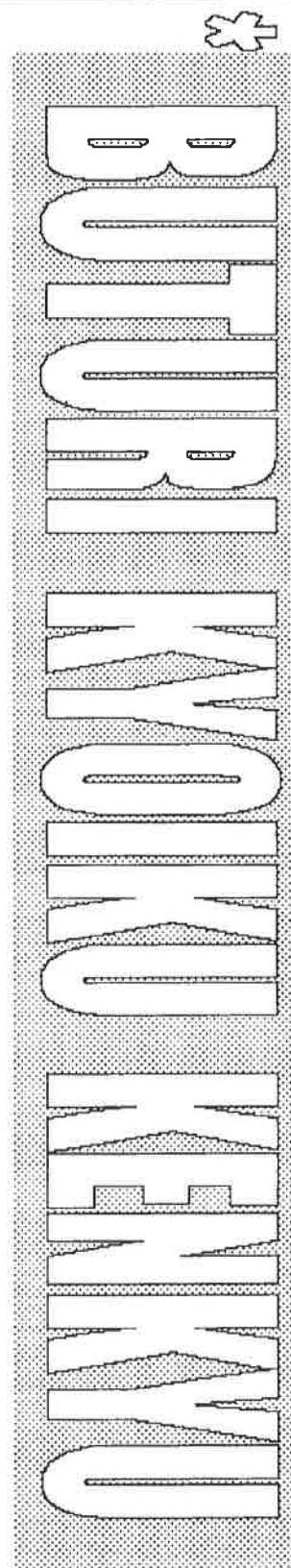
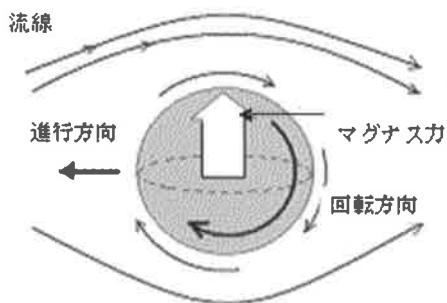


# 物理教育研究

日本物理教育学会 北海道支部



Vol.38, 2010.9



# いま物理の教育で求められていること

北海道大学大学院理学研究院

物理部門 伊土政幸

今年度から、中野善明先生の後任として支部長を引き継ぎました。まだ不慣れですが、皆様と一緒に支部活動を盛り上げてゆく所存ですので、ご協力とご支援のほど宜しくお願ひいたします。

私事で恐縮ですが、大学で本格的に物理を学び始めてから40年が過ぎました。この間、物理と格闘する一方で、物理と社会の関わりにも目を向けてきましたが、物理が支える先端技術の進歩には目を見張るものがあります。私の学生時代の一般相対性理論は、まだ宇宙物理学者のための特別な分野という印象でしたが、よく知られているようにGPS技術は重力場による時間補正も考慮する必要があり、一般相対性理論なしにその技術を語れません。はじめてGPSに接したとき「あの“一般相対性理論”が我々の日常生活の中にまで入ってきた」との感慨を禁じ得ませんでした。また、私が専門としている超伝導さえ、今や先端的医療装置MRIを通して我々の生活と切り離せないものとなっています。今後、物理をはじめとした自然科学は、先端技術とも融合し、社会の知的資産としての価値をますます高めていくでしょう。

一方、先端物理と融合して高度に進化した技術は、物理の最前線をさらに先へと押し上げています。そのため、物理の基礎と最前線との間のギャップが過度に開いてしまい、基礎的事項に力点を置いた学習だけでは、物理本来の面白さを感じ取ることが非常に難しくなっています。これは自然科学全般に言えることで、現在、ごく少数の専門家を除いたほとんどの人々が最新の自然科学や先端技術から取り残されてしまっていると言えるでしょう。昨今の若者の理科離れもこの流れの上にあると思います。

そのような今日にあって、中学・高校・大学における理科教育・自然科学教育には、学生に自然科学の面白さや有用さを伝えながら、これまで以上に分かり易い授業を展開することが求められています。そのためには中・高・大各課程の教員が互いに連携し、すべての課程を通して整合性のある一貫した授業を展開することが重要です。中学・高校の学習指導要領の変更を迎えており、中・高・大間の連携が特に強く望まれるところです。

物理教育学会の北海道支部は、これまで長年に渡って高校と大学の教員を中心となって、物理教育の充実に向けた活動を続けてきました。また、十数年前からは“科学の祭典”を通して中学理科教員とも交流を深めています。学習指導要領の変更により、中・高等教育課程の自然科学教育が大きく変わろうとしている今こそ、私達の支部はこれまでに培ってきた蓄積を活かしながら、中・高・大間の連携に努める時だと思います。物理教育に携わる者の交流拠点としての機能を果すことは本学会活動の原点でもあります。また、若者の理科離れがより深刻さを増している今日、若者が「物理は面白い」と感じながら学習できる教材や演示実験の開発も、本学会の重要な活動目標であることは言うに及びません。このような時代にあって物理教育に携わる私たち支部員は、これまで以上に互いの交流の輪を広げながら、物理を学ぶ若者に物理の面白さや有用さを伝えると同時に、社会の知的資産としての科学・技術に対する啓蒙活動にも力を注いでいく必要があると思われます。

## 「故北村正直先生を偲んで」

酪農学園大学教職センター 山田 大隆  
(日本物理教育学会評議員、北海道支部理事)

日本物理教育学会北海道支部元理事、北海道大学工学部名誉教授（数理科学）、元拓殖大学北海道短期大学副学長の北村正直先生が、肺癌、脊髄癌のため入院先の札幌厚生病院で2010年6月30日の朝に亡くなられた（享年81歳）。筆者にとりまた先生を知る年配の物理教育学者にとって、まさに「巨星落つ」の感のある先生のご逝去であった。

急なご逝去と葬儀であったため、日本物理教育学会北海道支部、北海道大学工学部理学部等、先生ゆかりの関係者にはすぐ伝わらず、逝去の事実は葬儀後に事務局から会員、関係者に伝えられた。葬儀は先生が永年奉仕された日本福音ルーテル札幌教会（札幌市中央区南12条西12丁目、先生のご自宅近く）で7月1日午後7時に通夜記念式、2日午前10時半に葬式が行なわれた。両日ともに200名を超える会葬者がいた（2日目は先生が理事長をされた教会付属めばえ幼稚園児多数の参加と献花があった）。

筆者は葬儀の2日とも参加したが（2日は伊士支部長も参加）、キリスト教の葬儀は仏教式と異なり、長い読経、僧侶の仏前仏教講話ではなく、教師（牧師）の短い祈祷のあとに生前の故人の業績の軌跡と神学的評価を語る充実した教話がなされる。最後に参加者全員の献花がなされる。教会の葬儀は徹底して人本位であるのが新鮮である。

