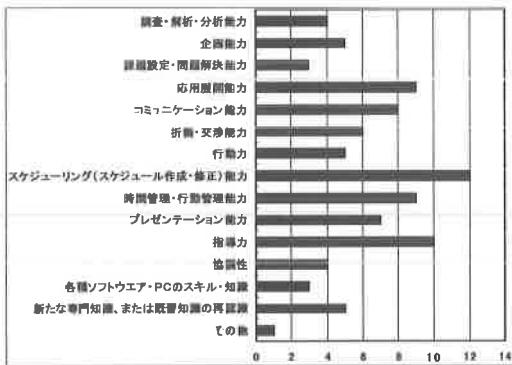
過去のアンケート¹⁻⁴⁾と同様に、いくつかの能力・スキルをリストアップした中から自分に該当すると思うものを複数回答可で選択してもらった結果を図 3 に示す。-

図 3(a)の「獲得したと思う能力・スキル」では、コミュニケーション能力や協調性など協働作業に関連する能力、行動力や課題設定・問題解決能力など自律的な活動

形態に関する能力を獲得できたとする回答が多い。学生の自己申告ではあるが、キャリアアップ教育的な効果は認められると考えている。一方、図3(b)の「足りない（向上の必要がある）と感じた能力・スキル」としては、スケジューリング能力を挙げた学生が多くいた。活動件数が増加したことで限られた時間内での準備作業が必須となり、切実に感じているものと推察される。



(a) 獲得したと思う能力・スキル



(b)足りない（向上の必要がある）と感じた能力・スキル
図3 活動を通した能力・スキルの獲得や向上の必要性に関する回答結果

3. 5 本活動の単位化を望むか

この設問に対しては、「はい」2名、「いいえ」12名、「どちらともいえない」3名と圧倒的に否定的な回答が多かった。否定的回答理由の記述としては、単位化した場合に単位目的の学生と本当に活動がしたい学生との間でギャップが生じる可能性があることを問題視する意見が多くあった。

3. 6 アンケート結果の総括

これまでに紹介した学生アンケートの結果からは、活動内容に対して真に興味を有する学生たちが熱心に活動

に参加していること、参加学生はおおむね活動内容に満足していることなどがわかる。また、顧問教員の筆者が抱いている活動のねらいと参加学生の実際の意識の間に大きなギャップではなく、活動に関する意識のベクトルは合っていると判断できる。全体として、単位取得を目的とせず、学生の自主的・自律的な行動を重視する活動方針が、効果的に機能していると考えている。

4. 今後に向けて

本活動からは参加学生のキャリアアップ教育的な効果が期待できるが、活動への参加学生数をいかに確保するかが直近の課題となっている。また、小中学校の授業時間数の増加に伴って、小中学校での実験授業の内容を教材としての理科単元の内容に関連させることができるものになってきており、従来以上の連携が必要となつている。

参考文献

- 長谷川：“学生の自主的プロジェクト活動を通じたもの作り教育”，応用物理，Vol. 77, No. 7, pp. 803-808 (2008-07).
- 長谷川：“自律的な学生プロジェクト活動を通じた学生教育と地域連携”，応用物理教育，Vol. 33, No. 2, pp. 27-34 (2009-12).
- 長谷川：“学生プロジェクトによる理科・科学の啓蒙活動”，大学の物理教育，Vol. 17, No. 1, pp. 32-36 (2011-03).
- 長谷川：“学生チームによる科学啓蒙・地域連携活動の実践（千歳科学技術大学における事例報告）”，物理教育研究，Vol. 39, pp. 44-49 (2011-09).
- 長谷川：“自律的学生プロジェクトによる地域の理科教育支援活動を通じた学生教育効果”，大学教育学会第34回大会発表要旨集録，pp. 122-123 (2012-05).
- 長谷川：“学生チームによる科学啓蒙・地域連携活動とその教育効果”，物理教育，Vol. 60, No. 2, pp. 117-118 (2012-06).
- 長谷川：“学生プロジェクトによる地域連携・理科教育支援活動の実績と今後の展望”，第29回物理教育研究大会発表予稿集，pp. 74-75 (2012-08).

物理講義ノート「原子力発電」Ⅱ (陰極線の観察からはじめる核エネルギーの話)

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆

核エネルギーの解説を陰極線による電子の発見から始める。原子の構造を知ることによって核エネルギーの巨大さを理解することができる。原子と原子核、エネルギーの定量的考察を中心にした解説を試みた。

キーワード 陰極線、電子、原子核、核エネルギー

1. はじめに

「科学」で行った講義の概要を「物理講義ノート - 原子力発電」としてまとめ、昨年度の物理教育研究に投稿した。講義では原子力発電の物理的な原理、核分裂と核崩壊を化学反応と比較し定量的に説明することを目的とし、原子構造、電子と原子核、陽子と中性子、同位体などの基礎知識をはじめの段階で説明した。しかし学生にとってはなじみの薄い多くの概念の説明を詰め込んだため、これらが十分に理解されないまま講義が進行する不十分さがあった。これを改善するため今年度は導入部分で「高電圧放電」、「陰極線」などの演示を行い原子構造の解説に時間を割いた。「はやぶさ」のイオンエンジンの話題、ラザフォードの実験に使われた「金箔」の実物を見せて作製法を紹介するなど学生の関心を引く試みを行った。以下はその概要をまとめたものである。

2. 実験室で観察する放電、陰極線

パン・デ・グラーフ起電機は、摩擦による帯電の蓄積により高電圧を発生する装置である。環状のベルトで摩擦によって発生した電荷を金属球殻に運び蓄積することにより高電圧が発生する。クーロンの法則によれば帶電した球殻内の電場はゼロになる。点電荷による電場が距離の二乗に逆比例することを裏付け、クーロンに先立ってキャベンティッシュが示した静電気力の性質である。このために球殻内に運ばれた電荷は球殻上の帯電による影響を受けることなく次々と球殻に蓄積してゆくことになり高電圧が生み出される。現在では静電気力の効果や放電を観察す



図 1 パンデグラフ起電機

る理科教材機器として使われ、教材カタログ¹⁾にはその性能として「約 20 万ボルト、放電距離 75mm」などと掲載されている。空気の絶縁破壊が $3 \times 10^6 \text{ V/m}$ 程度とされているので、雷なども含めて空気中で放電が起こる目安の電圧 $10^6 \text{ V} = \text{百万ボルト}$ を覚えておこう。空気が電気の流れを妨げているので、空気を減らしてゆけば放電は容易に起こる。これも理科教材として使われているクルックス管²⁾では数百ボルトの電圧により放電は陰極線として観察することができる。陰極線はガラス管内に存在する希ガスの発光として観察される。これらの現象を実験室で観察しておくことは、原子、電子、原子核、放射線とそれらのエネルギーを学ぶ上で基本的なイメージを提供する重要な体験になる。

3. 電子の発見

トムソンによって 1897 年電子が発見される。高真空のガラス管の中で高電圧放電を行うと陰極線が生じ、この正体が電荷 ($-e$) と質量 (m) を持つ粒子であることが確かめられ電子と名づけられた。高真空ガラス管の中に熱陰極、電極板が配置され、高電圧によって熱陰極から電子が引き出される。

電子は進行方向 (速度 v) に垂直な電場 E 領域または磁場 B 領域を通過するときに進行方向に垂直な電磁力 eE または evB を受けその軌道が偏向しガラス管壁に衝突して蛍光を発する。電子の運動に力学の法則を適用することにより電場、磁場による衝突位置のずれを求めることができる。³⁾ 電場または磁場領域の長さを D 、領域端からガラス管壁までの距離を L とすると $\Delta t = D/v$ 間の垂直加速運動 (加速度 $a = eE/m$ または evB/m)



図 2 陰極線実験装置

と $t = L/v$ 間の等速運動から電子のガラス管壁衝突位置のずれ $\Delta t = (eE/mv^2)L$ または $(eB/mv)L$ を求めることができる（ただし $L >> D$ ）。トムソンは電場、磁場による陰極線の偏向をそれぞれ測定することによってこれらの比から電子の速度 v を求め、比電荷 e/m を導いた。陰極線が衝突したガラス管壁から透過力の大きい放射線、X線が発生していることを陰極線研究を行っていたレンツゲンが発見している。この装置で同じ時期に二種類の放射線 β 線（電子線）、X線（短波長電磁波）が発見されたことになる。

ナリカのクルックス管²⁾では 300V の電圧が用いられ、垂直電極（極板長 $D=2.7\text{cm}$ 、間隔 $d=0.9\text{cm}$ ）に 50V の電圧がかけられるようになっており、これによってガラス管壁 ($L=12.2\text{cm}$) の陰極線衝突位置は 1.3cm 移動することが確かめられる。（逆算すると電子の速度は $v=10^7\text{m/s}$ であることが分かる。）ガラス管壁から出る微量 X 線を防ぐための透明アクリル板防護ケース⁴⁾がある。

ここでちょっと寄り道をしよう。高電圧によって電子が飛び出すと力学の基本法則によって反作用が生ずる。電子は質量が小さいし、装置のガラス壁に衝突するので反作用でこの装置が動き出すことはないが、宇宙空間でのイオン放出の反作用は重要な役割を果たす。小惑星探査機「はやぶさ」のイオンエンジン⁵⁾である。膨大な化学燃料を使う代わりに、何カ月にもわたって少しづつ探査機を加速し続け、小惑星イトカワと地球の往復を実現したこのエンジンは電離したキセノンを高電圧によって宇宙空間に放出することによる反作用で推進力を生み出している。この話に対して、「どうしてキセノンが使われたのですか？」という質問が出てきた。こういう疑問が大切である。

4. 原子核の発見

負電荷を持つ電子が発見されたことで物質の構成要素である原子（中性）に正電荷がどのような形で存在するかが問題となる。トムソンは原子サイズの一様な球状正電荷分布のなかに負電荷の電子が分布していると考え（プラム・プリンモデル）、日本の長岡半太郎は正電荷が核として原子の中心に存在しその周りを電子が取り巻いていると考えた（土星または太陽系モデル）。後者が安定な原子になりえないことは古典物理学の常識である。電荷間に働く静電気力を考えれば、原子は電子と核の間に働く引力で消滅し、核は斥力で破裂してしまう。しかし、天然放射線（ α 線、ヘリウム原子核）を金箔に照射するラザフォードの実験は、原子の中心のごく狭い領域に正電荷が局在していることを示した。なぜ標的に

「金」が使われたのかを考え、金箔の厚さがどのくらいであるか調べてみよう。⁶⁾

原子は原子核と電子から構成され、それぞれの大きさはおよそ原子 10^{-10}m 、原子核 10^{-15}m である。これが安定な原子構造であることは量子力学と核力の存在という新しい物理をもたらした。原子番号 Z の元素は Z 個の陽子（正電荷+e）を持つ原子核のまわりに同数の電子が存在し電気的に中性の原子となっていたのである。原子核の大きさは原子の 10 万分の一である。半径 1m の原子モデルを造ったとき、原子核の半径はどれほどの大きさ（何 mm）になるか計算してみよう。原子より 5 枝も小さな領域に電気力で反発しあう正電荷、陽子が多数詰め込まれていることにより原子核にはこれに対応した巨大な電気エネルギーが蓄えられている。もしトムソン模型が真の原子の姿であったら巨大な核エネルギーも原子力発電もありえなかつたのである。

5. エネルギー（仕事）、熱量

エネルギーはその量を測り大きさを比べてみることが重要である。まず身近なエネルギー量としてカロリー [cal] という単位で測られる「熱量」について復習しておく。水 1g の温度を 1°C 上昇させるのに必要な熱量が $1[\text{cal}]$ である。「エネルギー」として電気エネルギーを、最近はあまり使われなくなった「電熱器」を例にとって考える。コンセントにつなぐとニクロム線が赤く灼熱し煮炊きに使われた。電圧 $V[\text{V}]$ でニクロム線に電流 $I[\text{A}]$ を流す。電流を流した時間 $t[\text{s}]$ に消費された電気エネルギーが $E=IVt[\text{J}]$ で表される。ジュール [J] というエネルギー量の単位である。これで湯を沸かす（水の温度を上げる）ことができるから「エネルギー」と「熱」は等価である。ジュールによる実験で「熱」と「エネルギー（仕事）」の等価性が示され、これらを結びつける換算が「熱の仕事等量」 $1[\text{cal}] \approx 4.2[\text{J}]$ である。物理実験では水熱量計中の水に浸したニクロム線に電流を流し電圧、電流、時間、水量、水温上昇を測ってこの関係を導く。

毎秒何ジュールのエネルギーを消費・生産するか？を仕事率 $P[\text{W}]=E/t=IV$ ($\text{J/s}=W$ 、ワット) で表す。身の回りの電気機器にはこれが消費電力として表示されている。電球のワット数を見ればどれだけエネルギーを消費するか比べることができる。白熱球、蛍光灯、LED 電球のワット数、明るさを比べてみよう。電圧は共通（100V）だから流れている電流の大きさが違っていることになる。また、発電所の発電能力（出力）をこれによって比較することができる。泊原発 1 号機 $58\text{万}[\text{kW}] = 580[\text{MW}]$ （定格出力）、黒部第四発電所 $335[\text{MW}]$ （最大出力）、

太陽光発電メガソーラーは1[MW]が目安である。生み出されるエネルギー量の実績は発電時間に乘じた年間発電量[kWh]（キロワット時）で表される。

もう一つのエネルギー

単位として電子ボルト [eV]がある。これは「1V

の電位差で電子が得るエ

ネルギーの大きさ」と定義

されている。はじめに見た

高圧放電では電子が百万

電子ボルト=1[MeV]のエ

ネルギーを持って放出さ

れる。空気中を突き抜ける

ためにはこのくらいのエ

ネルギーが必要である。クルックス管 300[V]の電圧で生じる陰極線中の電子のエネルギーは 300[eV]ということ

になる。電子一個が持っている電荷量が $e=1.6 \times 10^{-19}[C]$ であるのでジュールとの換算は $1[eV]=1.6 \times 10^{-19}[J]$ である。

電子ボルトは原子レベル（ミクロ）のエネルギー単位で、

我々日常（マクロ）のエネルギー量とはアボガドロ数

$N_A=6 \times 10^{23}$ で結びつけられる。

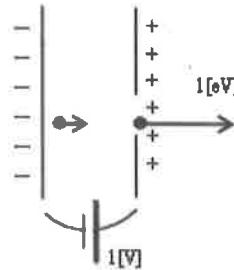


図3 一電子ボルト[eV]

6. 核エネルギーとは

イオン化（電離）エネルギーの大きさを調べてみる。

「理科年表」⁷⁾の「原子およびイオンの電子構造」には元素のイオン化エネルギー（第一、第二）の大きさが「原子（一価イオン）の基底状態から 1 個の電子を無限遠に引き離すのに要するエネルギー」として列挙されている。例えば、水素 13.6[eV]、リチウム 5.4[eV]（第一）、75.6[eV]

（第二）などである。水素

原子の半径を $r_A=10^{-10}[m]$ として電子の電気的位置

エネルギー $U_A=ke^2/r_A$ ($k=9 \times 10^9[Nm^2/C^2]$) を見積もると $U_A=14.4e[J]=14.4[eV]$ となりイオン化エネルギーの大きさが理解できる。

化学反応の反応熱の大きさは素過程（原子・分子一個あたりの反応）で $C+O_2 \rightarrow CO_2 + 4[eV]$ 、 $H_2+O_2/2 \rightarrow H_2O + 3[eV]$ などである。化学の教科書では 1 モルあたりの反応熱が載っているがアボガドロ数 N_A によって次のように換算すればよい。 $1[eV] \times N_A = 9.6 \times 10^4[J/mol]$ 。 $r_A=10^{-10}[m]$ のサイズの原子・分子の中で電子が持っている電気エネルギーは数十[eV]で、化学反応はこれらの電子の組み換えに

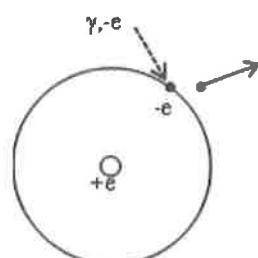


図4 原子の電離

よりそのエネルギーの一部（数電子ボルト）が漏出し反応熱が生じていると理解すればよい。

これに対して核エネルギーは 10 万分の一の大きさの原子核 ($r_N=10^{-15}[m]$) に詰め込まれた陽子群が持つ電気エネルギーによるものとみなすことができる。一対の陽子間に働く斥力による電気エネルギーを前と同じように見積もると $U_N=ke^2/r_N=1.4[MeV]=10^5U_A$ 、大きさは化学エネルギーの 10 万倍である。核燃料であるウラン原子核中には 92 個の陽子が詰め込まれているからこれが持つエネルギーはさらに三ヶタ ($_{92}^{235}U$) 大きくなる。核分裂や核崩壊で発生するエネルギーはここから漏れ出るエネルギーとして理解することができる。

原子力発電は中性子 n によるウラン核分裂で発生するエネルギーを利用しておればそれは次のような反応である。 $^{235}U+n \rightarrow ^{137}Cs + ^{97}Rb + 2n + 200[MeV]=2 \times 10^8[eV]$ 。分裂後の核は不安定で、 ^{137}Cs は次のような崩壊過程をたどる。 $^{137}Cs \rightarrow ^{137}Ba + \gamma(0.6MeV) + \beta(0.5MeV)$ 。メガ（M）は百万 (10^6) を表す接頭語で、 $1[MeV]=1 \times 10^6[eV]$ 。分裂後の不安定核から出る放射線（電子線、 γ 線）のエネルギーは始めに見た百万ボルト放電によるエネルギーに相当し、化学反応やイオン化エネルギーと比べれば桁違いの大きさであり、原発事故で核燃料体を融解させた崩壊熱の正体である。このエネルギーを持つ放射線によってその通過経路にある原子・分子は破壊（電離）される。どれだけの原子が電離するか、その数を見積もってみよう。

空気中に放射された電子は周りの分

子を電離しながら

エネルギーを失う

が、これが生体内

で起ればエネル

ギーを受け止める

のは体の細胞構造

である。

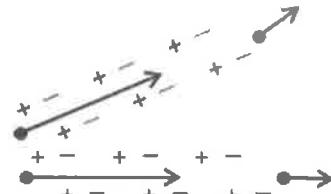


図5 放射線による電離作用

放射線の吸収線量グレイ[Gy]の定義は「 $1[Gy]=物質 1[kg]$ あたり $1[J]$ のエネルギー吸収」とされており、電子線、 γ 線についても等価線量シーベルト[Sv]と同じである。この吸収線量で上昇する「物質」の温度は温度計では測れないほどわずか（水ならどれほど温度が上がるか計算してみよう）であるが、 $0.5[MeV]$ のエネルギーを持つ電子線 10^{13} 本/kg にあたる。「理科年表」によればヒトの致死線量 (X, γ 線全身 1 回照射による半数致死線量推定値) は $4-5[Gy]$ 、自然放射線（一人あたりの年実効線量等量の推定値合計）は $2.4[mSv]$ などとなっている。牛の生レバーカビンに放射線を使う実験が行われており「放射線

殺菌は、温度をあげずに殺菌ができるのが特長で冷凍牛肉レバーに 1.5-3[kGy]の放射線を当て「色、においの差なし」を確認したとのことである。⁸⁾ 放射線はこんなことにも「役立て」られているのである。

- 10) NHK 「東海村臨界事故」取材班：『朽ちていった命—被曝治療 83 日間の記録』(新潮文庫)、新潮社(2006)
- 11) 福岡伸一：『生物と無生物のあいだ』、講談社現代新書(2007)

7. おわりに

核エネルギーを含め、「エネルギー」は測ることができるものとして具体的、定量的に理解される必要がある。エネルギーの単位を理解し使い分け比較することができれば日常生活の様々な場面に登場しているエネルギーに目を向け、目に見えない放射線について考えることができる。自然エネルギーへの転換を求める声が大きいが、そのエネルギーの大きさがどれほどのものであるか知つておく必要がある。

原子、原子核、放射線はマクロな世界とは桁違いな存在で理解することは難しい。しかしその物理は人間の手によって解明され⁹⁾そこから生まれた技術は我々の生活と切り離すことができないものになっており、分からぬこととして済ませるわけにはゆかない。

多量の高エネルギー放射線によって生体が受けるダメージを現実のものとして示した東海村 JCO 臨界事故(1999 年)の記録が再刊されている。¹⁰⁾「生命とは動的平衡にある流れである」とされる。¹¹⁾絶え間なく「再生」を繰り返すことによって維持されている生命は放射線によって根底から破壊される。原子力発電の今後を考えるうえで知っておかなければならぬ事実である。

引用文献など

- 1) ケース理科機器、静電高圧発生装置
- 2) ナリカ理科機器、偏向極板入りクルックス管
- 3) 電子と原子核の発見、ワインバーグ、ちくま学芸文庫(2006)
- 4) 島津理科機器、X 線防護ボックス
- 5) 川口淳一郎：『小惑星探査機「はやぶさ」の超技術』(ブルーバックス)、講談社(2011)
- 6) 金沢金箔「泊一」、金箔製造工程
<http://www.hakuichi.co.jp/kanazawahaku/flow.html>
- 7) 理科年表、国立天文台編、丸善
- 8) くらしのニュース、週刊金曜日 909 号、(2012)、
<http://sankei.jp.msn.com/life/news/120712/trd12071207400002-n2.htm>
- 9) R.L. サイム：『リーゼ・マイトナー』、シュプリングラー・フェアラーク東京(2004)、リチャード・ローズ：『原子爆弾の誕生』、紀伊国屋書店(2009)、
パール・バック：『神の火を制御せよ』、径書房(2007)

「物理基礎」“エネルギーとその利用”の展開例 (原発・大学を巡って学ぶエネルギー資源問題)

北海道函館中部高等学校 関川 準之助

昨年の原発事故以来、放射線の知識を持つことは社会を生きる上で必須になった。折しも今年度から本校では1年次に全員必修「物理基礎」が始まった。その中の「エネルギーとその利用」を学習した後、希望者が原発や大学で学ぶ研修旅行を行い、学んだことを学年全体の生徒の前で発表し、知識を全体のものにするという企画を実施した。多くの生徒たちに原発や再生可能エネルギーなどを考える「素養」は出来たものと考えている。

キーワード 物理基礎、放射線、原子力発電所、再生可能エネルギー、SPP

1.はじめに

本校の生徒は、これまで、「物理Ⅰ」でエネルギーについて、「物理Ⅱ」で放射線や電磁気について学習しているが、物理を選択履修する生徒は全生徒の半数弱であり、生徒の中には放射線などについて学習しないまま卒業していく者も多かった。

しかしながら、昨年3月の東日本大震災に伴って発生した福島第一原子力発電所の事故は周辺に深刻な環境汚染をもたらし、事故から1年半以上経った現在も、汚染の現状や人体への影響、除染方法の模索などのニュースが報道されている。このことから、学校において、次代を担う高校生に、放射線や原子力の利用とその安全性、また再生可能エネルギーの可能性と問題点についての学習を深めさせ、これからエネルギーとの関わり方を考えさせることが、ますます求められている。

こうしたことを踏まえ、本校では、平成24年度から1年生全員必修で始まった「物理基礎」の履修の順序を変更し、夏休み前後に「エネルギーとその利用」を体験的・問題解決的に学ぶシラバスを作成した。

2.実践の流れ

①事前アンケート（6月下旬、1年生全員）

いま現在話題となっている、放射線やその人体への影響、再生可能エネルギーの現状などについて、履修前に生徒たちが持っている知識や疑問を探るため、アンケート調査を実施した。

②授業（7月上旬、2時間、1年生全員）

様々なエネルギーの移り変わりやエネルギー資源・放射線及び原子力の利用とその安全性について学習した。

【使用教材】「物理基礎」教科書（数研出版）

副読本「知っておきたい放射線のこと」

【実験】GM管や霧箱を使った自然放射線や α 線の観察

③原発・大学を巡る研修旅行

（7/18、1年生240名から希望者73名で実施）

生徒が課題意識を持ってより主体的に学習を深めるため、参加者を18グループに分け、①で寄せられた生徒たちの様々な疑問を各グループに1個ずつ割り当てておき、北電泊原子力発電所や北海道大学を巡る日帰りの研修旅行を企画した。

・北海道電力泊原子力発電所

あいにく発電機は定期検査のため停止中だったが、厳しいセキュリティチェックを体験して原子力発電の現場を見学し体感するとともに、東日本大震災による原子力事故を踏まえた泊発電所の対応についての資料などをいただいた。

・北海道大学

大学院情報科学研究科システム融合情報学講座の北裕幸先生に、太陽光、風力、水力、地熱などの再生可能エネルギーを開発し普及させるための方策や、その将来の展望について、高校1年生にも分かりやすく講義をしていただいた。後半には、研究室に所属する大学院生に、あらかじめメールで伝えていた生徒たちの様々な疑問について答えを提示していただき、その後の質疑応答で、生徒からの質問にも丁寧に対応していただいた。

「物理基礎」“エネルギーとその利用”の展開例



写真1 北海道大学での特別講義の様子

④調べ学習 (7/24～28、③に参加した各グループ)

割り当てられていた疑問に対して、研修旅行で学んだことや新聞記事・インターネットを利用して調べたことをまとめて、プレゼンテーション・ファイルを作成した。以下にそのスライドをいくつか紹介する。

Q: 日本の原子力発電で作っている電力を風力・太陽光発電では補えないのか。
担当: 1組C班 雄智 訓希 中村 深子 八幡 大輔 道浦 真理奈

A: 現状では難しいが、将来的に蓄電技術等が発達すれば可能
参考文献: (電気事業連合会)

太陽光発電は日中のみの発電で、風力発電は風の吹き方で発電量が変わる。
そのため発電特性が大きく異なり、そのままで代替は不可能！
原子力発電は安定しているので、「ベーシック電源」と呼ばれている。

Q: 水力発電・太陽光発電のエネルギー変換効率は高いのか 効率よく電力を得られる発電方法はないのか
担当: 1組B班 清水尚貴、高岡洋平、高橋英机、玉野晴音
答: 現状では水力発電の効率が高い
参考文献: 中部電力HP 水力発電の特徴

エネルギー変換効率
→他のエネルギーを電気に変換する効率
→ただし、エネルギー源の入手しやすさや価格も重要
↓
効率よく電力を得る方法の
使い分け方

図: 水力発電の構造

図1・2 生徒が作成したスライドの例

⑤ 1年「物理基礎」調べ学習発表会

(夏休み明け 8/22、「総合的な学習の時間」、1年生全員)

1学年集会の中で、①の事前アンケートで全体から出された様々な疑問についての答を、各グループがプレゼンテーション・ソフトを用いて発表した。

この発表会のねらいは、発表を聞くことで学年全体の生徒が疑問を解消したり、新たに出てきた疑問を自分で調べる手がかりにすることだったので、スライドには、どこからその情報を得たのか、出典を明記させた。

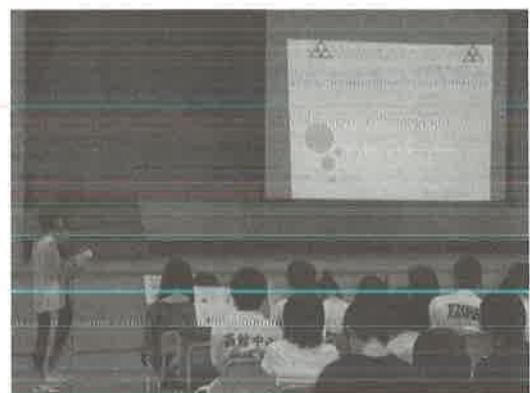


写真2 調べ学習発表会の様子

発表を終えた生徒たちからは、次のような意見や感想が寄せられた。

「2030年の日本のエネルギー政策については、日本は地震国で、原発は事故の被害が大きい。依存度はゼロにすべきだ。」

「核燃料サイクルについて、国は安全性ばかり強調しているが、再処理や高速増殖炉には危険がたくさんあると調べてみて分かった。」

「原発を見学して厳重な警備や津波対策に触れ、事故はめったに起きないのではと感じた。ただ、大間原発（青森県大間町）建設については、事故があったら函館に住めなくなる。それは嫌。」

⑥ 事後アンケート（発表会終了直後、1年生全員）

発表会を終えた直後、一連のプログラムを体験した生徒たちの知識や意識がどのように変化したかを知るために、アンケート調査を実施した。

⑦ 定期考査への出題（発表会の2週間後、1年生全員）

生徒たちの放射線についての知識を定着させるために、定期考査で出題した。

3. プログラム前後の生徒の知識・意識の変化

ここでは、このプログラムを実施する前後で生徒たちの知識や意識がどのように変化したかを紹介する。

◎事前アンケートの結果

福島の原発事故から1年半以上経った現在も、汚染の現状や人体への影響、除染方法の模索などのニュースが報道され、解説記事なども多く目にするが、高校で学ぶ前の生徒たちの放射線に対する知識や理解はどのようなものだろうか。

日時：6月18日 対象：1年生 203名

1. 自然放射線があることを知っていたか？

・知っていた 80%(162)

・知らなかった 20%(41)

2. 次のうち放射能を持っていないものは？

・プルトニウム 4%(9)

・ラジウム温泉 9%(19)

・**鉛** 26%(53)

・太陽 10%(20)

・わからない 50%(101)

3. “マイクロシーベルト”の意味は？

・放射線の強さ 32%(63)

・放射線を出す能力の度合い 17%(34)

・**人体が受けける影響の度合い** 20%(39)

・わからない 32%(64)

4. “半減期30年”的意味は？

・30年で放射線を出さなくなる 3%(7)

・**30年で放射能が半分になる** 54%(108)

・30年で半数が亡くなる 4%(8)

・わからない 39%(78)

5. 薄い金属板を通り抜けられるのは？

・アルファ線 12%(23)

・ベータ線 5%(10)

・**ガンマ線** 34%(67)

・わからない 50%(100)

6. 同じ量の放射線を浴びたときの身体への影響の違いは？

・大人の方が大きい 1%(3)

・**子供の方が大きい** 67%(136)

・同じ 9%(19)

・わからない 22%(45)

7. 放射線を浴びるとよくないのはなぜ？

・子孫への悪影響があるから 26%(53)

・**ガンになりやすくなるから** 55%(112)

・放射線はウィルスだから 2%(5)

- ・わからない 16%(33)
 - 8. “放射能に汚染された牛乳も沸かして飲めば大丈夫”、正しいか？
 - ・正しい 2%(4)
 - ・正しくない 72%(141)
 - ・わからない 26%(51)
 - 9. 原子力発電所で使われている燃料は？
 - ・ラドン 0%(1)
 - ・**ウラン** 86%(173)
 - ・ラジウム 2%(5)
 - ・わからない 11%(23)
 - 10. 風力発電量が世界一の国は(2008年)？
 - ・**アメリカ** 8%(18)
 - ・ドイツ 59%(119)
 - ・日本 2%(5)
 - ・わからない 30%(61)
 - 11. 太陽光発電量で2004年に日本を抜いて世界一になった国は？
 - ・インド 13%(26)
 - ・フランス 22%(44)
 - ・**ドイツ** 21%(43)
 - ・わからない 44%(90)
 - 12. 今まで霧箱を見たことがあるか？
 - ・直接見たことがある 5%(10)
 - ・映像を見たことがある 15%(28)
 - ・見たことはない 80%(150)
 - 13. 仮に今、福島市を訪問することになったとして、あなたはどのように感じるか？
 - ・特に不安はない 25%(48)
 - ・少し不安に思う 45%(88)
 - ・とても不安に思う 30%(59)
 - 14. 放射線や原子力発電・風力発電・太陽光発電などで疑問に思うことや知りたいこと
 - ・今後、火力・水力・原子力より風力・太陽光が増えて主要となる時代が来るのか
 - ・なぜ日本は温泉が多いのに地熱発電が少ないのか、など。
- ※ここで出された主な疑問18コを、研修旅行に参加した各グループに割り当てて答を調べさせた。
- 1～9で、解答の中で正解が一番多くなっているのは、原発事故以来の放射線への関心の高さから来ていると思う。また、事後アンケートで13と同じ質問をした結果、
- | | | |
|-----------|-----|-------|
| ・特に不安はない | 25% | → 20% |
| ・少し不安に思う | 45% | → 53% |
| ・とても不安に思う | 30% | → 27% |

「物理基礎」“エネルギーとその利用”の展開例

のように、“不安に思う”だけでなく“不安はない”もわずかながら減少していた。事故発生以来、“放射線を正しく恐れよう”という言葉を目にするが、13のような不安は、放射線に対する正しい知識がないことから生じているものがあるものと考えられる一方、余計な被曝はしないに越したことはない、という意識からくるものとも考えられる。

◎定期検査の結果

日時：9月4日 対象：1年生 233名

(1) 放射能のニュースで「ベクレル」や「マイクロシーベルト」という単位がよく出てくるが、それぞれ何を表す単位か。

①放射性物質が放射線を出す能力の度合い

②人体が受けける影響の度合い

③放射線のエネルギーが吸収される度合い

答：ベクレル…① 正答率… 82 %

マイクロシーベルト…② 正答率… 80 %

(2) ニュースで、「セシウム137の半減期は30年」などと出てくるが、この意味は何か。

①30年で放射線を出さなくなる

②30年で放射線が半分になる

③この放射線を浴びた人は30年で半数が亡くなる

答：② 正答率… 91 %

(3) 次の放射線のなかで、薄い金属板も通り抜けてしまうものはどれか。

①アルファ線

②ベータ線

③ガンマ線

答・③ 正答率… 70 %

(4) 30歳の大人と10歳の子供が同じ量の放射線を浴びた場合、身体への影響の違いは？

①大人の方が大きい

②子供の方が大きい

③同じ

答：② 正答率… 75 %

(5) 放射線を浴びるとよくないと言われるのはなぜか。

①子孫への悪影響があるから

②ガンになりやすくなるから

③放射線はウイルスだから

答：② 正答率… 73 %

当初の私の予想より正答率は高く、多くの生徒に放射線を考える「素養」ができたのではないか、と考えている。

4.まとめと考察

今年度から多くの高校で「物理基礎」が1年生全員必修2単位の形で始まっているが、

①教科書の厚さに対して単位数が少ない

②センター試験科目になり、多くの文系大学で受験科目の選択肢になっているので年度内に一通り終わらせる必要がある

など、授業時数に全く余裕がないと感じている。

その中で実施した今回のプログラムの特色は、

①従来の「授業」というスタイルは必要最小限にとどめ、生徒が自ら学ぶスタイルを重視する。

②生徒が原発や大学などの現場を体験し実感する。

③真休みを利用した「調べ学習」を行い、発表会でその成果を全体会のものとする。

だったが、①については、“スケジュールにもう少し余裕が欲しかった”との生徒の声もあり、もう少し時間を増やせないか、来年度の改良に向けて検討する余地がある。②については、予算の関係でバス1台40名の予定だったが、希望者が73名に達したため、PTAから金銭面の協力を得て急遽2台で実施した。生徒たちの関心は予想以上に高かった。③については、実際に実施してみると「調べ学習」やプレゼンテーションは小中学校での体験からか、予想以上に生徒たちは慣れているように感じた。入学して間もない1年生のこの時期だからこそ適した学習方法かも知れない。