この牧師によりなされる教話は、仏式の故人とあまり関係のない一般的な仏教講話と違い、生前の故人の神からの使命を受けて展開されたこの世的業績内容と故人の宗教的人生内容そのものが中心だけに、参会者にとり思い出深い講話となる場合が多い。

1日の葬儀で主管の重富克彦牧師から、生前の北村先生の教会奉仕の業の紹介とともに生前の学術活動、特に文部科学省の理科教育方法上の問題点を学習指導要領を基に妥協なく指摘した人物であった類まれな故人の人間的価値が強調された。

先生と付き合いが長く北村先生の学問上の業績での話を多く機会があった重富牧師は、北村先生の仕事内容と現代の学校生徒の理科離れ対策にも関係するその仕事の現代的意義にも知悉しており、特に現役時代の主要業績であった海外留学先で得たPh.D（哲学博士）の由来である人間の西洋流の思考方法（西洋哲学）の意義とその視点からの文部科学省の今日の理科教育行政の大きな問題点について、牧師は先生の生前の意欲的非妥協的活動の実態を熱心に語られ、一般会衆に初めて紹介され、個人の生前の業績を中心とする教会の葬儀として、筆者にとり非常に印象深いものだった。

この先生の特に専門とする西洋自然観研究（科学哲学）については、先生は世界の理科教育方法の共通根幹であり、日本ではその究深化が必要と強調された。1960年代に国際的なアメリカの科学史、科学論学者であるT.クーン（ハーバード大学物理学教授）のパラダイム論（歴史上有名な著書『科学革命の構造』1970年中で提唱）の科学活動の心理学的知識の提唱以来、それまでの科学論定番のオーストリア、ウイーン大学一派の論理実証主義集団（科学真理確立の論理学、反証可能性方法の提唱、論客はカルナップ、ポパー、ヘンペル、ライヘンバッハら）との論争が激化し、クーン後派のネオ・クーニアンのファイアーアベント、ラカトス、モルゲンシュテルン等現代まで続く、ニューサイエンチストの科学的真理相対派の流れと論争を作ることになる。しかし、論争はあるにせよ、小中高大の学校自然科学教育では、対象となる自然界が相対的真理（科学は科学者によりなされる実践と理論行為なので、科学的事実は科学者の得た事実でしかなく科学は相対的であるとする。つまり人により自然の真理は異なる、とする）であってはいけない。自然の真理が相対的であっては教育が成り立たない（世界が法則やその応用の技術で発展してきた事実が説明出来ない。初心者指導の根拠となる教科書の絶対的法則的権威が絶対必要）のである。現在の「ゆとり教育」の実力低下の根拠は、第一には昭和50年代理科に比し1/3以上削減した指導

時間（連鎖して教科書内容の大幅削減）問題だが、さらに重要には科学的探求を押さえる科学的真理の相対化の科学モチベーションの欠陥（理科探求意欲の荒廃）の帰結で、これはもっと罪が大きい。

文部科学省は30年前ほどからアメリカ帰りの指導主事によるルソー、デューイ流の「行動主義教育」を導入して理科教育方法を理念教科中心とせず児童中主義とした。小学校理科特有の、実験で楽しい、オープンエンド（法則性までの体系的まとめがないので肝心の応用力が育たない）の現行要領の、内容が薄く遊び型と言われる小学校の理科が以後流行した。これに科学技術の絶対的価値を否定する科学の相対化が加わったのだから、昭和50年代に世界最高水準と高く評価されたかっての日本の戦後学校理科教育は、この2面でわずか20年間で急速崩壊した（元広島大学教育学部教授武村重和氏の「現代教育科学」論文他）。

北村先生は文部科学省派のアメリカ帰りの御用学者と文部科学省によるこの日本の理科教育破壊の罪の深さを非常に重視され、5年ほど前になるが、現行小学校指導要領に見られる科学相対主義の問題点を収集した100枚を超える科学論、科学政策実証研究コピーを分析し、ご高齢ながら火を吹く熱意で批判を開始され、北海道支部会、科学教育の全国大会で発表、マスコミが取材報道した事績は耳に新しい。その文部科学省との理論闘争はまだ終わっていない。その戦い半ばにして倒れた感がする今回のご逝去であった。特に、ご逝去1週間前の6月22日夕方に、入退院を繰り返され、中々面会の機会のなかった小生は、3度目にして面会を実現し、感動的な会話をし、強く握手したその雰囲気から、健康からもう科学論理では戦えなくなった先生の無念にしばし絶句したものであった。

牧師の様式に則り、筆者も葬儀で配布された履歴書を参考に、北村先生の履歴、学歴を追って学会活動を人とその時代的に評価してみたい。

北村先生の祖父にあたる北村正興氏は、鶴岡藩士で、明治23(1890)年、滝川に屯田兵として移住、そこで教員となり、滝川教会でクリスチャンとなった。その次男、北村進氏は、師範学校卒業後、砂川の小学校で教員となった。その後、九州大学文学部で、教育学や哲学を学び、札幌で庁立高等女学校の教師となった。熱心なクリスチャンであり、生徒から慕われる先生であったが、1934年39歳の若さで天に召された。

北村先生の母である北村キク氏(旧姓吉村、妹の吉村フジと弟の吉村克二は北大理学部)は、夫の進氏に導かれて滝川教会で洗礼を受けた。夫の死後、1939年から17年間にわたって、酪連(現在の雪印乳業)に加わり、農村の生活改善運動に尽力した。1955年以降は、酪農学園に勤務し、女子教育と三愛塾運動に積極的に関わった。その功績により第二回の『ダンと町村酪農文化賞』を1985年に授与された。女手ひとつで三女一男をクリスチャンとして育てた。

北村先生はその進氏とキク氏両親の末っ子として1929年に福岡市に生まれた。すぐ上の姉は日本キリスト教会札幌北一条教会(長老派の日本最大教会)の牧師であった(現在、神戸市在住の無任所牧師)山田滋牧師(北海道帝国大学理学部物理学科卒業、ご子息に小生友人の日B C北海道放送勤務山田純氏がおられる。純氏は今回の北村先生の入院、訪問、葬儀、逝去後の遺蔵図書管理では中心として情報的活動をされた)のご夫人であった(山田純氏は北村先生の甥)。本人も1949年に日本ルーテル教会会員として受洗している。ご結婚は佐藤和子氏と1956年にされ、二男(長男北村義也氏=現NPOアジア科学教育経済発展機構理事ジャカルタ在、次男勇也氏=ソニーセミコンダクター九州開発課長)に恵まれた。特に、勇也氏は筆者の23年間勤続した札幌藻岩高校時代の最初のころの物理の教え子であり、物理教育学会公的以外に筆者と先生との関係を一層深くしている。生前先生はよく「きみに人質をとられてやりにくい」と、逝去の直前まで失わなかつギャグを当時も連発しておられていたのが懐かしい。