また、現在はパソコンや携帯電話からインターネットで即座に情報を調べられる時代になっている。そうした中で、従来の知識伝達型の授業の他に、このような、生徒たちが課題意識を持って主体的に学習を深めていく場面をもっと増やしてもいい、と考える。

以上紹介した一連のプログラムは、これから社会を生きていく上で必要になった放射線や再生可能エネルギーなどに対する正しい知識を持ち、ニュースを見る際の「素養」を身につけて欲しいと考え、実施した。今年度の反省点を踏まえ、来年度以降も改良しながら継続して実施していきたい。

なお、この実践は科学技術支援機構（JST）のSPP《講座型学習活動支援》の一環で実施した。また、ご協力をいただいた、北海道電力泊原子力発電所の皆さん、北海道大学大学院情報科学研究科システム融合情報学講座の北裕幸先生ならびに大学院生の皆さんに感謝します。

連続可変低周波発振器の開発と公開（オープンソース） (PCを低周波発振器として使う)

北海道札幌北高等学校定時制課程 高木 伸雄

PCから低周波音を連続的に発振することによって、簡単に様々な物理実験を行うことができる。使いやすくて連続的に変化させることができる発振器がなかったのでMicrosoft Visual C#を使って開発した。物理実験等に使ってほしい。尚、オープンソースとして公開するので自由に改変することができる。

キーワード 連続可変低周波発振、PC、物理実験、公開、他のソフトウェアとの連携

1. 動機

教室で、電子部品を組み立てた低周波発振器と増幅器を使って物理実験を行ってきたが、コンピュータで低周波を発振させるとより簡便で様々な実験に使えるものになると考えた。2年半ほど前からインターネットを使つていろいろ探してみたが、周波数を入力してその音を出すソフトウェアにはすばらしいもの（野口博司氏作 DualOscillator 等）があったが、連続的に変化するものはなかった。詳しく調べたところ、Microsoft Visual C#とNAudio（CodePlexで開発されている.NET向けの音声操作ライブラリ）で作れそうなことがわかった。

（参考になった記事：MSDN マガジン February 2010 > WPF アプリケーションでの音の生成 Charles Petzold URL: <http://msdn.microsoft.com/ja-jp/magazine/ee309883.aspx>）

その後、時間をかけて少しづつ作り、何とか満足のいくものが2011年10月にできた。それを札幌北高校全日制物理担当の今野博行先生（現在函館稟北高校）、中道洋友先生、新年度に入って福士公一朗先生にチェックして頂いたところ、いくつかの機能を追加してより広く使えるソフトウェアに改良すると良いという意見をいただいた。その方向で作り直して、2012年7月に完成了。

最初、自分が行う実験のために作ったものであるが、機能を追加していく、普通の実験を行うには十分使えるものになったので公開して、物理関係の先生方に使ってもらおうと考えた。学校に発振器がない場合でも簡単に実験を行うことができるようになると思う。

2. 機能

- ①周波数が連続的に変化する低周波をWindowsコンピュータ内で発振する。（周波数範囲は1～2万2千Hzの正弦波）
- ②波形（モノラル波、ステレオ波、合成波）をリアルタイムでグラフ表示させることができる。

③位相差を含めたステレオ発振ができる。左右別々に周波数を設定できる。

④上記の機能及び他のソフトウェアとの連携による様々な実験ができる。

⑤グラフ領域を非表示にすることができる。他のソフトウェアと連携して使うときに便利である。

⑥インストール不要の実行形式である。見ればすぐに使えるシンプルなレイアウトにしてある。

3. 使用方法

次ページの図「ソフトウェアの操作画面の図解」参照

4. 起動方法

このソフトウェアはインストール不要の実行形式なので、PCの任意の場所に連続可変低周波発振器フォルダ一ごとコピーして、その中の実行ファイル（連続可変低周波発振器.exe）をダブルクリックする。

留意点

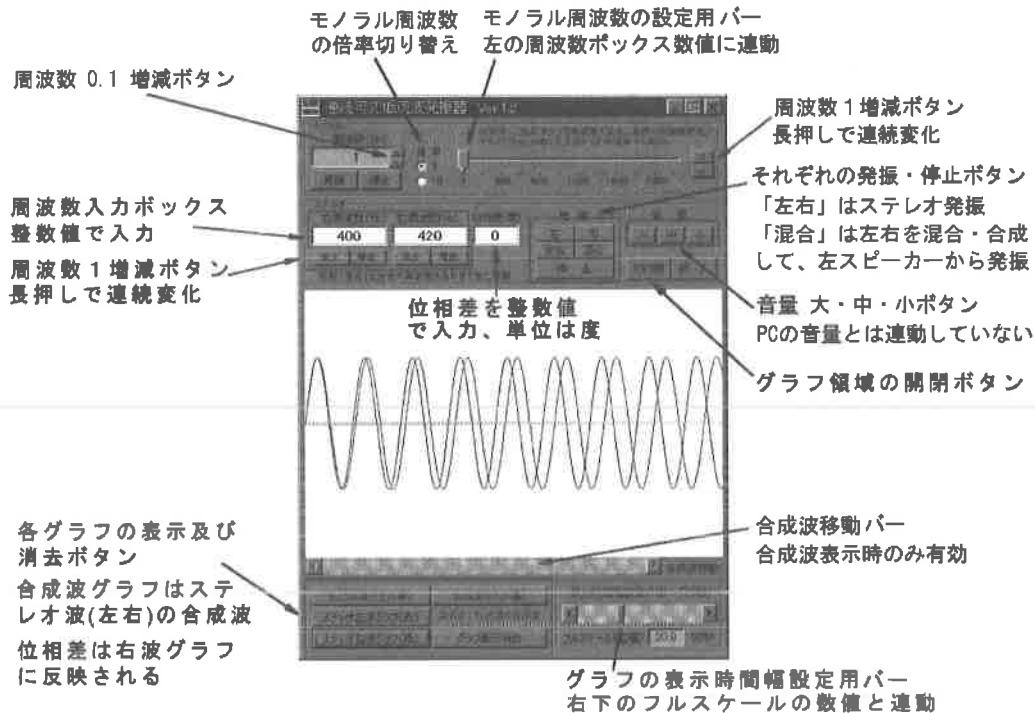
①連続可変低周波発振器.exeとNAudio.dllは同じフォルダに入れて使う。

②このソフトウェアが動作するためには、マイクロソフトが出している.NET Frameworkが必要である。連続可変低周波発振器.exeをダブルクリックしたときに対応する.NET FrameworkがPCに入っていない場合はメッセージが出るので、指示に従い.NET Framework Ver.4.0をインストールして使用する。

（.NET Frameworkは無料で

<http://www.microsoft.com/ja-jp/download/details.aspx?id=17851>等からダウンロードできる）

③動作OS Windows XP、vista、7で確認済み



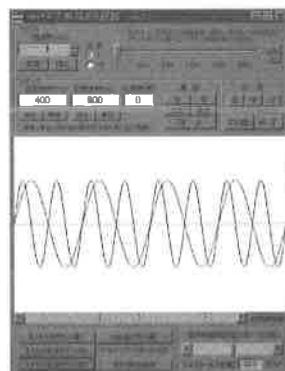
ソフトウェアの操作画面の図解

5. いくつかの実験例

(1) 0.01 秒 (10 ミリ秒) 間に振動する波の数の比較

〈グラフ開〉ボタンをクリックしてグラフ領域を表示させる。

例としてステレオ左の周波数を 400Hz (左周波数テキストボックスに 400 と入力)、ステレオ右の周波数を 800Hz (右周波数テキストボックスに 800 と入力) にする。右下にある〈表示時間幅設定〉バーをマウスを使って



動かし、表示時間幅を 10.0 ミリ秒にする。〈ステレオ左波グラフ〉ボタンをクリック、次に〈ステレオ右波グラフ〉ボタンをクリックする。それぞれ、4 波長、及び 8

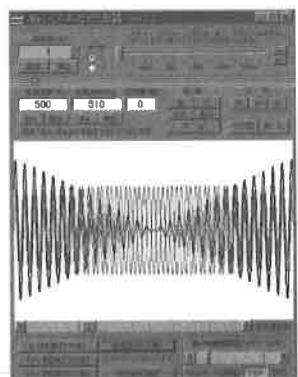
波長が表示されていることを確認する。(0.01 秒間に 4 波長が入っているのであれば、 $4/0.01 = 400\text{Hz}$ である)

(2) 音波のうなり及びグラフ表示

① うなり

ステレオ左、右の周波数を 500Hz、510Hz にする。

発振〈左右〉ボタンをクリックしてうなりを聞く。毎秒 10 回のうなりが聞こえることを確かめる。



この方法は、左右のスピーカーから別々の振動数の音が出て、音波が耳の位置で干渉してうなりとなって聞こえる。

発振〈混合〉ボタンをクリックして左側のスピーカーか

ら音を出すとより明瞭なうなりが聞こえる。この場合は、左のスピーカーに2つの振動数の電気信号が流れて、電気的に変化し、スピーカーを振動させる。言うなれば、電気信号的「うなり」現象である。上記の場合は、音の「うなり」現象である。

次にこの様子をグラフで見る。〈グラフ開〉ボタンをクリックしてグラフ領域を表示させる。

〈ステレオ左波グラフ〉ボタン、〈ステレオ右波グラフ〉ボタン、及び〈合成波グラフ〉ボタンをクリックして各波を表示させる。

〈表示時間幅設定〉バー、及び〈合成波移動〉バーを適宜動かして、観察する。

左右の波の山と谷が重なると大きな波になり、山と谷が重なると打ち消し合っていることを確認する。

②長周期のうなり

モノラル周波数を、〈周波数 0.1 増減〉ボタンを使って400.2Hzにする。ステレオ周波数を左右とも400Hzにする。(位相差は0度)

モノラル波の〈発振〉ボタン及びステレオ波の発振(左右)ボタンをクリックする。この時、毎秒0.2回、すなわち5秒に1回のうなりが聞こえることを確認する。

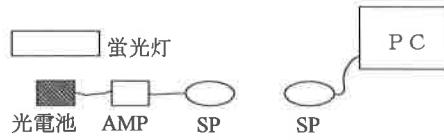


(3) うなりを利用して、周波数未知の音叉の周波数、

蛍光管から出る光の周波数の測定

①音叉と発振器からの音を同時に出し、発振器の周波数を連続的に変えてうなりが無くなる周波数を調べる。この時、1秒間あたりのうなりの回数が少なくなってきて、ゼロになったと思われるあたりで周波数を増減させると正確な値を見つけやすい。(なお、音叉の音をサウンドレコーダー等で録音し、PC オシロスコープと連携して調べるとより正確に測定できる。)

②蛍光灯(インバーター蛍光灯でないもの)の光を光電池に当て、增幅器とスピーカーを使って音に見える。PCから発振器を使って連続変化させた音を出し、うなり現象を利用して交流の周波数を調べる。なお、50ヘルツの交流であれば毎秒100回の音を出していることに気をつける。(蛍光灯からの光の周波数については、太陽電池からの電流をPC オシロスコープに入れて測定する方法もある)

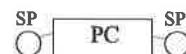


(4) 左右の音波の位相差による変化。

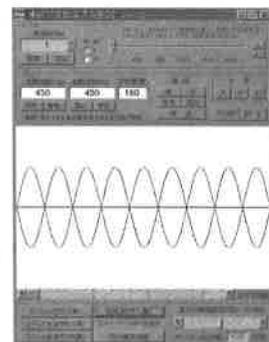
①ステレオの左右の周波数を800ヘルツにする。位相差を0度にする。

発振(左右)ボタンをクリックする。次に位相差を180度にして、発振(左右)ボタンをクリックする。

位相差を0度にした場合と180度にした場合の聞こえる音の大きさを、2つのスピーカーから等距離の位置で聞いて、180度にした方がかなり小さくなることを確認する。



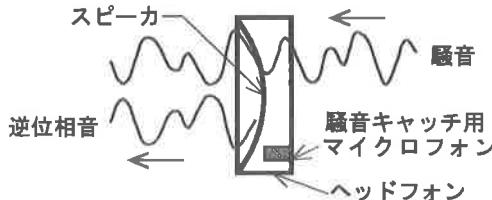
②位相差を180度にして、発振(混合)ボタンをクリックする。音が完全に打ち消し合っていることが確認できる。グラフ表示してみると、左右の波が上下逆(位相が180度ずれている)になっており、合成波は直線(振幅ゼロ)になっている。



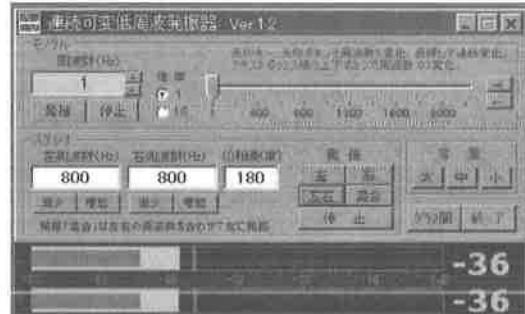
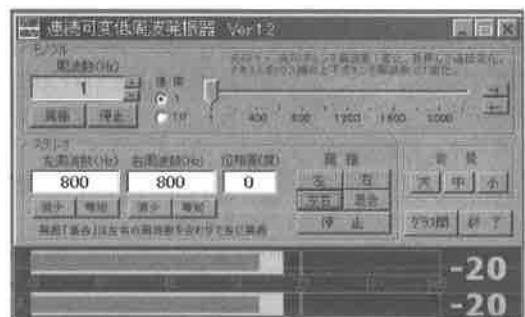
ノイズキャンセリングはこの原理を応用したものである。

入力音波に対して逆位相の音波を重ねると、音波が干渉して弱め合うことになる。この原理を応用したものがいくつかある。一つはノイズキャンセリングヘッドフォン(イヤフォン)である。図に示すように小さなマイクロフォンでキャッチした外部の音を電子回路で処理して逆位相の音をスピーカーに流す。限られた狭い空間であ

る耳の中に流す音なので案外簡単にノイズを軽減できる。



しかし、広い空間のノイズを軽減するのはかなり難しいようである。音波の伝搬速度、伝搬方向、反射、等様々な要素が絡んでくる。最近、低騒音型と同じ冷却ファンや高級自動車の一部に車内に流れるエンジン音の軽減にこの原理が使われている。また、工場排気ダクトへの適用など様々な分野で実用化されつつある。



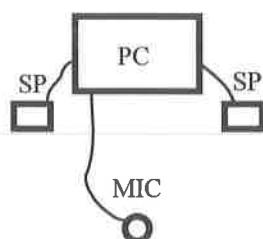
上：位相差 0 度、下：位相差 180 度

(5) スペクトラムアナライザ WaveSpectra と連携して、音波の干渉の位相差による変化の測定。

- 高速リアルタイム スペクトラムアナライザ WaveSpectra (フリーソフトウェアとして公開) 使用 URL : <http://www.ne.jp/asahi/fa/cfu/soft/ws/ws.html>

WaveSpectra と連続可変低周波発振器と共に起動する。ステレオの左右の周波数を例えば 800 ヘルツにする。マイクロフォンを図に示すように 2 つのスピーカーから等距離の位置に置く。

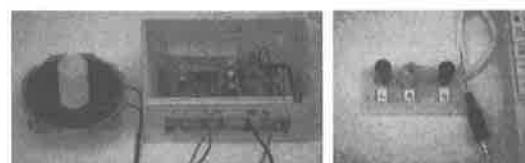
スピーカーからステレオ音を出す。最初位相差を 0 度に設定し、上記 WaveSpectra でマイクロフォンの音量を表示する。次に位相差を 180 度に設定して同様に測定する。耳で聞いても干渉による音の減衰は確認できるが、WaveSpectra で数値的にも確認できる。インジケーターの数値の単位は dB。



サウンドコントロールの設定に注意

- マイク出力をゼロにする → マイクで拾った音をスピーカーから出さない。(マイク出力が無い PCもある)
- 録音はマイクを選択する。音量は適当な値にする。 → マイクの音が WaveSpectra で録音可能になる。
- ステレオミキサーを選択すると発振器からのデジタル信号が直接録音されるので注意。
- 発振器から音を発振する。 → スピーカーから音が出る。

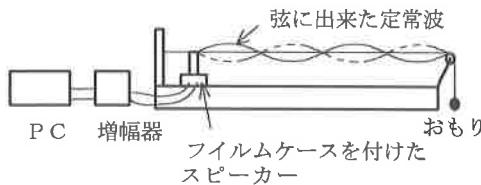
(6) 弦の定常波



上の装置を作成して使う。左はフィルムケースをのり付けしたスピーカー。その右はキットで作った簡易增幅器。一番右はステレオジャックと端子 3 つをつないだ部品 (これは大変便利である。300 円ほどでできる)

PCから連続的に変化する信号を増幅器で増幅し、フィルムケースをのり付けしたスピーカーから音を出す。フィルムケースを一定の張力を与えた弦に接触させて弦に振動を伝え、ある周波数の時に定常波ができる様子を観察する。

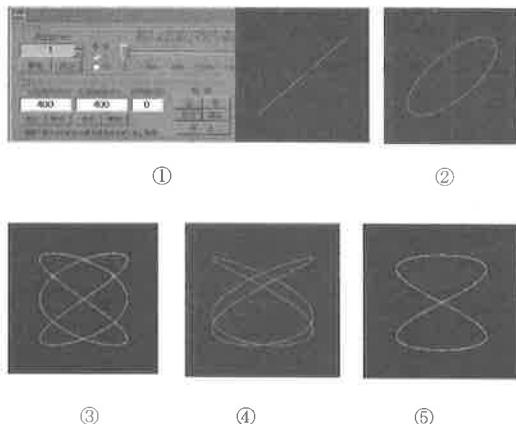
録音コントロールの設定等については、(7) リサジューの項目の下の注参照。



(7) リサジュー

録音コントロールで「ステレオミキサー」を選択する（下記の注参照）。発振器から左右の音を出す。上記のWaveSpectraを起動する。設定をリサジューにして録音ボタンを押すと下図のようなグラフが得られる。

オシロスコープにつないでリサジューを表示させることもできるが、PC内でソフトウェアを連携させることのように簡便に行うことができる。



番号	左周波数(Hz)	右周波数(Hz)	位相差(度)
①	400	400	0
②	400	400	45
③	400	600	0
④	400	600	60
⑤	400	800	0
⑥	400	800	90

注：PCで発振器を起動して発振し、それをマイクロフォンを通して直接PCで録音等をする場合、録音コントロールでステレオミキサー（PCによっては別の名前を付けているものもある）を選択する必要がある。インターネットで「PCのステレオ録音」等で検索するとわかりやすいサイトが出てくる。次のところもわかりやすい。

URL : <http://kukulu.erinn.biz/live/wiki/index.php?サウンド入力の設定>

<http://www.atamanikita.com/index.html>

下図左：デスクトップ右下のタスクバーの中にある音量アイコンをダブルクリックする。マスター音量の「オプション」、「プロパティ」と進み、「録音」を選択する。ステレオミキサーにチェックを入れて「OK」ボタンをクリックする

下図右：「録音コントロール」でステレオミキサーを選択する。

PCによって、使っている言葉が違ったり、ライン入力等が無い場合もあるので適宜当てはめる。



(8) クラドニ图形

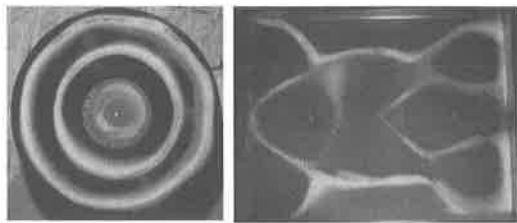
実験例（6）の装置を使い、PCにつないだ増幅器にスピーカーをつなぐ。スピーカーにのり付けされているフィルムケースを物体に押し当てるで振動させる。周波数を変えていくとある周波数の時に美しいクラドニ图形が得られる。下図左はレコード盤に出来た图形、周波数326Hz。下図右はプラスチックの箱に出来た图形、周波数362Hz。食卓塩を振りかけて图形を得た。

参考：下記のサイトにきれいなクラドニ图形が出ていている。

<http://www42.tok2.com/home/ashi58/ashi/science/Chladni/chladni.htm>

<http://echo.blog98.fc2.com/blog-entry-108.html>

<http://ogawakeiic.exblog.jp/11084428> (動画がわかりやすい)



クラードニ图形 左：レコード盤、右：プラスチック箱

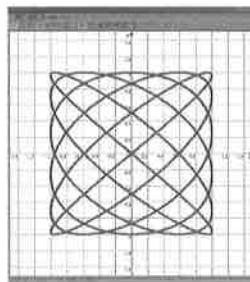


図 1

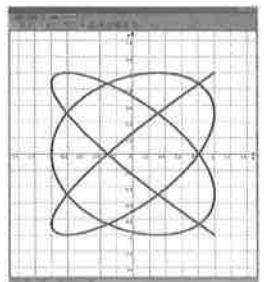


図 2



図 3



図 4

〈発 展〉

数学の関数グラフ描画ソフトウェア **Grapes** を使ってリサジュー图形を描く。

Grapes は非常に素晴らしい数学のグラフ描画ソフトウェアである。簡単に使って、美しいグラフが描ける。フリーソフトとして公開されている。

URL : <http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~tomodak/grapes/>

Grapes を起動して次の操作を行うと簡単に描画できる。

データパネルの曲線・作成の一つ（例えば P）を選択し、続けて媒介変数グラフを選択して下記の式を入力する。変数を a にする。OK を押してグラフを表示させる。増減幅、線の太さ等を適宜調節する。

図 1 (左 400Hz、右 480Hz、位相差 0 度) のリサジュー图形

Grapes への入力例 $x=\sin 4.8a$ $y=\sin 4a$ (a はパラメーター)

図 2 (左 400Hz、右 480Hz、位相差 90 度) のリサジュー图形

Grapes への入力例 $x=\sin(4.8a + \pi/2)$ $y=\sin 4a$ (a はパラメーター)

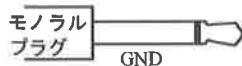
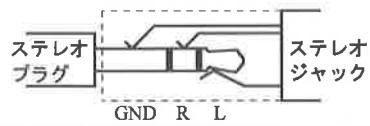
図 3 (左 200Hz と右 400Hz 位相差 90 度に、左右両方に 600Hz が加わった場合のリサジュー图形を発振器から発振して WaveSpectra を使って表示させた图形。

図 4 上記の図 3 の条件を Grapese で表示させた图形。

Grapes への入力例 $x=\sin 4a + \sin 6a$ $y=\sin 2a + \sin 6a$ (a はパラメーター)

【モノラルプラグをステレオジャックに入れるとどのような音が出てくるか】

私は、このソフトウェアを開発している最中、ステレオ発振を確認するために手元にあった昔のモノラルイヤホンのプラグを PC のステレオジャックに入れ音を聞いた。このようにすると左右の音が混合して出てくると考えた。左右同じ周波数で位相差を 180 度にすると当然音が打ち消し合って鳴らないか、ほとんどならないと期待したが、結果は大きな音が出てきた。最初はプログラムの間違いであると考え、様々検討したが間違いは発見できなかった。結局、いろいろ調べて分かったことは、プラグやジャックは図に示すような構造になっているので、モノラルイヤホンで聴いていたのは左の音のみであったということである。モノラルイヤホンは左右の音を混合しているものだという先入観があったことが間違いの原因であった。この場合に限らず、先入観は失敗のもとであることを再確認した次第である。



6. ソフトウェアの公開について

このソフトウェアを、物理関係の先生方に使っていただけたら作った甲斐があり、先生方にも喜んでもらえるのではないかと考えている。

私はこのようなソフトウェアがあればよいと考えて作ったのであるが、多くの物理関係の先生方もこのようなソフトウェアの必要性については同じように考えると思う。

ソースコード等も含めて公開し、自由に使ってもらい、改造したい方には自由に改造してもらおうと考えている。理科部等の生徒でも、このような機能を付け足したい等の動機があれば、環境を整えてあげて、少し指導することによって簡単に改造できるようになると思う。(例えば、ステレオ周波数入力に 0.1Hz 増減させるボタンを付ける、グラフ領域の背景色を選べるようにする、合成波だけを表示できるようにする等)

リナックスがオープンソースであることによって非常にすばらしいものに発展した。それ以外にもオープンソースによって集団的に改良・発展してきたものは沢山ある。理科教員が個別に作っている小さなソフトウェアでも、オープンソースにすることによって集団的に検討・改良ができるようになる。今は開発言語を簡単に(C# 等は無料)手に入れることができる時代になった。きっと、結構沢山の先生方が授業を進めていくために自分でいろいろなソフトウェアを作っていると思う。そのような、理科の先生方がちょっとした工夫を行うために作ったソフトウェアを、出来ればオープンソースにして、北海道高等学校理科研究会や理科教育センターのどこかにおいて、先生方が集団的に改良していくと、お互いの刺激にもなり、理科教育の発展にも寄与するのではないかと考えている。

7. 開発環境

マシン Windows XP SP3

開発言語 Microsoft Visual C# 2010 Express

その他 NAudio (CodePlex 開発のライブラリ)

Microsoft .NET Framework4.0

〈プログラムに関する少し詳しい説明〉

普通、ある周波数データを Play メソッドに送って再生させる場合、buffer のデータが無くなるまで続きます。従って、次々周波数を変えて再生させようとしても、変化についてこれなかったり、とぎれとぎれの音になります。これを解決したのが、「Play メソッドに次々にデータが送られたときに、buffer の残りサイズに基づいて周波数の計算に使用される値を段階的に変更する」方法です。この概念の基本は、Charles Petzoldさんが MSDN マガジン February 2010 に発表した「WPF アプリケーションでの音の生成」という記事に書いてあります。彼は一種の楽器のようなものの原型を作ったのですが、プロジェクト一式を公開して自由に使えるようにしております(上記記事の英語版にダウンロードボタンがあります。興味のある方は是非見てください。)

タが送られたときに、buffer の残りサイズに基づいて周波数の計算に使用される値を段階的に変更する方法です。この概念の基本は、Charles Petzoldさんが MSDN マガジン February 2010 に発表した「WPF アプリケーションでの音の生成」という記事に書いてあります。彼は一種の楽器のようなものの原型を作ったのですが、プロジェクト一式を公開して自由に使えるようにしております(上記記事の英語版にダウンロードボタンがあります。興味のある方は是非見てください。)

URL : <http://msdn.microsoft.com/ja-jp/magazine/ee309883.aspx>

(日本語)

<http://msdn.microsoft.com/en-us/magazine/ee309883.aspx>

(英語)

私はこのプログラムのソースコードの中の一つのクラスを利用させてもらいました。その結果、私のソフトウェアでスライダーを動かすとそれに応じて音がスムーズに変化するものを作ることが出来ました。急に大きな周波数変化を与えると、ピアノの鍵盤を押したようにならないで、連続的な変化をするので聞きやすくなっています。(周波数を 1 Hz ずつ変化させた場合には違いが分かりません)(註)。Charles Petzoldさんに感謝申し上げます。

また、簡単なプログラムでこのソフトウェアを作ることが出来たのは CodePlex で公開されている NAudio.dll の威力によるところが大です。これらの、公開されているソフトウェアのお陰で効率的にソフトウェア(連続可変低周波発振器)を組み立てていくことが出来ました。私はこれらの人々に感謝する気持ちを込めてソフトウェアをオープンソースにして公開します。

(註) 上記の「buffer の残りサイズに基づいて周波数の計算に使用される値を段階的に変更する」方法と、このやり方を取り入れないで「普通に計算させる」方法を比較できるように、ソースコードの一番下に【不連続発振 Class】を入れておきました。この Class は無効にしてあります。【不連続発振 Class】を有効にし、その上に書いてある【連続可変発振 Class】を無効にして、デバッグを実行すると比較するための発振器が起動します。興味のある方は試してみてください。

実験の動画や音が入っている html 文書(ソフトウェアも同梱)の圧縮ファイル 19.4MB を用意しました。下記メールアドレスまでご連絡下さればお送りいたします。xmrcj458@ybb.ne.jp

水中を伝わる波の実験教材開発に関する研究

The study about teaching-materials development of the wave transmitted in underwater

札幌第一高等学校 山田 高嗣
Sapporo-Daiichi High School Takatsugu YAMADA

水中を伝わる波の速さは、水深が深いと速く、浅いと遅いと言われている。本研究では、水深と波の速さの関係について視覚的に理解でき、定量的に議論できるような実験装置の開発を目的とする。実験装置を試作し、津波のような長波について計測し、速さの水深依存性について定量的な傾向を確かめることができた。生徒による目視計測を行ったところ、比較的正確な値が測定され、定量的な議論をするのに充分な測定結果が得られた。

Abstract

The speed of the wave transmitted in underwater is quick in it being deep-water and it is late in it being shallow. It aims at development of the experimental device which we can understand visually and about which it can argue quantitatively about the relation between depth of water and the speed of a wave in this research. The experimental device was able to be made as an experiment, and it was able to measure about a long wave like TSUNAMI, and was able to confirm the tendency quantitative about the depth-sounding dependence of speed. When visual measurement by a student was performed, the comparatively exact value was measured and sufficient measurement result to have a quantitative discussion was obtained.

キーワード 波の速さ、水深、長波

Keywords: Speed of wave, Depth of water, Long wave

1. はじめに

「物理Ⅰ」の「波動」分野では、速さと屈折角などの関係を表す「屈折の法則」について学習する。この法則に関わる事例として、教科書などでは、次のような問題が出題されている。

【問題】

海岸線に向かって斜めに進んでくる波が、岸に近づくにつれて水深が浅くなると、波面は海岸線に平行になることを説明せよ。

この問題を解く上で必要な物理的関係として、「波の速さは、水深が深いと速く、浅いと遅い」という関係がある。この水深と速さの関係については、教科書上では定性的な傾向のみ説明されているが、関係式などの定量的な説明はない。一方、「地学」においては、水深を h 、

重力加速度を g とおくと、海を伝わる波の速さは、 \sqrt{gh} と表すことができると説明されている。

本研究では、水深と波の速さの関係について、生徒が視覚的に理解でき、さらに定量的な測定ができる実験教材の開発を目的とする。

2. 波の速さの水深依存性

水面を伝わる波の速さ v は、波長に比べて水深 h が小さい場合、つまり浅い水の場合、重力加速度を g として、次式で表すことができる。

$$v = \sqrt{gh} \quad \dots\dots\dots(1)$$

一方、波が沿岸部に近づいて水深が減ると、速さが遅くなるだけでなく、波長も小さくなり、1波長に含まれるエネルギーがほぼ一定となっているため波高が増す。浅い水の場合は、波高 d の効果も考慮し、波の速さ v は次式で表すことができる。

$$v = \sqrt{g(h+d)} \quad \dots\dots\dots(2)$$

3. 実験方法

実験装置として、長さ2m、幅0.05m、高さ0.61mの水槽（図1）を試作した。波の発生方法は様々あるが、津波のような長波の発生を想定して、水かき用板を用意し、端から0.5m区間で、手動で水を横から押し出すように発生させる方法を選んだ。この発生方法は、津波に関する工学的な実験装置においても採用されている。左端か

ら 0.5m 区間を波の発生区間とし、そこから 1.5m 進んだ地点に水槽の右端があり、ここで波が反射する。その反射波は、そのまま向かって左方向へ 2m 進み、再び左端で反射する。このような反射を 2m 毎に繰り返す。



図 1 実験装置の写真

実験は、動画撮影による計測と、ストップウォッチを使った目視計測の 2 種類を行った。

動画撮影による計測では、発生区間から 1.4m 地点、つまり水槽の右端付近にビデオカメラを設置し、波の先頭部分が通過する様子を撮影した。波は反射を繰り返すため、発生区間から 1.5m 地点、5.5m 地点、9.5m 地点の様子を撮影したことになる。撮影した画像から距離と時間を読み取り、各地点の瞬間速度を算出した。また、波が反射した時刻も動画から読み取り、波が水路を往復する平均速度を求めた。この平均速度とは、1.5m 地点から 5.5m 地点の平均速度、5.5m 地点から 9.5m 地点の平均速度、1.5m 地点から 9.5m 地点の平均速度の 3 種類である。

目視計測では、生徒 5 名がストップウォッチを用いて、発生区間から 1.5m 地点にあたる右端で波が反射する瞬間の時刻を計測した（図 2）。波は反射を繰り返すため、発生区間から 1.5m 地点、5.5m 地点、9.5m 地点の時刻を計測したことになる。各地点の時刻から 1.5m 地点から 5.5m 地点の平均速度、5.5m 地点から 9.5m 地点の平均速度、1.5m 地点から 9.5m 地点の平均速度を算出した。

水深は、0.02m, 0.04m, 0.06m, 0.08m, 0.10m の 5 種類とし、各水深において 5 回ずつ実験を行った。

4. 実験結果

動画撮影による実験結果として、各地点の瞬間速度を表 1 に示す。各値は、5 回の計測値の平均値を示す。ここで示す理論値とは、(1)式より算出した値である。



図 2 目視計測の様子

表 1 各地点の瞬間速度

水深 [m]	瞬間速度 [m/s]		瞬間速度 [m/s] 9.5m 地点	理論値 [m/s]
	1.5m 地点	5.5m 地点		
0.02	0.78	0.47	0.46	0.44
0.04	0.93	0.73	0.68	0.63
0.06	1.05	0.90	0.78	0.77
0.08	1.28	1.20	0.86	0.89
0.10	1.35	0.94	0.80	0.99