高等学校は1946年札幌第一中学(現在の札幌南高校)卒業で、すぐに北海道大学予科理類に入学、1952年本科理学部物理学科を卒業された。予科本科時代の終了ころの経験者の学生時代であった。同年大学院理学研究科物理学(旧制)入学、56年4月ICU(国際基督教大学)の助

手（教養学部自然学科物理教室）となり中退した。

1959年、ICU助手の身分のままアメリカ・ワシントン大学（シアトル校）に留学する（理論物理学）。他流試合で物理を研く当時の進取気性の若者に並び、海外に飛躍した。この背景には明治時代、北大の前身の札幌農学校2期生、内村鑑三、新渡戸稻造、宮部金五、広井勇らの海外私費留学の伝統があったのかかもしれない。1962年2月に留学を修了し、同年7月Ph.D.の学位を授与され、ICUでの地位は講師となった。世界にはばたく観のチャレンジ精神旺盛な先生の学究スタイルはこの頃から顕著となる。

進取に富むステップアップに挑む北村先生はさらに、1964年4月ICUを辞して、香港中文大学講師（Lecturer、理学部物理学科）を71年9月まで7年間勤められた。先生の本格的な英語学力（北大に戻られてから国際会議での流麗見事な通訳や同僚理学部教授の英文論文添削での活躍は有名）はこの時に育成されたと思われる。

さらに先生の国際学問行脚は続き、1967年9月から68年4月まで中文大学を休職して半年間、英国・バーミンガム大学の高級研究員（数理物理学）として研鑽された。1971年12月に帰国し、北海道大学助教授（新設された工学部応用物理学科応用数理物理学講座に応募）、77年4月には教授（工学部数物系共通講座工業数理科学講座）となり、工学部学生の数学学力の教育強化に尽力された。

当時の日本物理教育学会北海道支部会発表では、札幌市内の北大工学部電子工学科卒集団で設立したベンチャーソフト会社と共同開発した、C言語を用いたパソコンベースの物理CAI教育工学システム開発（標準問題回答分析による物理基本概念の調査と改善ソフト作成）に日本初で成功し、注目された。1974年から就職した筆者が勤務する札幌市立高校新設3校目の札幌藻岩高校物理を担当中に、当時札幌市教育委員会が始めた同様のシステム開発を筆者が手伝い、その際に先生に科学概念形成で教育工学的専門的に多くの助言を戴いた懐かしい思い出がある。

当時、北海道教育委員会指導主事で北海道教育長期総合開発計画に従事していた奈良英夫先生（北村先生の北大理学部物理学科の後輩、このころ退職し北海道工業大学教職課程教授に転出）と熱心に物理学力改善方向と方策について、議論を戦わせていた様子を思い出す。

このころ先生は専門の科学論以外に浩瀚な科学史知識でも多大の能力を示され、当時有名となっていたJEMCOの英国放送大学オープンユニバーシティの映像テキスト（200冊を超える膨大な国家プロジェクト（概説テキストは翻訳された）の科学技術史部分の紹介に、丁度北大で開催された日本科学史学会北海道支部主催（委員長は日本的に著名な遠藤一夫工学部合成化学教授、支部長）の1977年度日本科学史学会年会で、熱心にこの英国放送科学史教材の意義を訴えていたことを、科学史学会員駆出の筆者は昨日のように思い出す。

先生はまた熱心に工学部教官、物理学科学生を科学史指導し、工学部教官では吉田静男先生（元北海道支部長、元北海道大学助教授）の流体力学史での学位取得支援に大きな功績を残され（吉田先生談）、また北海道大学理学部より文学部博士課程に移籍した深水氏（現理学部臨時講師）が科学史で文学博士学位をとったのも北村先生の尽力という（酪農学園大学環境システム学部生命環境学科矢吹教授談）。

1991年3月に北海道大学工学部を退職、名誉教授となり、4月から拓殖大学の教授、留学生別科長に就任、94年には請われて砂川市の同大学・北海道短期大学教授となり、1995年～1999年の4年間は副学長を歴任し、北海道の私学教育の発展に尽力された功績は大きい。

2000年（70歳超え）に入ってからの先生の革新的姿勢は益々盛んなものとなり、平成10（1998）年度改訂学習指導要領（小学校）の目的内容に前述した著しい科学の相対化の問題点を指摘して、日本理科教育理念の危機的現象として、海外の本場の科学論を学ばれた先生の生涯の学術的良心を掛けた対文部省との理論闘争を開始された。

10年前の九州地区で開催された日本物理学会秋季年会では1000人を超える一般市民を前に、日本理科教育の理念的危機（科学的真理の確信と教育の必要）を有名な科学哲学上の「ソーカル事件」（1990年代アメリカの物理学者ソーカルが正統派科学論養護のため、サロンではよくやる

パロディとして科学的説明の相対主義を提案して、正統派、相対派論争に巻き込み正統派が論拠を確保出来なかった科学論の脆弱性が露呈してしまった公開論争）を詳細に説明して、正当派科学論の構築の今日の必要性を訴え聴衆に大きな感銘を与えたことは周知の事実である。日本物理教育学会北海道支部でもその後（2005年ごろ）、何度か特別講演され、北海道新聞科学欄他マスコミ各紙でも北村批判提言は大きく取り上げられた。この文科省路線（学習指導要領小学校理科内容）への反論のため、先生は前述したように、ソーカル事件、ネオクーズム等相対化問題に関する海外文献も含めて1000枚以上のコピーをインターネットからダウンロードし、詳細に読みこなして論述していた超人的仕事を近くから筆者は見ていて、その真剣さに驚嘆したことを思い起こす。この展開には北大物理学部物理小野寺元支部長も理論物理観点から関わられ、この熱意に強い感銘を受けたと伺った。

当時北海道開催の日本科学基礎論学会年会では、文科省派大学教授（相対主義者）と北村先生との徹底論争が期待されたが、先方の都合で結局実現しなかったのは、先生の人生、真摯な努力を思うと誠に残念であった。結局は文部科学省は先生の批判提言を徹底無視する形で対応したようだ。科学教育の背景となる日本の理科教育学者の科学論、科学哲学の素養は欧米に比べかなり水準が低く、生前、先生はご自身の専門からその問題性をよく言っておられ、理科教育研究者の哲学的強化が必要と科学哲学の多数の書物を紹介して熱心に主張しておられた。