波が進むにつれて速度が小さくなり、理論値に近づいている傾向が見られた。この減速する傾向は、側面や底面などの抵抗、反射での減衰など、様々な要因が考えられる。また、波の発生直後は波高が高く、1.5m 地点付近では波高を考慮して、(2)式で算出した理論値と比較すると、1.5m 地点の瞬間速度に近い値を示した（表 2）。

表 2 1.5m 地点での速度の比較

水深 [m]	瞬間速度 [m/s]		(2)式で算出した 理論値 [m/s]
	1.5m 地点	1.5m 地点付近の 波高 [m]	
0.02	0.78	0.02	0.63
0.04	0.93	0.03	0.83
0.06	1.05	0.04	0.99
0.08	1.28	0.06	1.17
0.10	1.35	0.07	1.29

波は進むにつれて波高が小さくなり、9.5m 地点に来る頃には、0.01m にも満たない状況である。そのため、1.5m 地点では波高を考慮した式(2)による理論値に近く、9.5m 地点では波高を考慮しない式(1)による理論値に近くなつたと考えられる。

次に、各地点を通過する時刻から算出した区間平均速度を表3および図3に示す。区間の取り方により数値に違いが生じているのがわかる。1.5m地点から5.5m地点は比較的速い値になり、5.5m地点から9.5m地点の区間は遅くなっている。1.5m地点から9.5m地点の区間の値は、全体的な傾向が現れているのではないかと考えられるが、理論値との比較では、5.5m地点から9.5m地点の区間が最も理論値に近い値を示した。また、累乗近似の式を比較すると、水深の平方根に比例することを示す x の指数が0.5に最も近いのは、1.5m地点から9.5m地点の平均速度 ($y=0.4995x^{0.4892}$, $R^2=0.9972$) であった。

また、表2に示した「式(2)で算出した理論値」と、表3に示した「1.5m地点から5.5m地点の平均速度」が非常に近い値を示している。これは、波高が高い区域での波の速度は、式(2)を支持する結果と考えられる。

表3 各区間の平均速度（動画撮影の結果）

水深 [m]	1.5m地点か ら5.5m地 点の平均速 度 [m/s]	5.5m地点か ら9.5m地 点の平均速 度 [m/s]	1.5m地点か ら9.5m地 点の平均速 度 [m/s]	理論値 [m/s]
0.02	0.60	0.43	0.50	0.44
0.04	0.84	0.60	0.70	0.63
0.06	1.02	0.74	0.86	0.77
0.08	1.08	0.89	0.98	0.89
0.10	1.28	1.03	1.14	0.99

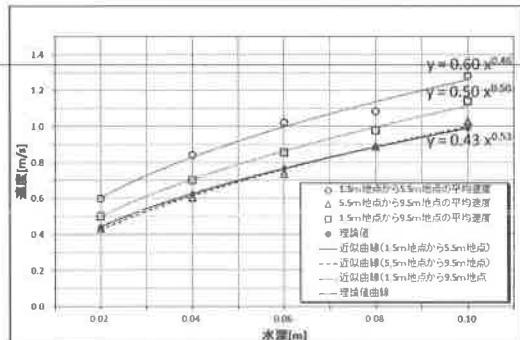


図3 水深と区間平均速度の関係（動画撮影の結果）

一方、生徒による目視計測の結果として、まずは測定者による差異を確認するために、各地点を通過する時刻から算出した区間平均速度の測定者別結果を表4に示す。誤差が大きいと思われるストップウォッチを用いた目視計測ではあったが、測定者による差が少なく、定量的に議論する上では誤差は少ないと判断できる。

次に、測定者5名の平均値を用いて、各地点を通過する時刻から算出した区間平均速度を表5および図4に示す。表3および図3に示した動画撮影による実験結果と比較すると、目視計測の方が、水深が浅い場合には計測速度が遅くなる傾向が見られた。また、累乗近似の式を比較すると、動画計測の実験結果ほど近くはないものの、 x の指数が0.56から0.61と、理論値である0.50に比較的近い値となった。

表4 測定者別計測結果（区間平均速度）

1.5m地点から5.5m地点の平均速度 [m/s]					
水深[m]	測定者A	測定者B	測定者C	測定者D	測定者E
0.02	0.51	0.51	0.52	0.51	0.52
0.04	0.78	0.78	0.78	0.77	0.78
0.06	0.98	0.98	0.97	0.99	0.98
0.08	1.13	1.15	1.15	1.14	1.14
0.10	1.26	1.28	1.24	1.26	1.25
5.5m地点から9.5m地点の平均速度 [m/s]					
水深[m]	測定者A	測定者B	測定者C	測定者D	測定者E
0.02	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
0.04	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
0.06	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73
0.08	0.90	0.87	0.89	0.86	0.88
0.10	1.01	1.00	1.03	1.00	1.02
1.5m地点から9.5m地点の平均速度 [m/s]					
水深[m]	測定者A	測定者B	測定者C	測定者D	測定者E
0.02	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
0.04	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
0.06	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
0.08	1.00	0.99	1.00	0.98	0.99
0.10	1.13	1.13	1.12	1.11	1.13

表5 各区間の平均速度（目視計測の結果）

水深 [m]	1.5m地点か ら5.5m地 点の平均速 度 [m/s]	5.5m地点か ら9.5m地 点の平均速 度 [m/s]	1.5m地点か ら9.5m地 点の平均速 度 [m/s]	理論値 [m/s]
0.02	0.51	0.38	0.44	0.44
0.04	0.78	0.56	0.65	0.63
0.06	0.98	0.72	0.83	0.77
0.08	1.14	0.88	0.99	0.89
0.10	1.26	1.01	1.12	0.99

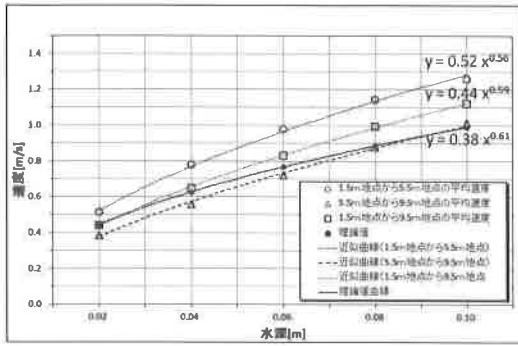


図4 水深と区間平均速度の関係（目視計測の結果）

目視計測のときの生徒の様子は、真剣な眼差しで測定点を見つめ、ストップウォッチを押すことに熱中していた。測定が進むにつれて、数值を予想するようになり、時間が徐々に短くなることに驚いたり、次の水深のときは何秒短くなるなど、お互いに予想し合う様子が見られた。また、測定値のばらつきが少なくなると喜ぶ姿もあり、ゲーム感覚に近い要素もあるようである。生徒が記入するのに用いた記録用紙を図5に示す。記録した後は、電卓を用いて、各自で平均速度ならびにその平均値を算出できるようになっている。この後、グラフ用紙に記入するなど、次の段階へ進むことも可能である。

記録用紙		年 級	学 年	記録者氏名:
水深[m]	回数	実験日:	月 日()	グループ
2 cm	1回目	1/10	()	速度[m/s] 距離[m] 時刻D/(2)s
	2回目	1/10	()	
	3回目	1/10	()	
	4回目	1/10	()	
	5回目	1/10	()	
	6回目	1/10	()	
4 cm	1回目	1/10	()	
	2回目	1/10	()	
	3回目	1/10	()	
	4回目	1/10	()	
	5回目	1/10	()	
	6回目	1/10	()	
6 cm	1回目	1/10	()	
	2回目	1/10	()	
	3回目	1/10	()	
	4回目	1/10	()	
	5回目	1/10	()	
	6回目	1/10	()	
8 cm	1回目	1/10	()	
	2回目	1/10	()	
	3回目	1/10	()	
	4回目	1/10	()	
	5回目	1/10	()	
	6回目	1/10	()	
10 cm	1回目	1/10	()	
	2回目	1/10	()	
	3回目	1/10	()	
	4回目	1/10	()	
	5回目	1/10	()	
	6回目	1/10	()	

図5 目視計測に使用した記録用紙

5.まとめ

水深と波の速さの関係を測定するための実験装置を試作し、動画撮影や目視計測で波の速度を測定する実験を行ったところ、波の速さの水深依存性が視覚的に理解でき、定量的にも議論できるほどの測定結果が得られた。その結果、動画撮影の実験では、区間範囲を広く取った場合の平均速度が、比較的理論値に近い値となった。目視計測では、測定者によるばらつきが少なく、測定値の近似曲線の傾向は理論値に近い結果を示した。実験中の生徒の様子を見ると、測定前に結果を予測する姿も見られ、教育的な効果も期待できる。ストップウォッチという簡易的な計測ではあるが、視覚的な特徴はもちろん、定量的な結果を導くまで可能であることがわかった。

今後は、授業時間内で展開する場合を想定した模擬実験を行うとともに、記録用紙や授業案などの準備も検討していく必要がある。さらに、教材として普及させることを考えると、実験装置の小型化、量産化、低価格化なども考えなければならない。一方、試作した実験装置では、様々な波の発生方法が可能である。長波に限らず、短波、定常波、不連続な波など、発生させる波の種類によりまた違った波の性質について学習する機会が生まれる。さらに、波の減衰や破壊などに関わる実験を行えば、防災教育にもつながると考えられ、幅広い分野へと発展していくことが期待される。

謝辞

目視計測に際にご協力いただいた札幌第一高等学校理学部の部員に感謝の意を表します。本研究は、公益財団法人武田科学振興財団の2011年度高等学校理科教育振興奨励より支援を受けた。

参考文献

- 高等学校「物理I 新訂版」、実教出版。
- 高等学校「改訂物理I」、第一学習社。
- 高等学校「物理I 改訂版」、啓林館。
- 高等学校「物理I 指導と研究」第1分冊、第一学習社、215-236。
- F. S. Crawford, Jr. :バークレー物理学コース3 “波動(下)”, 丸善, 386-396.
- 石田志朗 :理解しやすい地学IB、文英堂, 182-184.

実験を活用した電磁気の授業 (実感の伴った“わかる”を目指して)

北海道釧路湖陵高等学校 福田 載

“実感できる”授業を目指すべく、できるだけ生徒実験を取り入れた授業を行っている。ここでは電磁気分野について、特に有効な実験器具（パスカル電線（S-cable）、ソルダーレス・ブレッドボード）の紹介とそれらを活用した授業実践を報告する。

キーワード 電磁気 生徒実験 パスカル電線（S-cable） ソルダーレス・ブレッドボード

1. はじめに

デューケと黒板のみを使って、理科の授業をすることは難しい。生徒は試験問題こそできたとしても、その実は白前の想像力の中で無味乾燥なパズルを要領よく解いたにすぎず、生きた知識を身につけたことにはならないのではないだろうか。かと言つて、ただ実験を行うだけでは、生徒にとってはバラバラな経験の連続になりかねず、酷い場合は「よくわからないけど、面白かった」などの感想で終わってしまう。労多くして効少ないとこういうことを言うのだろう。一体、実感の伴つた“わかる”授業をするにはどうすればいいのだろうか。現在でも探っている状況ではあるが、今のところ「短い実験を授業の要所で取り入れながら、必ず同時に、ポイントの定着を確認する」という授業スタイルに手応えを感じている。

本稿では電磁気の分野について、特に有効な実験の紹介と、授業実践を報告する。

化もさされている。

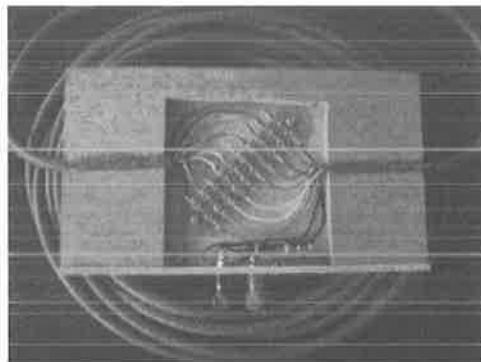


図1 自作のパスカル電線(S-cable)

2. よく使う実験器具について

以下に紹介する実験器具は、電磁気分野の学習にあたって、教育効果も汎用性も極めて高いものである。「1セット用意して演示を・・・」などと考えては余りにもったいない。最低限でも生徒実験のグループ数だけはそろえておきたい。

2. 1 パスカル電線(S-cable)

京都府の杉原和男先生が考案した。1本の10芯線を一本ずつズラしてループ状に接続することで、10芯線1本の輪が10周のコイルになる。6mの10芯線なら全長60m。これに最大電圧15Vをかけると電流が約4A流れれる。全体で4Ω程度の電気抵抗である。1本が10周しているため、見かけ上は約40Aの大電流が流れ、ということになる。このようにして大電流を扱うことで、様々な現象がよりハッキリと現れる。懶リテンなどで商品

2. 2 ソルダーレス・ブレッドボード

電気回路を試作するときなどに使う。各穴の内部は板バネでつながっており、ここに抵抗器やダイオードなどを直接差し込むことで回路をつくることができる。差し込むパーツのリード線の径は0.5mm(0.3から0.8mm)が適する。カーボン抵抗器などといったよく使うパーツは、そのままリード線を差し込めばよい。各穴に「番地」がついているタイプ(¥250)は、差し込む穴を生徒に指示しやすいのですぐにわかる。また各パーツの接続がしっかりとされている。(こういった点こそが授業では大事だったりする。)回路全体を一目で見渡すこともできるため確認もしやすい。

2. 3 ネオジム磁石

ご存じ最強の永久磁石。極端なパワーはハッキリした現象を示すのでわかりやすい。1クラスの生徒人数と同じ個数は常備しておきたい。

2. 4 電源装置

直流・交流とも 20V 位までの範囲でよく使う。メータ一付のものがよい。各実験テーブルに電力を一齊に供給できる実験室も多いと思うが、やはり各グループで自由に電圧を変えられる方が望ましい。

3. パスカル電線を用いてできる実験例

非常に多様な使い方のできる極めて有用な器具である。詳しくは考案者の杉原和男先生の H.P を参照されたい。下記はいくつかの実験例である。

【実験 1】電流のつくる磁場

直流 15V で通電中の電線の周りに方位磁針を置く。方位磁針は磁場の向きを示す。電流の向きを変えれば磁場の向きも変わる。



図 2 直線電流の周りにおける磁場

【実験 2】フレミング左手の法則

U 型アルニコ磁石の N 極 S 極の間に、電線を垂らす。直流 15V を使って、電線が受ける力の向きを確認する。電流の向きを切り換えると、受ける力の向きが逆になることを確認できる。



図 3 フレミングの左手の法則

【実験 3】電磁誘導の法則

電線を直径 15cm 位のコイル状にする。電源装置の代わりに検流計を接続し、アルニコ磁石を抜き差しすると検流計が振れる。

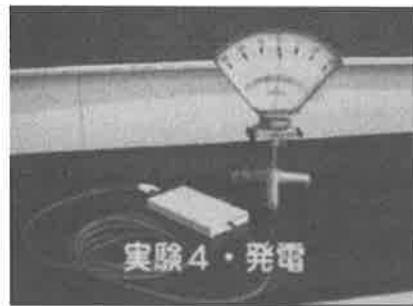


図 4 パスカル電線と検流計

【実験 4】交流のつくる磁場

交流 15V で通電中に、電線のそばにネオジム磁石をゆっくり近づけさせる。磁石が振動する。電線をコイル状にすると更に激しく振動する。ネオジム磁石は暴れて破損しやすいので手から放さないこと。ピップエレキバンの磁石だと破損しづらい。

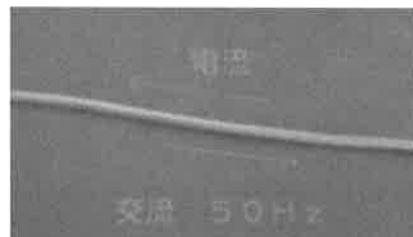


図 5 交流電流のイメージ



図 6 コイルの中で磁石が暴れる

小中学校 確実な実験の実習で(実験実習)

実験を活用した電磁気の授業

【実験 5】変圧器の原理

交流 15V を使用し電線はコイル状にしておく。これを一次コイルとする。二次コイルとして別のコイル（エナメル線）を用意し、デジタルマルチメーターで電圧を測定する。二次コイルの巻き数を増やしたり、軟鐵芯を通したりすると電圧が上がる。

一次コイル側に携帯用音楽プレーヤーを接続して音声電流を流す。二次コイル側にクリスタルイヤホンを接続すると、音声が聞こえる。

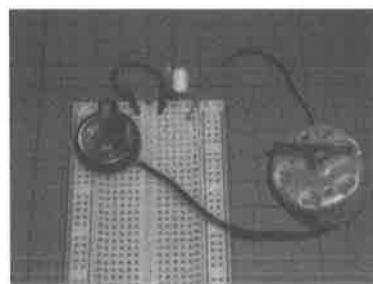


図 9 電池、LED、モーターで回路をつくる



図 7 変圧器の原理

4. ソルダーレス・ブレッドボードでできる実験例

【実験 6】直流と交流の違い

ボード上に LED を並列に接続。抵抗は 100Ω 程度。直流 3.0V をかけて、順方向と逆方向の違いを確認。交流に切り替える。点灯させたまま軽く振ると、実は点滅していることが目の残像効果で確認できる。



図 8 LED に交流電流を流す

【実験 7】エネルギーの保存

LED とソーラーモーターを直列につなぐ。モーターの回転を手で止めると、LED が明るくなる。この回路で LED のための抵抗器は不要である。

5. 授業の基本スタイル

授業の進度に合わせてその都度実験を行う。概ね次のような 1 時間である。

- ① 黒板で説明。実験で確認。
- ② 注目点の明示。確認プリントを書かせる
- ③ 通常授業。問題演習も行う。

6. 授業実践

実際の授業の構成を以下に示す。行った実験は、前述の“【実験 x】”が該当する。

6. 1 『物理 I』での実践

6. 1. 1 電流と磁場

- (1)「磁力線」と「右ねじの法則」の説明。
- (2)【実験 1】を行う。パスカル電線の導入とともに最適である。確認プリントに結果を記入する。
- (3)授業に切り替え、参考として「ビオ・サバールの法則」の紹介。またそれを積分することで「磁場と電流」の公式を導く。
- (4)問題演習。

6. 1. 2 交流のつくる磁場

- (1)まず【実験 6】を行う。直流と交流とで電流の流れ方の違いを意識させる。
- (2)交流電圧、交流電流について説明。最大値、実効値についても説明しておく。
- 演示実験としてバイブルランプの点灯の様子を見る。
- (3)振動するのはなぜか。→フレミングの左手の法則を想起させる。電流の向きが切り替わるなら、周りの磁場も変化するはず、と。
- (4)【実験 4】を行う。ネオジム磁石は激しく振動する。
- (5)直流電流が周囲に一定の向きの電場をつくることを思い出させ、コイル周辺でどのような磁場ができているか、書かせる。

- (6) この振動数は何 Hz か、問い合わせる。
- (7) このコイルのそばに、別の独立したコイルがあればそこに何が生じるか、予想して書かせる。
- (8) 授業・問題演習。

6. 2 『物理 II』での実践

6. 2. 1 交流による磁場

コイル面を机面に垂直に立てておく。時計皿上で片面二極磁石のコマを回し、そのままコイル内に差し入れる。磁場の変動がコマをいつまでも回し続ける。



図 10 止まらないコマ

6. 2. 2 自己誘導

パスカル電線はコイル状にしておき、直流 15V で電流を流しておこう。また、このコイルと並列にネオン管を接続しておこう。コイルへの通電を遮断すると、コイルの自己誘導により、その瞬間にネオン管が点灯する。

6. 2. 3 相互誘導

(1)【実験 5】を行う。

パスカル電線はコイル状にしておこう。生徒に携帯用音楽プレイヤーを持ち込ませて、電源装置の代わりに接続する。エナメル線 100 回巻き程度の二次コイルに、スピーカー（クリスタルイヤホンがよい）をつなぎ、一次コイルのそばにもっていくと、音声が聞こえる。磁場が変動していること、音声電流が交流であることを確認する。

(2)コイル面を傾け、音量の変化を確認する。音量が「最大のとき」と、「ほぼゼロのとき」を確認する。

(3)ヘッドフォンのコードを流れる、あの音声電流は交流であることを確認。

(4)では何 Hz なのか。可聴域（約 20—20kHz）の交流電流がそれぞれスピーカーを振動させていることを説明する。

(5)コイルの面を傾けることで、二次コイルにとってどんな変化が生じたのか考察。

(6)問題演習。

7. 感想と今後

授業の中で実験を行い、確認したり考えたりする。その後に座学に切り替えて、概念の説明や問題演習を行う。この形に一定の手応えを感じている。

特に確認プリントは重要である。「目の前で何が起きているのか。なぜなのか」を捉えさせる目的で書かせている。よくあるような、1時間分の実験をまとめたプリントではなく、むしろメモに近い。教員の口頭説明を要約して書いたり、見たままを書いたり、予測して書いたり内容は様々である。これを行う事で、定着度が大幅に増した。

生徒実験は、やればいいというものではない。何よりも大切なことは、生徒が何をどう掴めばいいか、教員が明確に意識してリードすることであろう。例えば、短いセリフで繰り返し説明したり、時にはサブライズを演出するなど、教員の職人技も含めて授業構成をしっかり練る必要がある。

例えば前ページの交流のつくる磁場の流れの中で、ネオジム磁石の振動を体感した生徒は決まって感動の声を上げる。これもそこに至る授業構成があつてのことだと私は考えている。またこのような授業をすると、その後の相互誘導など磁場の変動を前提とした物理現象についての理解も極めてスムーズである。後々の授業にも良い影響を与えていていると考えている。

ところで、授業進度や模擬試験の結果はというと、実は他のクラスと比べて大差はない。試験の結果には、恐らくいろいろな要因があるのだと思うが、結果が同じであるならば私は今の授業スタイルを選ぶ。点数を取る勉強なら塾でも、自分一人でもできるが、実験で確かめながらの学習は、学校以外ではできない（そして多くの生徒にとっては今以外に生涯機会がない）からである。

今後も試行錯誤を重ねながら、この授業スタイルでの可能性を追究していきたい。

8. 参考文献

- ・杉原和男先生の HP 「午後の理科室」
<http://www.conet.ne.jp/~sugicon/index.html>
- ・拙稿「大電流電線（パスカル電線）を用いた磁気実験」第 22 回北海道マチメデイア理科教育研究会資料(平成 18 年)
- ・拙稿「大電流電線を活用した授業」『北海道の理科 53』(平成 22 年)
- ・拙稿「ワットポートを活用した電気実験」『北海道の理科 54』(平成 23 年)

何を描いていいのか
考え方を書きなさい

高機能コンパクトデジタルカメラを用いた力学実験

北海道枝幸高等学校 佐藤 草馬

Hokkaido Esashi High School Kakuma SATO

比較的安価で、高速連写機能を持つデジタルコンパクトカメラが普及しつつある。従来、「速度と加速度」の単元では記録タイマーやストロボ撮影を用いて生徒実験を行うのだが、昨年度からこのカメラを用いて生徒実験を行った。ここでは、落下運動に関する生徒実験と、力学的エネルギーの変換をテーマに行った生徒実験の成果を報告する。

キーワード 高機能コンパクトデジタルカメラ、速度、加速度、力学的エネルギー

1.はじめに

斜面上を運動する物体の解析や落下運動の解析などの生徒実験は、記録タイマーを用いる方法が教科書で広く紹介されている。しかし、記録タイマーの性質上、自由落下や等速直線運動のような一方向に運動する物体の解析以外は、なかなか応用が難しい。また、生徒にとっても、まずは記録タイマーの使い方を学ぶ必要があり、実験データの収集に時間がかかり、 $v-t$ グラフを作る、加速度を求めるなど、データから考察する時間が少なくなる。

投射運動ではストロボ撮影を用いる方法も教科書などに紹介されているが、ストロボ光源はかなり高価で汎用性に乏しい。

最近は、1000万画素を超えるコンパクトデジタルカメラに、フルハイビジョン動画撮影やハイスピード動画撮影、高速連写機能を持つものが比較的安価に手に入るようになった。

そこで、物理Iの「速度と加速度」の単元で加速度を持つ物体の運動解析をする生徒実験に、この多機能コンパクトデジタルカメラ（以下、高機能デジカメ）を用いて授業を行ったところ、データ収集にかける時間が短くなり、計算やグラフの作成、考察する時間を十分に取ることができた。

本稿では、授業で取り扱った三つの生徒実験についてその方法と成果を報告する。

2. 使用したデジタルカメラ

本校には、CASIO製「EXILIM EX-F1」が理科の実験器具として備えられてる。このカメラは、1秒間に60コマ(60fps)の高速連写機能と1秒間に

1200コマ(1200fps)のハイスピード動画撮影ができる、ごく短い物理現象を観察するに非常に適している。しかし、2012年現在ではすでに生産が完了しており、入手が困難になった。

今回、この「EX-F1」の後継機のひとつである「ハイスピードエクシリム EX-ZR100」を購入し、生徒実験で使用した。

2012年6月現在の実勢価格は、インターネットショッピングで16,000円からで比較的購入しやすい。

画素数	1210万画素
外部メモリー	SDカード、SDHCカード、SDXCカード対応
静止画記録サイズ	4000×3000、4000×2656、4000×2240、3648×2736など
動画記録サイズ	フルハイビジョン動画撮影(1920×1080、30fps) ハイスピード動画撮影(224×64、1000fps)など
高速連写	40fps、30fps、15fps、10fps、5fps、3fps ※記録サイズは最大3648×2736まで
外部出力	USB端子(Hi-Speed USB対応)、AV出力端子(NTSC/PAL)、HDMI output(ミニ)

表1 「EX-ZR100」の主な機能

「EX-ZR100」を生徒実験に導入しやすい理由は次の3点が挙げられる。

一つ目が高速連写の設定がしやすいことである。この高機能デジカメでは、1回シャッターを切ると、連続30コマの撮影ができる。たとえば、40fpsモードを選択すると0.025秒間隔の記録を0.75秒間、10fps

モードを選択すると0.1秒間隔で3秒間撮影ができるので、解析する運動の速さによって、モードを変更すればよい。

二つ目に、外部出力にHDMI出力とビデオ出力を備えていることである。プロジェクターだけではなく、大型液晶デジタルテレビなど、一般家庭用のテレビに直接接続できるので、理科室だけではなく、視聴覚室のような場所でも実験ができる。

三つ目に、画像処理速度が速いことである。Class10のSDHCカード（データの高速転送ができるSDカード）を使用すれば、静止画サイズが3648×2736モードであっても、モニタ上で画像を瞬間に拡大でき、撮影した画像を直ちに生徒に見せることができる。

3. 基本的な実験方法について

物体の運動を観察し、「ある時刻における位置データから速度を計算、 $v-t$ グラフを作成し、その傾きから加速度を求める」という基本的な流れは変わらない。位置データを集めるときに、「記録タイマー」あるいは「ストロボ撮影」の代替として高機能デジカメを用いるのである。この手順を表2に示す。

(1)	撮影モードを決める (例) 床から2.0mの高さから自由落下させる場合、0.64秒で床に衝突するので、30fpsを選択する
(2)	物体の運動を開始するタイミングを合わせて撮影する
(3)	カメラをプロジェクタやテレビなどの外部モニタに接続する
(4)	生徒全体に画像を見せながらコマ送りする(必要に応じて画像を拡大する)
(5)	生徒は画面を見ながら物体の位置を読み取る

表2 実験手順

高機能デジカメを記録タイマーと同じように使用したい場合、表2(4)のコマ送りを1コマずつではなく、たとえば5コマずつ送ればよい。これは、50Hzの記録タイマーで5打点ごとにテープを切らせてデータを集めると感覚と同じである。

「EX-ZR100」の場合、再生画面ではモニタの左上に連続撮影の何コマ目の画像か表示されるので、これをカウンターとして利用し、時間に変換させる。図1の場合、15fpsモードなので3コマ送ると0.2秒進め

ていることと同じとなる。



図1 再生画面にしたときのモニタ上の画像

そして、図1を拡大してモニタに映したもののが図2である。ピンポン球の位置を見やすくするために線で囲っているが、実際は画質が落ちにくくカラー画像なので運動している物体の位置を確認しやすい。

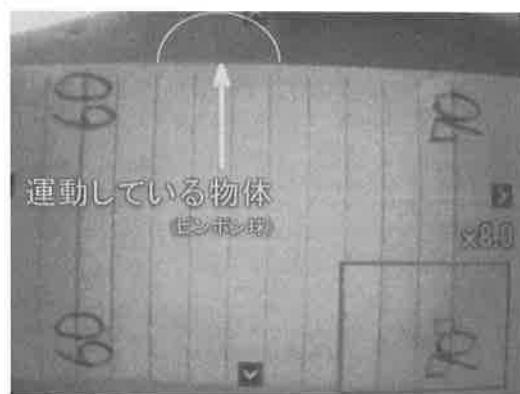


図2 画像を8倍にズームイン

また、画像の拡大はデジタルカメラのズームレバーを倒すだけなので、非常に操作が簡単である。

3. 生徒実験実践例

3. 1 斜面を上がるピンポン球の加速度測定

3. 1. 1 実験方法

- 斜面（斜面摩擦実験器）の仰角を15°に設定し、方眼紙で作った紙の定規をマグネットで固定する。
(図3)

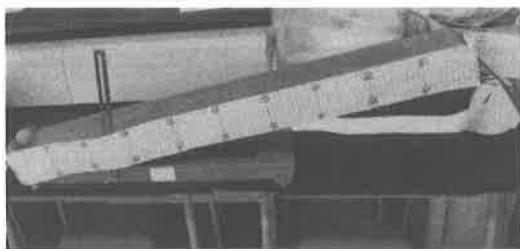


図3 斜面摩擦実験器を用いた実験装置

- (2) 高機能デジカメを 15fps の高速連写モードにする。このとき、生徒に 3 コマが何秒に相当するか計算させる。
- (3) 高機能デジカメで撮影する準備をし、ピンポン球が斜面を上るように、かつ斜面を飛び出さないように転がす。
- (4) 高機能デジカメの画像を外部モニタ（プロジェクタやテレビなど）に映し、生徒に時刻と位置を記録させる。
- (5) 記録したデータから速度を計算する。

時刻	位置 x	時刻の中 央値 t (横軸)	時間 変化量 Δt	区間 距離 Δx	速度 v (縦軸)
0	30				
		0.1	0.2	1.6	8.0
0.2	31.6				
		0.3	0.2	0.8	4.0
0.4	32.4				

(数値は実験データの一例)

表3 生徒の記録用紙例

- (6) 時刻の中央値を横軸に、速度を縦軸にして $v-t$ グラフを書かせる。
- (7) $v-t$ グラフの傾きから加速度を求めさせる。

3. 1. 2 実験結果

本校では、この実験を 2012 年 5 月に 2 年物理 I で実施した。実験の方法について説明し、撮影、そして画面を見ながら記録用紙にデータを取り終えるまでにかかった時間は 25 分程度であった。生徒の感想に「楽しかったけれど、計算やグラフ作成が難しかった。」という声が多く、「データを集めるところまでは楽しめて、その後のデータ処理とグラフ作成に手間取っていたので、全体的に難しい実験と感じたようだった。」

3. 2 自由落下する物体から重力加速度を測定

3. 2. 1 実験方法

- (1) 高機能デジカメを 30fps の高速連写モードに設定する。
- (2) テニスボールを高さ 2.0 m の位置から自由落下させる。
- (3) 3. 1. 1 の (4) ~ (7) と同様の作業をさせる

3. 2. 2 実験結果

本校では、2011 年 11 月の 2 年物理 I で実施した。シャッターを押すタイミングと、生徒がテニスボールを詰むタイミングを合わせるために数回練習を要したが、実験の説明からデータを取り終えるまで 30 分程度だった。

テニスボールの大きさと色が写真撮影には適しているが、空気抵抗の影響がどれくらい効いてくるのか、やや検討が必要と思われる。しかし、生徒の実験結果を見ると、 $8\sim10 \text{ m/s}^2$ 程度の値となっていて、データ処理の個人差が非常に大きかった。特に、データをグラフにプロットし、直線を自分で引いて、グラフの傾きを求める練習がもっと必要だったと、筆者は反省している。



図4 実験の様子

3. 3 弹性エネルギーの変換とエネルギー保存

3. 3. 1 実験方法

- (1) 3 cm程度に切ったプラスチックばねの質量を電子天秤で測る。
- (2) スタンドの上端にプラスチックばねを引っかけて、ばねの長さ（自然長とする）を測る。
- (3) プラスチックばねの下端に軽い分銅を糸でつり下げ、このときのばねの長さを測定し、ばね定数を求める。ばね定数を測定後は分銅を外す。
- (4) 高機能デジカメを40fpsの高速連写モードにする。
- (5) プラスチックばねを任意の長さに伸ばし、このときのばねの長さを測定し手で固定したままにする。
- (6) 高機能デジカメで撮影をしながらプラスチックばねを押された手を離し、上空へ飛ばす。（図5）
- (7) 高機能デジカメの画像から、最高点を特定し、その高さを測定する。ただし、高さの基準は、ばねの上端とする。
- (8) ばねを伸ばす長さを変えて、④～⑦を繰り返す。
- (9) ばねの弾性エネルギーと最高点での位置エネルギーの関係を考察する。



図5 プラスチックばねを飛ばしたところ

3. 3. 2 実験結果

この実験は、2012年1月に3年就職希望者向けの学校設定科目「理科の実験」で取り扱った。また、同年3月には2年物理Iでも取り扱った。ばねを飛ばす係と、飛ばす前のばねの長さを測る係に分けて、二人一组にし、10回分のデータを取ったが、弾性エネルギーと位置エネルギーの公式の説明と実験方法の説明、データを取るところまで40分程度だった。

プラスチックばねの飛び方が一定ではないので、データ数を増やし、平均化することで、定量実験に近づけら

れるとと思われる。ばねを飛ばすときの摩擦が大きい、ばねを離すときに手で押さえつけてしまうなど、力学的エネルギーが失われる理由を、生徒は懸命に考察していた。

4. おわりに

記録タイマーよりも様々な運動の解析がしやすく、ストロボカメラよりも動画の再現性に優れている高機能デジカメを用いることで、実験データを集める時間を短縮し、考察する時間を増やすことができた。高機能デジカメの導入は、力学実験がより説明しやすく、かつ、生徒の「思考・判断・表現」の力を伸長することができる可能性を大いに秘めていると強く感じた。

高機能デジカメによる連続写真のコマ数を数える方法から更に発展させストップウォッチと一緒に撮影することで、時間の正確さを取り入れることもでき、より厳密な測定をすることもできる。