その後、平成20年に新指導要領が出され、その小学校理科内容が前要領（現行要領）と大差ないことを先生は知って慨嘆したことを、6月30日に亡くなる1週間前、是非筆者に会いたいとの山田純氏からの連絡と先生からのメール（生前に先生から直接戴いた最後のもの）で入退院の混乱の中、大学帰りの22日（火）夕方の3度目の訪問で札幌厚生病院の6階病室でついに実現したお見舞いで、筆者の手を強く握りながら苦しい抗癌剤での闘病生活の意識の中で、はつきりとした明晰な頭脳で「文科省はどうしようもない」としみじみ語っておられた先生の無念は、想像に余る強い印象のものだった。

日本の理科教育を根底から搖るがす科学の相対化との学問的良心を發揮された戦いの半ばにして先生は倒れた感を筆者は痛感する。この戦いの後継は先生に深い学恩ある残された我々が先生の遺志として継がねばならないものである。

先生はまた、2005年からは、永く教会学校教師として関係を持たれた学校法人ルター学園の付属「めばえ幼稚園」の理事長・園長（こどもからは「オジイチャン先生」と愛称され人望があつた）としても教会活動に熱心に従事された。

先生最後の国際的仕事は、2006年夏に東京の代々木五輪記念公園会館で行なわれた、日本で2回目（1回目はその30年前に上智大学で開催され、アジアで初開催だった）の国際物理教育会議（IPCE 2006 TOKYO）での運営とシンポジスト参加であった。英語の不得意な日本の物理教育学会員にとり、主管の上智大学の笠耐先生の頼もしい相談役、討論の高水準インタープリターとして大活躍された様子は記憶に新しい。

現在、先生のご逝去後、南11条西12丁目のご自宅に残された、欧米中国留学奉職時代に海外で入手された貴重な科学論、科学哲学、科学史の洋書中心の蔵書の大きな意義ある整理作業が残っている。

先生のご自宅の蔵書は膨大な数と種類に及び現在処分されていないが、この貴重な北村蔵書の有効利用を巡り、ご子息の九州の次男勇也氏、甥の札幌市立HBC山田純氏を中心に、東海大学図書館（四方教授対応）、酪農学園大学図書館（山田、矢吹教授対応）で移管の話が進められている。先進的個人により日本に導入された日本では入手は難しい欧米本場の貴重なこれら図書が散逸することなく、科学論の後継者の有効な資料として日本物理教育学会、物理学会、教育学会の共有財産として後代に伝えられてゆくことを、先生の遺志の伝達に関わった者として期待したい。

先生の発病から逝去までの経過は、生涯先生の母教会であった「日本福音ルーテル札幌教会月報（カイロス）第34号」（2010.8.5発行）に葬儀後に主任牧師重富克彦氏が書かれた追悼

記事「北村兄、天に逝く」に詳しいので、抜粋抄約する。

「北村兄の病状は本人から伝えられ、肺と骨の癌が2009年秋に発見された。最初に骨の癌を治療するが、癌の性質を探求したいので東京病院に細胞を出し、結果抗癌剤治療をする予定の電話だった。

骨の放射線治療は1回照射で終了で驚く。肺の細胞検査結果は大細胞癌で、小細胞癌に比べ抗癌剤が効くので09年末から治療開始した。週1回で身体的負担も小さく、頭髪も抜けない。彼はこの時を楽しんでおり、インターネットで海外の論文を読み、看護婦相手にギャグを飛ばし、病院で与えられる気つきに感謝した。「幸いにして」は聞く人には辛いもので、抗癌剤が劇的効果のあるときこのことばを使うが、彼は自戒した（他のベッドには頭髪が抜け、入退院を繰り返す人もいた。自分が幸いでも他は不幸もある）。

数回の一通りの治療が終わり3月に退院時、肺の陰は70%消えていた。これで本当に頑張り第4クルー終了で普通の生活に復帰と誰しも思った。しかし、第4を終えてか前後に肺に前以上の陰が発見された。検査の結果を待つ時だったか、「今までの治療効果あれば感謝です」と彼は言い完全治癒を信じていたが、結果は予想以上に悪く、彼は死の可能性も視野に入っていた。

検査結果は肺癌は増殖し、脳と内臓に転移がある、血痰も出て肺癌の進行を自覚していた。「そうでなくとも感謝です」といい、彼は取り乱さず、事態を受け入れた。抗癌剤は前より強くなり、むかつき、発熱があった。「今日ごろそり髪の毛が抜けた」とユーモラスに電話連絡があった。

入退院を繰り返して6月、脳の転移癌の治療も1回照射で終了、一旦退院して脳外科でのCT検査で癌細胞も消え上々の結果だったが、自宅で突然倒れ、緊急再入院となった。CT検査で未見の癌性の髄膜炎を発症したとのご長男の報告だった。辛いのは脳に水が溜まるに、患部が水を抜けない部位で、苦痛除去にモルヒネ投与が始まった。

彼はいつ自分の死を受容したか。人は死を受容するとき、それらしい言葉を肉親他の親しい者に告げる。今にして思うと再検査時のあの彼のことばも今から起るどんな事に対してもすべて主に委ね、感謝してそれを受け入れる、深い覺悟のことばだった。

そのことは通り、苦しい中でも彼は感謝していた。見舞いに行った旧友に「自分は幸せだ」と苦しい息遣いの中で言ったという。この「幸せ」は前の「幸いにして」と異なる。

人は自分の死を感謝のうちに受け入れることが出来る。それは命の主にすべてを委ねることを知る者の恵みだ。その死の受容は静謐で勝利の輝きを帶びている（重富）」

筆者は教会は異にするが信仰を持つ者として、先生はまさに神に愛でられ、使命を受けて全力を尽くしてこの世に最大限の貢献をして、先輩同僚後輩に手を差し伸べられ、世界をめぐり一気に人生を駆け抜けられた巨星であったと深く感慨する。いまはやすらかに先生お休み下さいと心より申し上げる次第です。 (2010. 9. 20 記述)

## メリットの観点からみたクリッカーの有効性

北海道大学 山田 邦雅

クリッカーは、その使い方で有効性は変わってくる。そのため、使用経験から得られた活用法をまとめた。また、有効性は使用環境に依存する。大学の通常授業で考えられるメリットをまとめることで、他の環境では、必ずしもそのすべての恩恵を得ることができないことがわかる。これは、今後クリッカーの使用を考えている教員が、あらかじめ自分の授業でどのような恩恵を得られるかを知るためのチェックシートにもなる。