生徒の計算する力、グラフを作成する力、そしてデータから考察する力のように、理科をもっと楽しむために必要な能力を伸ばしたいと考えるときに、高機能デジカメを用いた時間短縮は非常に有効であろう。

今後も、生徒一人一人が実験の中で考察する機会を増やせるよう、高機能デジカメを用いた実験方法を模索する。

引用文献

- 1) 稲子寛信、杉本修：ハイスピードカメラを使った演示・実験の工夫、北海道の理科 No.52、p.22～25、2009
- 2) やってみよう「ばねの運動」、高等学校物理I改訂版（啓林館）、p.143
- 3) 佐藤革馬：ハイスピードカメラを用いた生徒実験の実践～力学分野の生徒実験で～、平成24年度全国理科教育大会北海道大会研究発表論文（資料）集第三十四巻、p16～p19、2012

弦の振動なんかOK

電磁気分野の本質を理解するために必要な実験minimum

(授業で手軽にできる実験を集めて)

北海道札幌南高等学校 溝 上 忠 彦

【要約】 生徒にとってイメージを捉えにくく、苦手意識を持ちやすい物理の電磁気分野について、(1)静電気分野、(2)電界・電位・コンデンサー、(3)電流と磁界、(4)電流が磁界から受ける力、(5)電磁誘導、自己誘導、交流の各単元ごとに整理して紹介した。教室で手軽に出来る実験を中心に、基本的な現象、公式を本質的に理解するための手助けになることを目的としていくつかの実験を紹介した。

【ギーリード】 演示実験、静電気、電界と電位、コンデンサー、電磁誘導、自己誘導

1. はじめに

物理の電磁気分野は力学分野と比べるとイメージを捉えにくく、生徒が苦手意識を持ちやすい分野である。それと同時に教師も教科書の説明だけで興味関心を持たせ、本質を理解させるのは難しい分野でもある。この分野の実験は大がかりな実験は数多くあるが、準備に設備と労力を要するものが少くない。ここでは各単元ごとに、準備が比較的簡単で、授業中に手軽にでき、なおかつ公式、規則性を本質的に理解できるような実験について定性的な実験を中心にいくつか紹介する。

づける。同様にティッシュでこすったアクリル棒を近づける。この演示実験は「大きさ」で引きつけることができ、静電誘導、誘電分極の現象を観察することができます。



2. 各分野ごとの実験の紹介

(1) 静電気分野

新課程では、静電気の正負、放電については主に中学校で扱われ、物理基礎では詳しく触れられない。静電誘導、誘電分極は物理（4 単位）で扱われる。ここではいくつか行った演示実験のうち 2 つを紹介する。

(2) 電界・電位、コンデンサー

この範囲は生徒がすぐにイメージをつかむのが難しい所である。ここではイメージをつかんでもらう目的で行った生徒実験を中心に紹介する。

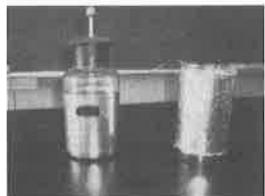
①電界の様子を見る実験

教科書の写真に載っている、油の中に浮遊した木くずが電界により移動する実験を実際にを行う。高圧電源を用いるので感電の危険性があり、油の処理も面倒ではあるが、実際に見ると生徒達は結構驚いている。



①手作りライデン瓶による放電実験

ペットボトルとアルミ箔でライデン瓶を作り、帯電と放電を体験させる。塩ビパイプをティッシュでこすって帯電させ、ライデン瓶に近づけてライデン瓶に帯電させる。その日の乾燥具合によって放電の強さは異なるので、生徒に実験させるときは予備実験をして強さを確認しておく。ネオン管を近づけても一瞬発光する。中学校的復習を兼ねて「導入の実験」として行う。



② コンデンサーの電気容量

アルミ箔を平行板コンデンサーにして間に紙やサランラップなどの誘電体をはさみ、電気容量を測れるデジタルマルチメーターで測定する。面積や間隔を変えることによって電気容量が変化することが体感でき、 $C = \epsilon \cdot S / d$ の関係式を理解することができる。



②静電誘導と誘電分極の実験

互いに逆向きに重ねた 2 枚の時計皿の上に 1 m 定規（鉄製か木製）を置き、ティッシュでこすった塩ビパイプを近

③ コンデンサーの接続

1 F のコンデンサーを 2 個用い、並列接続、直列接続のときの各コンデンサーの電圧を測定し、電気量、電圧、電気容量の関係を確認する。回路の接続が得意な生徒はスムーズに行い理解を深めるが、苦手な生徒は手が止まる。この実験では「感覚をつかむ」よりも「確認する、理解を深める」ことに重きを置く。

(3) 電流と磁界

① 付磁装置による磁気力の実験

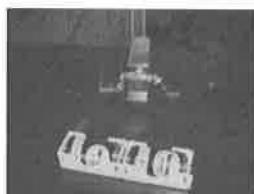
教科書の問（啓林館物理 I p 28 問 7）の解説とともに演示する。棒磁石が受ける力の様子より、付磁装置を通してソレノイドに発生する磁界の様子を確認する。また、ソレノイド内部の磁界が一様な磁界であることも確認する。



(4) 電流が磁界から受ける力

① 「フレミングの左手の法則」を調べる

中学校の復習を兼ねた「確認」の実験である。図のように細長く切ったアルミ箔とアルニコ磁石で装置を作り、電池をつなぐ。ついで瞬間のアルミ箔の動きを観察し、フレミングの左手の法則を確認する。「指の形」のみ覚えていて現象とマッチしていない生徒は地味に多い。



(5) 電磁誘導、自己誘導、交流

① モーターと発電機（その 1）

モーターの先端にたこ糸を巻き、思いっきり引っ張ると豆電球の電気がつく。モーターは電気エネルギーを力学的エネルギーに変換するが、発電機はその逆であり、同じ装置でできることを演示する。

② モーターと発電機（その 2）

モーターと電球と電池を直列につなぐ。スイッチを入れた直後と少し経過した時、モーターを止めた時で電球の様子を比較する。

③ 手回し発電機の実験

手回し発電機を何もつながない状態、豆電球をつないだ状態、直接つなないだ状態で回転させる。誘導電流が外力と反対向きに力を受けることを体感させる。



④ 簡易デジタルオシロスコープ、オシロソフト「音オシロ」を用いた自己誘導の電圧波形、交流波形の観察

オシロスコープで観察することは可能であるが、これらの装置の方が容易に持ち歩き出来る利点がある。簡易デジタルオシロスコープは消耗品で購入できる額で購入することも可能である。

9. 今後に向けて

教科書をきちんと解説するか、問題演習をするか、演示実験を見せるか、生徒実験をするか、このバランスは授業時数や生徒の状況、生徒の要求するものによって異なってくる。教師の立場で考えると全部実施したいのだが難しいのが実情である。教科書の内容の理解を深め、教室の中でスムーズにできる演示実験が 1 つでも多く出来れば生徒が理解するための手助けになる。今後多くの方々から指導、助言を賜り、改善と工夫を継続していきたい。

10. 参考文献

- 1) 啓林館 高等学校物理 I (改訂版)
- 2) 啓林館 高等学校物理 II (改訂版)

逆結線スピーカーで音の位相を理解する (音を音で消す)

立命館慶祥高等学校 杉 山 剛 英

【要約】ラジカセのモノラル出力にスピーカーを1個接続する。もう1個のスピーカーを+の極性を反転させる位相変換器を介して並列に接続する。2つのスピーカーから出てくる音の片方を逆位相に切り替えれば、音が途中で消えて音場が広がった感覚を持つ。耳で位相を実感する実験である。

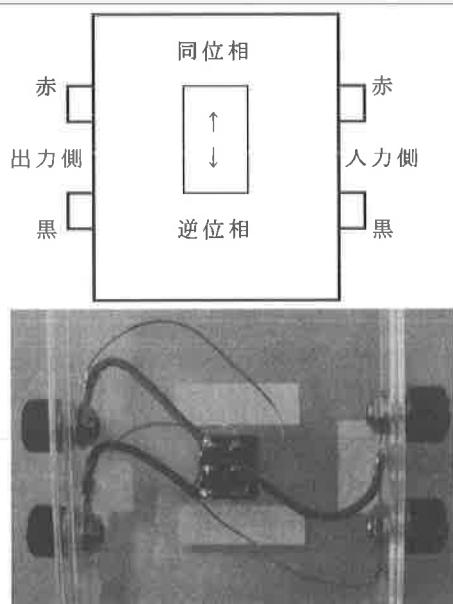
【キーワード】位相 ノイズキャンセリング 干渉 スピーカー 重ね合わせ 音波

1. はじめに

静止しているものの観察は容易ではあるが、運動の様に常に変動し、音のように見えない場合は観察も理解も困難である。しかし、自分の耳で聞いて変化が解れば、見えないところで起こっている変化の原因を探る糸口がつかめ学習効果が上がると考え、位相変換器を作製し、ラジカセとスピーカー2個で手軽に実施できる実験を実施したので報告する。

2. 準備

小型スピーカー（秋月電子、¥100）2個、ラジカセ（小泉・SAD-1212、¥3000）、位相変換器（C型アクリルケース、バナナジャック、トグルスイッチ2回路2接点 ST1062）ミニプラグーミノムシリード線



3. 実験方法

実験1. 2つのスピーカー（同位相）で聞く

ラジカセからのモノラル音声出力を2つのスピーカーに分配。この時、スピーカーの端子にヘットボン端子からのモノラル出力を図の様に結線し、トグルスイッチを同位相側へ倒すと同位相の音が両スピーカーから出る。

同位相とは、2台のスピーカーが完全に同じ音を出して、音の波形の山谷が一致している状態を言う。

方法

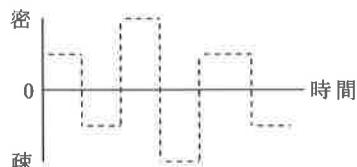
スピーカー2個を一人が両手に持ち、もう一人が向かいに座り聞く。

結果

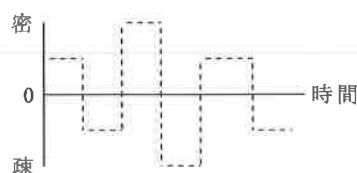
音像はスピーカー中央にある様に聞こえる。

AとBが互いに同位相の状態

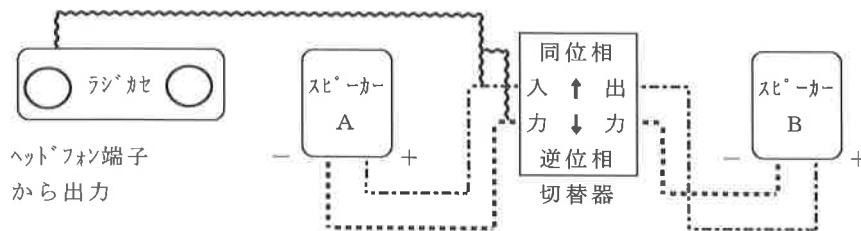
スピーカーAの波形



スピーカーBの波形

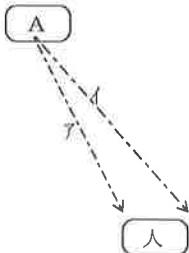


結線図

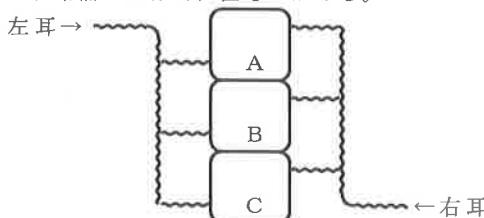


原理

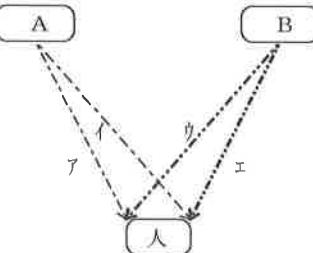
音源定位の仕組み



スピーカーが観測者の左手に1台だけある場合、左の耳にはアの経路で、右の耳にはイ経路で音が伝わる。この時、右耳にはわずかに（0.0003秒程）遅れて音が到着する。右耳と左耳からは脳に向かってパルスを伝える神経細胞があるが、これには軸索の長さが違う末端が何通りか接続されている。脳では1つの細胞が、左右から送られてくる信号を受け取り、同着した場合だけ反応する仕組みがある。これによって、0.0003秒前後の遅れを検出している。例えば、音源が左にある場合は、Cの細胞が反応し、右にある場合はAが反応する。フクロウの耳は上下にもずれているため、暗闇で立体的位置もつかめる。



同位相スピーカーの場合の聞こえ方



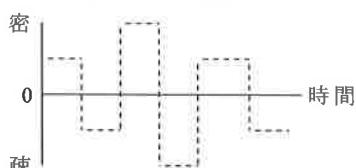
観測者の両耳にA, Bの音が聞こえる。

観測者はアの音とイの音の到着遅れから音源Aは左にあると知覚。同時にエの音とオの音の到着遅れから音源Bは右にあると知覚。しかし、どちらも同音なので脳の中で平均を取って真ん中にあると知覚する

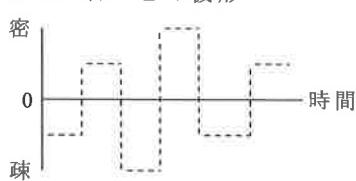
実験2. 2つのスピーカー（逆位相）で聞く

トグルスイッチを逆位相側へ倒すと、Bのスピーカーに流れる電流の向きが逆になり、逆位相の音が発生する。しかし、人間の耳には全く区別がつかない。

スピーカーAの波形



スピーカーBの波形



逆結線スピーカーで音の位相を理解する

この2つの波が出会えば、山と谷、谷と山がぶつかることになり、互いに打ち消し合う。

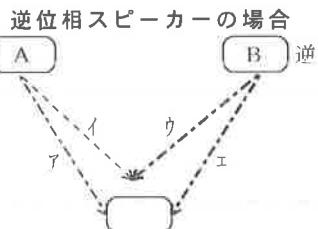
方法

同位相で音を出したまま、トグルスイッチを逆位相にする。

結果

今度は右のスピーカーの音は右の耳に、左のスピーカーの音は左の耳に直接伝わり、ヘッドフォンをしている様な状態になる（目をつぶるとよりそれらしく）。まるで音が広がったような感覚がして音像は外に広がったような感覚を覚える。2つのスピーカーの音を別々に聞いても何も違いはわからない。なお、実験室では反響があるため効果が薄れる。

原理



アとエの音は左と右の耳にだけ到着
スピーカー A,B の中間付近ではイとウの逆位相の音が重ね合わさり、音が消える。その結果、A の音はアのみとなり、左耳だけに伝わり、B はエの経路で右耳だけに到達する。あたかもヘッドフォンをした様な状態になる。

視覚情報が無ければ、左右方向から音が来るよう音場が広がってに聞こえる。



ヘッドフォンで聞いてるみたい♪

実験3. 逆位相音がぶつかる消音ポイントを探す

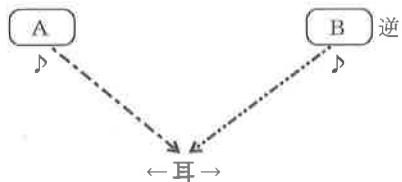
実際にどこで音が消えているのかを探し、そのポイント同位相にすると逆に音が大きくなることを確認する。

方法

トグルスイッチは逆位相にして音を流す。

左耳をふさぎ、右耳をずらして消音ポイントを探る。

音が小さくなるポイントを確認したらトグルスイッチを同位相側にする。音が大きくなるのが解る。また逆位相にすれば違いは明確。



結果

中央付近で音がかなり小さくなる。同位相にすると音が大きくなる。

実験4. スピーカーを貼り合わせて消音を確かめる

ノイズキャンセリング等で使われている原理を実感してみる。

方法

スピーカーを向かい合わせに貼り合わせて持つ。

同位相で貼り合わせて音を流す
続いて逆位相に切り替える。

結果

スピーカーの裏側からの音がよく聞こえ、全体音量が小さくなるのがはっきりわかる。

実験5. スピーカーの裏からの音を使う

スピーカーは表だけからでなく、裏からも音が出てる。この時、空気への押し引きが逆になるため、裏からは逆位相の音が出ていることを生徒に考えさせる。

方法

位相変換器は同位相にしておく。実験1の様に、聞いてみる。そして、Bのスピーカーの裏を観測者に向けてみる。

結果

逆位相の音が発生し、音場の広がりを感じる。

実験6. 逆位相マイクで消音

スピーカーはマイクにもなる。回路はそのまま、ヘッドフォン端子からマイク端子に接続し直しマイクミキシングにする。

方法

トグルスイッチは同位相にする。2つのスピーカーの縁を接触させて並べて、その真ん中でしゃべる。普通に声がラジカセから流れる。

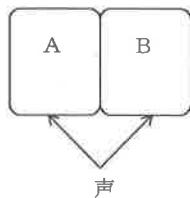
次に逆位相にしてしゃべる。

結果

逆位相にすると音が消える。

Aから発生する音声電流とBから発生する音声電流が逆位相のため信号がほぼ消滅する。

原理・河合塾)



4. 生徒の感想

- ・こんな簡単なことで、すごく違いか出るのに驚いた。
- ・波動分野は苦手だけど面白いと思った。
- ・ノイズキャンセリングの原理に納得した。
- ・色々考えながら実習するのすごくよくわかった。
- ・本当に音が消えていてびっくりした。
- ・生物を選択していたが、科学実験で色々な体験が出来て楽しい。

5. まとめ

この実験は、3年立命館大理工系進学コースの「科学実験」(3単位)で行った。大学進学後の学習・研究に役立つように全分野に渡る実験を行う科目である。生徒は安価な器具で、サウンド技術の入門も体験でき、位相の違いが聞いて解ることに感銘を受けていた。授業の中で、生徒に考えさせたり工夫させたり出来るので、更に応用が広がると考えている。

なお、本実践は、札幌新川高等学校・小川恵子教諭と釧路明輝高等学校・佐藤誠教諭の協力を得て構築されたものである。

6. 参考文献

- 1) バイフォニックプロセッサー・BN-5取扱説明書 (ビクター)
- 2) 2010年度高三全統模試生物問題 (音源定位の

平成 24 年度 日本物理教育学会北海道支部総会

1、日時 平成 24 年 6 月 9 日(土) 14:30~17:00

2、場所 北海道大学理学部 2-2-11 教室

3、内容

<<<総会>>> 14:30~14:50

- (1) 支部長挨拶
- (2) 平成 23 年度事業報告
- (3) 平成 23 年度会計報告
- (4) 平成 23 年度会計監査報告
- (5) 平成 24 年度事業計画
- (6) 平成 24 年度会計予算書
- (7) 平成 24 年度支部役員について

<<<特別講演会>>> 16:00~16:00

「第 2 の地球は存在するか(仮題)
北海道大学大学院理学研究院自然史科学部門
教授 倉本 圭氏

<<<実験デモンストレーション>>> 16:00~17:00

<<<懇親会>>> 18:00~20:00

平成 23 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. 39 9 月発刊」

2、総会

1、日時 平成 23 年 6 月 11 日(土) 14:30~17:00

2、場所 北海道大学理学部 2-2-11 教室

3、内容

<<<総会>>> 14:30~14:50

- (1) 支部長挨拶
- (2) 平成 22 年度事業報告
- (3) 平成 22 年度会計報告
- (4) 平成 22 年度会計監査報告
- (5) 平成 23 年度事業計画
- (6) 平成 23 年度会計予算書
- (7) 平成 23 年度支部役員について

<<<特別講演会>>> 15:00~16:00

「地震研究の現状と東北沖地震」

北海道大学大学院理学研究院

附属地震火山研究観測センター 高橋浩晃

<<<実験デモンストレーション>>> 16:00~17:00

3、創造科学実験

(1) 創造科学実験 in びらとり

日時 平成 23 年 7 月 3 日(日) 12 時 30 分~15 時 30 分

※ 準備 9:00~、講師向け研修会 9:30~

高校生向け研修会 11:00~
場所 ふれあいセンターびらとり オールシーソンパーク

(2) 創造科学実験 in 浦河

日時 平成 23 年 7 月 24 日(日)

場所 浦河町柏陽館

(3) 創造科学実験

日時 2011 年 10 月 29 日(土) 10:00~12:30

場所 北海道大学 工学部

(4) サイエンスラボ・フォーラム北海道

日時 2012 年 1 月 7 日(土) 10:00~16:00

場所 北海道大学 学術交流会館

4、第 2 回 中学・高校・大学をつなぐ 「物理教育シンポジウム」

日時 2011 年 11 月 23 日(水) 13:00~15:45

場所 北海道大学理学部 5 号館 2 階 5-2-01 教室
(札幌市北区北 10 条西 8 丁目)

プログラム

- 支部長挨拶 13:00
- 中高生科学部生徒による研究発表 13:05~14:05
 - (1) 「ペットボトルの爆発力を使った実験」
札幌市立福井野中学校科学部
 - (2) 「缶サット甲子園 2011 から学ぶものづくり」
札幌啓成高校科学部
 - (3) 「クトの実験における粒子のたまり方(第 6 報)」
札幌西高校物理研究部
- 北大博物館見学(生徒対象、大学院生によるガイド付) 14:15~15:45
- シンポジウム「中学・高校・大学をつなぐ物理教育」
(教員対象) 14:15~15:45

パネリスト:

高橋伸充(札幌市立平岸中学校)、

熊谷誠二(札幌市立北辰中学校)、

児玉 大(札幌市立北辰中学校)、

中道 洋友(札幌北高校)

司会: 横関 直幸(札幌旭丘高等学校)

5、物理教育研究会

日 時: 平成 23 年 12 月 10 日(土) 13 時 00 分~17 時 30 分

場 所: 北海道大学 理学部 5-2-06 教室

内 容

○ 支部長挨拶 13:00

北海道大学大学院理学研究院 伊土 政幸

○ 招待講演 13:05~14:05

(座長：北海道大学大学院教育学研究院 大野栄三)

「ラザフォードによる原子核発見から 100 年」
北海道大学大学院理学研究院 加藤 幾芳

○ 原著講演 14:10~15:10

(座長：北海道立教育研究所附属理科教育センター

佐々木 淳)

1. 「新カリキュラム『科学と人間生活』の物理分野
で何を生徒に伝えるか」

北海道平取高等学校 源 和也

2. 「児童生徒の自然体験と理科の好き嫌いなどの
関」

道立教育研究所附属理科教育センター

伊藤 新一郎

3. 「金星の太陽面通過(2012年)を理科教育教材に」

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆

○ ミニ模擬授業 15:20~16:40

(進行：道立教育研究所附属理科教育センター 松田 素寛)

～新科目『物理基礎』を意識した授業の提案 Part3～

1. 「運動の法則」 札幌旭丘高校 横関 直幸

2. 「熱とエネルギーの導入 (熱と温度)」

札幌南陵高校 矢吹 守穂

3. 「圧力と浮力」 札幌東陵高校 谷川 知範

○ 全体討論 16:45~17:30

(司会：札幌旭丘高校 横関 直幸)

『物理基礎』の登場 ～みんなで授業をデザインしよ
う！Part3～

6、高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

日 時 平成 24 年 1 月 10 日(火) 12:50~17:00

場 所：札幌北高等学校

(札幌市北区北 2 5 条西 1 1 丁目 1-1)

【参加者 24 名、スタッフ 12 名】

内 容：高校物理の基本実験について、1 テーマ 40 分程
度で実験実習を行う。参加者はいくつかの班に分かれ、
班ごとのローテーションで 6 テーマすべてについて実習
を行う。

回折格子

弦の定常波

水面波の実験

力学的エネルギー保存則

静電気

重力加速度の測定

7、青少年のための科学の祭典 2011

札幌市内 7 カ所、札幌市以外で 20 カ所で実施

8、理事会

平成 23 年 4 月 11 日(月)

平成 23 年 10 月 4 日(火)

平成 24 年 2 月 14 日(火)

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

平成 24 年度事業計画

1、日本物理教育学会北海道支部会誌

「物理教育研究 vol. 40 9 月発刊(予定)

2、総会

日時 平成 24 年 6 月 9 日(土) 14:30~17:00

場所 北海道大学理学部 2-2-11 教室

3、2012 年度 日本物理教育学会年会

第 29 回物理教育研究大会

日時 平成 24 年 8 月 11 日(土)~12 日(日)

<評議員会 10 日(金)午後>

場所 北海道大学理学部

4、中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

平成 24 年 11 月 23 日(予定)

5、物理教育研究会

平成 24 年 12 月(予定)

6、高校物理の授業に役立つ基本実験講習会

平成 25 年 1 月(予定)

7、理事会(4 月、7 月、10 月)

活動報告

平成 23 年度一般会計収支決算書(2012. 6. 9)

收 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥367,462	会議費	¥7,803
本部補助金	¥150,000	通信費	¥33,090
雑収入	¥104	事務費	¥8,304
		予備費	¥29,916
		会誌印刷補助	¥0
		次年度繰越金	¥438,453
計	¥517,566	計	¥517,566

平成 23 年度特別会計収支決算書

收 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥228,195	会議費	¥0
支部補助金	¥0	通信費	¥8,340
会員負担金	¥78,680	事務費	¥2,992
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥126,000
		次年度繰越金	¥169,543
計	¥306,875	計	¥306,875

会計監査

会計監査結果：以上を監査致しましたところ適正であることを認めます。

年 月 日

会計監查理事：

印

平成 24 年度一般会計予算(案)

收 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥438,453	会議費	¥20,000
本部補助金	¥150,000	通信費	¥25,000
雑収入	¥547	事務費	¥25,000
		会誌印刷補助	¥0
		予備費	¥519,000
計	¥589,000	計	¥589,000

平成 24 年度特別会計予算(案)

收 入	金 額(円)	支 出	金 額(円)
繰越金	¥169,543	会議費	¥10,000
支部補助金	¥0	通信費	¥20,000
会員負担金	¥50,457	事務費	¥10,000
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥150,000
		予備費	¥30,000
計	¥220,000	計	¥220,000

H24 年度支部総会資料 平成 24 年 6 月 9 日

日本物理教育学会 北海道支部理事 役員分担 (H24-25 年度)

顧問	中島 春雄 吉田 静男 小野寺 彰 中野 善明
評議員	伊藤 四郎 檜棒 光一 一口 芳勝 加藤 誠也 川原 圭二 斎藤 孝 坂田 義成 平野 雅宣 穂積 邦彦
支部長	伊土 政幸 (北海道大学大学院理) 本部理事 (H23-H24)
副支部長	大野 栄三 (北海道大学大学院教育) 本部評議員 (H24-H25)
監事	佐々木 淳 (函館高専) 鶴岡 森昭 (札幌清田高校) 本部評議員 (H23-H24) 山田 大隆 (酪農学園大学) 本部評議員 (H24-H25)
総務 (事務局長)	横関 直幸 (札幌旭丘高校) 本部評議員 (H23-H24) 石川 昌司 (大樹高校) 木村 宣幸 (札幌西高校) 今野 滋 (東海大学) 道支部 HP 細川 敏幸 (北大高等教育推進機構) 道支部 HP
編集 (委員長)	中道 洋友 (札幌北高校) 大野 栄三 (北海道大学大学院教育) 菅原 陽 (小樽工業高校) 本部評議員 (H24-H25) 鶴岡 森昭 (札幌清田高校) 長谷川 誠 (千歳科学技術大学) 堀 輝一郎 (札幌開成高校) 小野 忍 (札幌清田高校)
事業 (委員長)	大坂 厚志 (札幌平岡高校) 理科大好き実験教室 阿部 修 (北海道教育大学旭川校) 伊藤新一郎 (北海道立教育研究所附属理科教育センター) 大久保政俊 (札幌南高校) 岡崎 隆 (北海道教育大学札幌校) 今野 博行 (函館陵北高校) 斎藤 隆 (札幌白石高校) 酒井 彰 (室蘭工業大学) 佐藤 健 (七飯高校) 鈴木 久男 (北海道大学大学院理) 高橋 尚紀 (札幌啓成高校) 永田 敏夫 (マラヤ大学) 原田 雅之 (札幌西高校) 保格 秀規 (北広島西高校) 前田 寿嗣 (札幌市立月寒中学校) 松崎 俊明 (釧路工業高等専門学校) 松田 素寛 (胆振教育局) 森山 正樹 (札幌市立宮の森中学校) 山本 瞳晴 (赤平高校) 物理教育実践交流会 四方 周輔 (東海大学) 本部評議員 (H23-H24) 萬木 貢 (元旭川西高校) 渡辺 儀輝 (市立函館高校)

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、正会員の三分の二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12ptゴシック：両端をカッコでかこむ)

English Main Title:12ptTimes (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:12ptTimes)

所属は9pt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9pt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.

キーワード 9ptゴシック 5語程度

Keywords : Times Font, 9pt, About 5 Words

1. 支部会報「物理教育研究」投稿について

内容 支部会員からの自由投稿及び編集部の依頼に基づく寄稿によるものとし、内容は論説研究・解説・報告等物理教育に関するものなら自由です。

2. 原稿執筆（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. 1 本文執筆の要点

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 とします。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してください。

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

します。ベクトルの場合は太文字のイタリックとします。

上下添字は6pt程度の立体（イタリックも可）とします。以下にいくつかの例を挙げます。

J_c V_i P^A_{ijk}

式を記入する場合は、式の上下に白行を設け、右端に式番号を下記の例のように記入します。

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

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"を付けてください。

2. 4 図・表・写真およびその説明

図・表・写真是、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します。

図中の文字は、十分認識できるサイズ（9pt程度）にし、6pt未満の文字は使用しないでください。また図表・写真的前後に空白行を設けてください。

図表には適切な表題（見出し）、ナンバーを必ず付けて文中に挿入します。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してください。図表写真については原寸大で写真製版します。

例 図1 実験装置の概略

Fig.2 Schematic of experimental apparatus

Table 3 Fluid properties in each run

Photo 4 Flow pattern around sphere

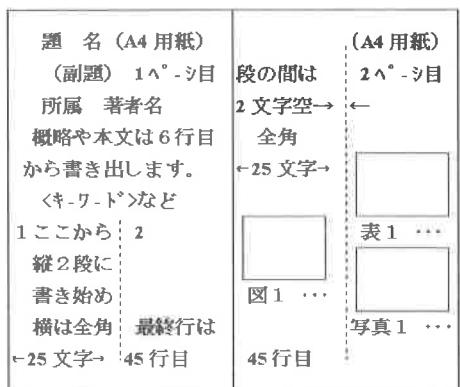


図1 ワープロ原稿の例

写真はコントラストの良いものでお願いします。また、ワープロ文書等に貼り付ける場合はサイズが必要以上に大きくならないようにしてください。

図・写真等を別に用意する場合は挿入箇所を指定してください。図・表・写真の指定場所は用紙に直線で囲み指定するので、その余白を予めとっておいて下さい。

2. 5 記号説明・引用文献

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します。文字サイズは、9 pt程度とする。

引用文献¹⁾は右肩に^{1) 2)}を文章中に記入し下記のように、一括して末尾に文献名・出版雑誌名、巻号、ページなどを引用順に記入してください。詳細は以下の例を参考にしてください。参考文献は原則掲載する必要はありません。

ワープロ原稿はA4の用紙に投稿規定の要領で印刷し、脚注や引用等本文以外の細かな指定ができない場合は赤字で原稿に指示して下さい。

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, 1998

2) 執筆太郎 『北海道の物理教育』、支部出版、2005

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しいたしません。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 上記規定により支部会報「物理教育 38号」の原稿を募集いたします。

(1) 締切 2013年9月末日

(2) 投稿受付

投稿受付は下記のとおりです。詳しくは 2013 年 5 月に支部ホームページに掲載します。

問い合わせ先

〒 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-mail 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。執筆要項はホームページからダウンロードすることもできます。

編集後記

今年の夏は日本物理教育学会の年会と高校理科教員（理化学協会と日生教）の全国大会が北海道で行われました。北海道支部では、全国大会に向けて一昨年から「物理基礎」の授業案に取り組んできましたが、北海道高等学校理科研究会と共同で「物理基礎」の指導案集を出すことができました。多くの生徒に物理の魅力を伝えるきっかけになればと思っています。（N）

2012年11月1日発行

日本物理教育学会北海道支部

第40号 編集責任者 中道洋友

(060-0810) 札幌市北区北 10 条西 8 丁目

北海道大学大学院理学研究院物理学部門

日本物理教育学会北海道支部

目

次

卷頭言

「基礎科学教育と双方向型授業」

北海道大学大学院理学研究院物理部門 伊士 政幸

1

第2回中学・高校・大学をつなぐ「物理教育シンポジウム」

2

「物理基礎」に対する北海道支部の取り組み

北海道札幌旭丘高等学校 横関 直幸 14

物理分野の指導に対する学生の意識調査と解説実験書(物理学分野)の紹介

北海道教育大学旭川校 阿部 修, 林 雅子 北海道教育大学札幌校 岡崎 隆, 尾関 俊浩

北海道教育大学釧路校 中川 雅仁, 山本 俊介 秀明大学 寺前 洋生 16

学生プロジェクトによる地域連携・理科教育支援活動の実績と今後の展望

千歳科学技術大学 長谷川 誠 18

物理講義ノート「原子力発電」Ⅱ(陰極線の観察からはじめる核エネルギーの話)

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆 21

「物理基礎」「エネルギーとその利用」の展開例(原発・大学を巡って学ぶエネルギー資源問題)

北海道函館中部高等学校 関川準之助 25

連続可変低周波発振器の開発と公開(オープンソース)(PCを低周波発振器として使う)

北海道札幌北高等学校定時制課程 高木 伸雄 29

水中を伝わる波の実験教材開発に関する研究

札幌第一高等学校 山田 高嗣 36

実験を活用した電磁気の授業(実感の伴った“わかる”を目指して)

北海道釧路湖陵高等学校 福田 敦 40

高機能コンパクトデジタルカメラを用いた力学実験

北海道枝幸高等学校 佐藤 革馬 44

電磁気分野の本質を理解するために必要な実験minimum(授業で手軽にできる実験を集めて)

北海道札幌南高等学校 構上 忠彦 48

逆結線スピーカーで音の位相を理解する(音を音で消す)

立命館慶祥高等学校 杉山 剛英 50

活動報告

54

日本物理教育学会北海道支部規約、A4原稿執筆要項、編集後記

58