**キーワード** クリッカー, ARS, メリット, 使用法, デジタルペン

### 1. はじめに

ここ数年で、クリッカーは急速に日本の大学に広まつた。<sup>1)</sup> 大学では、おおむね教員にも学生にも評判がよいようだ。しかし、まだ使用できる環境になかったり、かえって手間になるのではと使用に至らなかつたり、そもそも必要性を感じない教員もいる。

たしかに、クリッカーがどれほどの効果をもたらすかは、非常に環境に依存するであろう。そこで、クリッカーにはどのような利点があるのかをまとめてみた。それによって、どのような環境・授業でクリッckerによる恩恵が大きいかが見えてくる。

また、これらのメリットの多くが有効である環境においても、その活用方法を知った上で使用するかどうかで、有効性は変わってくる。そのため、私が大学の授業や講演会での使用経験から得たクリッckerの使用法をまとめた。

### 2. クリッckerとは

クリッckerはニックネーム的に使われている名称であり、国によってさまざまな呼ばれ方がある。もっとも内容をよく表している名称の1つは、ARS(オーディエンス・レスポンス・システム)であろう。テレビのクイズ番組のように、学生1人ひとりが専用のリモコンを持ち、教員がパワーポイントで出題するクイズに答えられるシステムのことである。結果は即座に集計され、学生も見ることができる。パワーポイントがインストールされたパソコンにクリッcker用のソフトウェアをインストールし、クイズを作成、小型のレシーバをUSBポートに差し、

学生にリモコンを配ればもう使用可能である。

### 3. クリッckerの利点

クリッckerはクイズ番組みたいで楽しそうという理由で使い始める教員も多いであろう。もちろんそれもクリッckerの魅力の1つであるが、ここで、思いつくクリッckerの効果・メリットを学生側と教員側に分けて列挙してみた。(表1) この表は、厳密なものではなく私の大学の授業での経験から、ざくばらんに挙げたものであるが、クリッckerのメリットには、大きく分けてリアルタイム性、授業の活性化、学習効率の向上、デジタル化による手間の軽減がありそうだ。

まず、最大の利点は「リアルタイム性」であろう。その場で学生の理解度を把握し、説明を加えることができる。そして、リアルタイム性はアンケートでも大きな効果を発揮する。通常の紙で行われるアンケートと違い、クリッckerでは回答者もその場で結果を楽しめる。また、大学初年次の授業では、多様な履修状況の学生が集まるため、基礎から始めて高校以上の内容までカバーしなければならないことがある。このような場合には、実際に問題を解かなければ理解が得られないと解っているながらも、時間に追われ、教員が一方的にまくし立てて授業になりがちである。しかし、クリッckerであれば、短時間で問題演習を挟むことができるるのである。

授業の活性化は、教員個人の性格にも依るところがあり、改善するとなると大変である。しかし、クリッckerを使用すると比較的容易に活性化することができる。特に、学生がよくミスをする選択肢を用意しておくことは、

学生にとっては答えに意外性があるように見えるし、教員にとっては、学生を主体としたスライドの作り直しどとなる。また、クリッカーを使用していると、必ず意外な回答分布に出会うことがあるはずである。これは授業改善に大変役に立つことであるし、授業も盛り上がる。

	学生側の利点	教員側の利点
リアルタイム性	順りの理解度を把握	理解度を把握 その場でフォロー
	その場で解答を観察	まず解らないことを確認 アンケート集計
	回答者も アンケート結果を観察	多様な履修歴を カバーする選択性
活性化	お決まりのミスを基に スライド再作成	大人敵クラスのフォロー
	匿名解答 投票の双方両性	
	クイズ番組的な連携	意外な分布の発見
学習効率	休憩の抑制 (集中力セッテ)	通常点の収集
	自分で考える (記憶定着)	短時間で応用問題 脇漏り防止 遅刻者発見
デジタル化	学生側で受信確認	回答データ保存 自動で出席確認

表1 クリッカーのメリット

クイズを挟むと学習効率が上がると言われている。<sup>2)</sup>もちろん聞き流すのではなく、学生が自ら考える機会が与えられるからであろう。大学の講義形式の授業では、最後の試験やレポートだけで成績が決まる授業が多かつた。そして、通常の授業では出席さえしていれば出席点のようなものがつくパターンがよくあった。しかし、クリッカーで毎回クイズを行っていれば、それがそのまま通常点として利用できる。また、クイズは、解らなかつたことが解かるようになったという認識を明確にせるのにも役立つ。問われるとなかなか答えられない事も、単に情報として与えられると「そりやそうだ」という感じがしてしまうものだ。テレビの番組では、ただ情報を流すのではなく、クイズ形式で何かを紹介したりする場合が多い。また、司会で有名なみのもんた氏は、いちいちフリップボードの付箋をはがしながらプレゼンする。一旦考えさせてから進めてゆくのはプレゼンテクニックの1つである。

クリッカーであれば、データはパソコンに保存され、簡単にエクセルに書き出せる。よって、自動で出席がとれ、成績への反映も簡単である。最近のクリッカーのすばらしいところは、学生側で受信確認ができるところである。つまり、信号を送信しているだけではなく、受信されたかどうかの信号を受け取っているのである。このような確認ができない場合、学生は解答の成績への反映や出席の記録に不安を抱くことがある。

#### 4. クリッカーを使うためのTips

クイズをはさむだけでもある程度効果は期待できる。しかし、期待する効果を上げるには、意識してクイズを作成することが重要である。ここで、上述したクリッカーの有効性を引き出すための使用法、注意点を述べておく。

クリッカーを授業の中で使用する場合、以下のような使い方になるのがスタンダードであろう。

- (1) 履修状況など学生のパックグラウンドを調査するアンケート（特にガイダンスで有効）
- (2) 授業が始まる前の段階での基礎学力を把握するためのクイズ
- (3) 前の週の復習クイズ
- (4) その日のトピックに関連した、興味を引き付ける意外性のあるクイズ
- (5) 基本事項が伝わったかを確認するクイズ
- (6) 基本を応用するクイズ
- (7) その日のまとめのクイズ
- (8) 難易度や進行速度を調査するアンケート

1回の授業にこれらをすべて入れては多すぎである。  
1回の授業で5回程度が適当ではないかと思う。

実際にクリッckerを使っていると、気になることがいくつかでてくる。ここで少し細かな注意点を述べておく。  
・成績に反映する

クイズ番組の解答者になったかのような物珍しさはすぐに失われてしまう。解答を成績に反映させることで、無投票を防止できる。

##### ・配点を表示する

まだ習っていないことを予想させる問題は配点に注意し、例えば配点ゼロと明示する。

##### ・「その他」を入れてみる

学生の解答は、教員の想定した選択肢にはおさまらない。その他を入れてみると意外と票が集まることがある。

##### ・リアルタイム式学生登録を活用する

通常、あらかじめ学生リストを登録して使用するが、

アンケート式で学生登録できる機能がある場合は非常に便利である。学生は決まったクリッカーを取っていく必要がないため、クリッカーを番号順に収納する必要がなくなる。

#### ・意外な答えばかりにしない

学生が疑心暗鬼になる場合がある。授業内容が理解できたら正解できるようにするのが基本。

#### ・クリッカーの配布は1人に1つ

欠席した友達の分まで解答しようとする学生ができる。1つしか取っていかないように注意する。

#### ・受信確認は自己責任で

ガイドンスのときに、毎回投票時に各自がリモコンで受信の確認をするように指導する。

#### ・計算が必要な問題はさける

時間がかかる問題なのに短時間で投票を締め切ってしまうのでは、学生の不満が募ってしまう。

#### ・最後に得点順位を見せる

得点順位表を見せることで、学生のやる気を引き出すことができる。

#### ・紛失防止を心がける

クリッカーの紛失はたまに起こってしまう。誰のリモコンが返ってきていないのかを判別するためにも、学生を登録して使用すべき。

#### ・アイスブレーキング用アンケート

授業の最初には、身近な時事ニュースなどのアンケートを行うことで、アイスブレーキング的な効果を得られる。

このような、細かな配慮は意外と大事である。例えば、淡々と4択問題のみが続くのでは、活性化は期待できない。たまに、非常に大きな配点の問題が出るくらいの刺激があった方がよい。

### 5. あなたはクリッカーを使うべきか

よく、クリッカーを大学の教員に紹介すると、「初等・中等教育の方が喜んで利用しそうですね」といわれる。しかし、そうは言えないと思う。むしろ大学だからこそ必要になるのではないかと考えている。クリッカーは大学において急速に広まった。これは、高等教育の方が海外情報の収集と予算の確保が容易であるためであろう。しかし、それだけではないようと思う。クリッckerの有効性はその環境にかなり依存すると思われる。

それでは、3で挙げたメリットはどのような環境依存をみせるか、初等・中等教育を例に考察してみる。初等・中等教育では、座席が決められているのが普通であるから、そもそも出欠確認は大学のような煩雑さはない。ま

た、児童・生徒の顔を覚えている教員が多いため、居眠り・遅刻防止はクリッckerで行うまでもなく実行されているはずである。そして、黒板中心の授業であり、パワーポイントを使用していない場合が多いため、環境的にクリッckerとの相性が良いとも言えない。履修状況の個人差も大学ほどは生じないし、大人数の授業もない。逆に、クリッckerで選択問題を行うよりも、授業中にしっかり書く必要がある授業内容も多い。

このように、大学の通常の授業での使用で感じられたクリッckerのメリットは、状況によっては効果を発揮しないと考えられる。ただでさえ、使用環境の準備、クイズの作成、リモコン配布・回収、紛失の不安など、手間の部分があるため、あまりメリットが少なくなると、使用する教員はおのずと少数になるのではないかと思われる。ただし、レクリエーションなどでのクリッckerを使ったアンケートは、非常に盛り上がる所以、初等・中等教育においては、勉学以外の目的でのクリッckerの利用は、よりいっそ児童・生徒に歓迎されるのではないかと思う。

### 6. クリッckerの展望

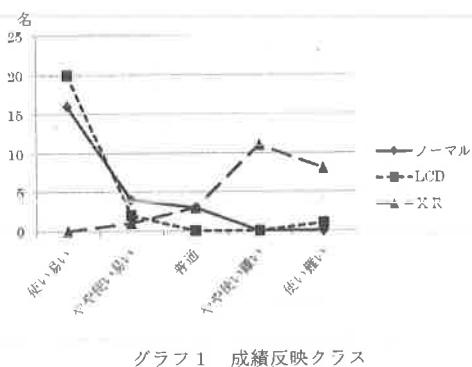
クリッckerは最近有名になったが、別に新しいアイディアのものではなく、昔からあるシステムである。しかし、初期のものはボタンが1つであったり、有線であつたりした。それが、ボタン数も10程度に増え、赤外線または無線式に進化をとげた。特に無線式では、前の学生の背中で信号がさえぎられることがなくなったので、通信の信頼性が増し、利便性が格段に上がった。



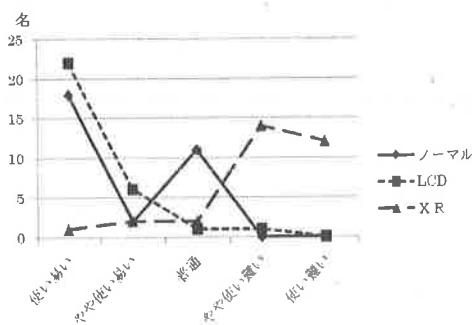
写真1 ノーマル型（左），LCD型（中），XR型（右）

一方、クリッckerは機能的にも進化している。たとえば、キー入力により文字列を回答することができるものが始めた。グラフ1、2は、ランプ（ノーマル）型、液晶小窓（LCD）型、文字入力（XR）型の3種類<sup>3)</sup>（写真1）を2週ずつ使用してもらい、学生にクリッckerについてのアンケートをとったときの問の1つの結果である。グラフ1はクリッckerの解答を成績に反映している

クラス、グラフ2は匿名で使用しているクラスである。結果を見ると、学生が文字入力型に使い辛さを感じていることがわかる。操作量が増えるので当然ではあるが、その他にも、機能が増えてしまったために、複数の入力モードがあり、ちょっとした操作でモードが変わってしまうところが不評であった。実際に、答えが MGH とか 3FS など、比較的簡単に入力できる問題にしたのだが、クラスの大半が解答し終えるのに数分を費やしてしまった。これではさすがに、ここまでしてクリッカーを使う必要があるのかという印象を受けた。e-ラーニングにおいては、あまりに手間がかかる場合はデメリットの方が勝ってしまい、かえって不便になりかねない。



グラフ1 成績反映クラス



グラフ2 匿名使用クラス

その一方で、現在の選択肢型のクリッカーに物足りなさを感じることもある。選択肢問題は所詮、教員が作成した範囲での回答になってしまい、学生の自由な発想を聞くことができない。学生は想定外の発想をし、それで教員は自分の教え方の穴に気づくこともある。また、学生的回答にツッコミをいれながら授業を展開することで、授業を盛り上げることができる。

そこで、現在、デジタルペンを利用したクリッカーを

開発中である。<sup>4)</sup>プリントの数字部分をペン先でタッチすることで、選択肢の選択となり、さらに、その他として手書きで意見を自由記述できるものである。手書きであるため、時間がかかりず、操作も単純であり、図の回答まで送信できるというメリットがある。これは、平成22年度第2学期から北海道大学における私の授業で試用、改善してゆく予定である。

## 7. おわりに

北海道大学で行ったクリッカーに関するアンケートの自由記述欄の回答に「大学の先生にしては珍しく授業が工夫されている」というのがあった。教員は毎年同じパワー・ポイントをめぐっているだけの、進歩のない存在に思われている筋がある。一方、クリッカーのクイズが入ったスライドを作成するということは、自然なかたちで授業改善につながると思う。クイズを作る際に、教員は学生がどんな間違いをするかを回想し、学生が楽しめるようなクイズになるよう意識して、学生主体の授業へ作り変えることになるからである。

もし、クリッckerの使用を考えているのであれば、一度表1を参考にして、自分の授業においてどのような恩恵があるかを確認してみるとよいだろう。なにもクリッckerは毎週使う必要はない。必要な時に使用するのがベストである。たとえば、討論会や講演の前後で、参加者の「Yes」「No」の分布がどう変わるかを見るだけでも、かなり活気のある催しに変化するはずである。

## 引用文献・参考

1) 鈴木久男, 武貞正樹, 引原俊哉, 山田邦雅, 細川敏幸, 小野寺彰:『高等教育ジャーナル—高等教育と生涯学習ー』, No.16, pp.1~17, 2008

2) Jane, E. C., "Clickers in the Large Classroom: Current Research and Assessment," [comm.colorado.edu/mjackson/clickerreport.htm](http://comm.colorado.edu/mjackson/clickerreport.htm), 2003

3) ノーマル, LCD, XR は、それぞれ Technologies 社製の ResponseCard RF, ResponseCard RF LCD, ResponseCard XR である。ノーマル型では、ランプの色で受信確認ができ、LCD 型では、自分の解答した番号や電池残量などが液晶画面に表示される。

4) この研究は科研費(21650217)の助成を受けたものである。

## 物理における効果的な視聴覚機器の利用法

北海道室蘭栄高等学校 山崎 恒輝

物体の運動や波動など、動きの多い物理の理解には視聴覚機器の活用が非常に有用である。しかし、準備の煩雑さや施設設備の乏しさから、なかなか日常的に利用されていない現状がある。本研究では視聴覚機器の有効な活用法や効率的な準備の方法を探った。また、問題演習等、今まであまり視聴覚機器が活用されてこなかった分野についても有用な活用法を研究した。

キーワード 視聴覚機器 プロジェクター 準備 黒板投影 問題演習

### 1. はじめに

動きのある現象の解説や問題演習の解答では、視聴覚機器を用いると生徒の理解を助ける効果が大きい。本研究では視聴覚機器活用法と、機器を用いる際の煩雑な準備ができるだけ簡略化する方法を紹介する。日常的に視聴覚機器を用いることができるような環境が整えば、さらに視聴覚教材に利用の幅が広がるはずである。

### 2. 本校の現状

室蘭栄高校は普通科4クラス（進研模試3教科偏差値5.6程度）、理数科2クラス（同6.3程度）の計6クラスで、理科の教育課程は図1のようになっている。理数科のみならず普通科も理科3科目を必修にしているところが大きな特徴である。普通科2年の物理では私大文系や看護志望などの物理に苦手意識を持ちがちな生徒にかみくだいた説明をする授業と、北大理系志望の生徒がスムーズに二次対策まで移行できるような問題演習まで対応できる授業を両立することが求められる。しかも単位数は3単位（理科総合Aの物理分野も含む）である。教科書の解説と基本的な問題演習に時間をとられ、実験室へ行っての生徒実験や視聴覚機器利用の時間がなかなかとれないのが実状である。座学での問題演習に引き続いて行える教室での演示実験の幅を広げるために、視聴覚機器を効果的に取り入れる方法を探った。

#### 普通科

1年 生物 I (3)  
2年 物理 I (2) 理総 A(2) 化学 I (2)  
3年 理系 化学 II (4) 物理 II (3)or 生物 II (3)  
文系 生物 II (2)or 化学研究(2)

#### 理数科 (SSH 指定)

1年 理数生物(3) 理数物理(1)  
2年 理数物理(3) 理数化学(3)  
3年 理系 理数化学(4) 理数物理(5)or 理数生物(5)  
文系 理数化学(2) 理数物理(2)or 理数生物(2)

図1 本校理科の教育課程

### 3. 教室での視聴覚機器の活用

教室に備え付けのスクリーンは設置場所が教室窓側のため、プロジェクターを持っていくのが非常に不便である。また、本校の場合スクリーンが設置されている教室と設置されていない教室があり、教室によってはスクリーンを持参しなくてはいけない。しかし、最近はプロジェクターの性能も向上しており、そのまま黒板に投影しても授業に耐えうるレベルになってきている（中には黒板に投影しても本来の色に近い色で投影できるようになっている「黒板モード」を装備しているものもある）。黒板の右端に映せば、プロジェクターの設置場所は右から二列目の机と三列目の机の間で良く、あまり教室の奥まで持っていく必要がない。そして何よりチョークで直

接書き込めるようになることが黒板投影の一番の魅力である。

黒板に直接映すようになってから一番見やすい色を色々と試してみたが緑地に白（黒板と同じ色合いで一番達和感が少ない）か、白地に黒が最も見やすい。特に白地に黒はスキャナで取り込んだ画像をそのまま使用できるので有用である。

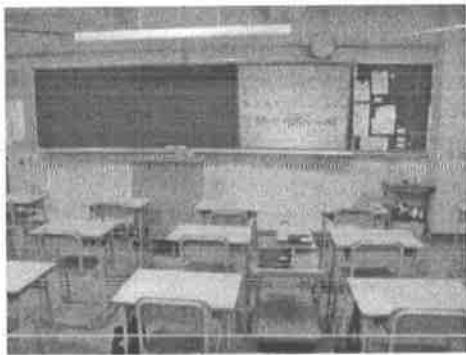


図2 黒板投影時のプロジェクターの配置

#### 4. 実践

##### 4. 1 「動きのある物理現象」や「表記に時間のかかる図」

波動分野は特に視聴覚機器の効果が大きい分野である。波動が単振動の伝播であることや横波・縦波の違いなど、教科書と黒板だけで説明するのは難しい場合でも、JAVA アプリケーションなどを用いて説明すれば生徒の理解の大きな助けとなる。また、円形波の干渉など表記に時間のかかる図などについても、チョークで直接上書きできる黒板投影の効果が大きい。

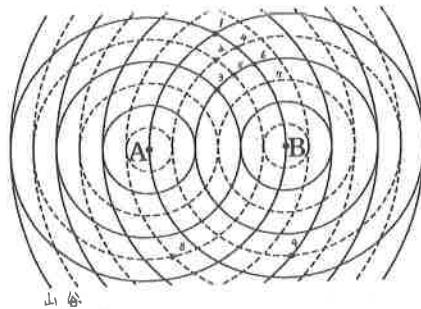


図3 表記に時間のかかる図（円形波の干渉）

#### 4. 2 実験レポート作成指導

指示待ち、黒板書き写し型の生徒が増える昨今、本校も例外ではない。実験レポートにおいても、かなり丁寧な書き込み型のプリントを用意しても、実験結果をどう記入していくかわからない、または数値とグラフを結びつけられない生徒が多いのが現状である。そんな時に、生徒と同じプリントを黒板に映し出し、最初の部分だけでも書き込み方を説明するとグラフ等の意味の理解の助けになる。

#### 4. 3 問題演習

問題演習も視聴覚機器の利用効果の大きい分野である。生徒が見ていく図と同じ図の空きスペースに書き込むことで、生徒は教師と同じ視点を共有できるようになる。この方法は選択問題の多いセンター演習や、模試の解答講習などで効果的である。

投影する画像は問題と解答のみ、しかも生徒にとって理解の難しい問題のみを図示すればよく、高度な加工は必要ない。ただスキャナで取り込んで映し出し、必要となれば拡大して解説すればよいだけである。解説の際はそのままチョークで画面に書き込んでいくことができる所以快適である。

#### 5. まとめ

プロジェクターを用いた授業は他教科にも幅広く応用できる。ネックになっている準備の煩雑さを解消することができれば、もっと活用の幅が広がり学習効果も高まるのではないかだろうか。学校の視聴覚設備はこの数年間でますます整いつてきている。画像や動画などのコンテンツの優れている面と、板書による授業の優れている面とをうまく融合させていくためにも、普通の授業の中に視聴覚教材を簡単に挿入していく環境作りを工夫していきたいと考えている。

## 抽象的概念の獲得に向けてアンケートを用いた授業実践

学校法人希望学園 札幌第一高等学校 佐藤 草馬

Sapporo Daiichi High School Kakuma Sato

昨年度末に本校で実施した物理I選択者への授業評価アンケートから、「授業が難しい・やや難しい」と感じている生徒が83%に達したが、「授業は満足している・やや満足している」生徒は88%で、「物理が難しい」が「物理嫌い」を意味しているものではなかった。そこで、今年度は授業導入時に物理の抽象的概念に関するアンケート調査を行い、このアンケート回答に基づき生徒の理解度を推し量りながら授業展開を試みた。

**キーワード** アンケート調査、エネルギー、質量、力、電気

### 1. 物理は難しい教科か

#### 1. 1 授業評価アンケートから

平成22年3月中旬に、本校2年生の物理I選択者135名のうち、私が担当するクラスで授業評価アンケート（記名選択式）を行い82名の回答を得た。このアンケートは、学校評価アンケートとは別に行ったもので、平成19年度の教科会議を経て作成されたアンケートを基に私の授業の中で「今後の理科の授業の参考にするもので、回答内容は評価と関係しない」と周知した上で回答してもらった。（表1）

		授業の難易度					
		易しい ← → 難しい					
授業満足度	満足	1	2	3	4	5	合計
		2	14	7	23	88%	
	不満	11	32	6	49		
	合計	13	46	13	72		
		1	8	9	1	11%	
		0	14	47	21	82	
		17%	54%	23%	26%	83%	

表1 授業の難易度と授業満足度の人数分布

このアンケートの項目「授業全般の難易度についてどのように感じていますか。」では、回答者の83%がやや難しい、または難しいと感じていた。ただ、項目「総合的に授業についての満足度はどれくらいですか。」では、全体の88%が満足またはやや満足であると回答していたので、「物理が難しい」は「物理嫌い」を意味しているものではないと言える。また、札幌市内16校の高校生2004名を対象にした調査（1996年高等教育ジャーナル<sup>1)</sup>）によると「物理を選択する理由」が『興味がもてそうだから』が約65%，逆に「物理を履修しない理由」は『内容が難しい』という回答の方がもっと多く40%弱で、『興味がない』（約25%）という回答を上回っ

ており、授業を受けた生徒にとっても、授業を受けていない生徒にとっても「物理は難しい」教科という印象が定着していることが伺える。

#### 1. 2 学力と難易度の相関

物理が難しいと感じる生徒は学力が低いからではないだろうか、と物理の学力とその難易度の感じ方の相関を、平成22年2月に実施した進研センター早期対策模試（ベネッセ）の全国偏差値を用いて比較した。（表2）

授業の難易度	A層		B層		C層		D層	
	平均 偏差値	人	平均 偏差値	人	平均 偏差値	人	平均 偏差値	人
3.やや難しい	12	58.0	5	64.7	6	54.4	1	46.5
2.やや難しい	39	56.0	14	60.4	15	55.4	8	45.3
1.難しい	17	50.7	3	62.9	5	56.1	8	44.7
合計	68	55.1	22	64.8	26	55.3	17	45.1
								3 38.0

表2 物理I学力層と授業の難易度との相関

ここでは学力の目安として全国偏差値60以上をA層、50～60をB層、40～50をC層、30未満をD層と4つの区分で見るものとする。総計から、生徒の偏差値が高いほど難しいと感じていることがわかるが、学力層ごとに人数分布を見ると、A層の中で「2.やや難しい」と回答した生徒の偏差値が高かったり、B層の中では偏差値が高いほど「1.難しい」と回答している傾向が見られ、生徒の理解度（学力）と授業の難易度は別に分けて考える必要があり、「物理が難しい」は「物理が理解できない」というものでもないと言える。

### 2. 抽象的概念に関するアンケート調査の結果

授業評価アンケートの結果から、今年度の授業では、

## 抽象的概念の獲得に向けてアンケートを用いた授業実践

単元の最初に用語の説明を生徒に記述させるアンケートを試みた。5月中旬、熱力学の単元の導入時で、総合進学コースに在籍する3年生の物理II選択者10名に「温度」、「熱」、「エネルギー」についてそれぞれ記述させ、それをもとに生徒同士で話し合わせ、納得できた説明を発表し、その後に教員が説明する、という授業を行った。

生徒同士の話し合いから、「『温度』とは[℃]とか[K]とかで表せる。あたたかい、冷たいの差」、「『熱』とは移り変わることのできるエネルギーで、たとえば物体同士こすり合わせたときにできる熱さ」、「『エネルギー』とは基本は目に見えないけどエネルギーが高まると光や熱に変わったりする。」という発表がなされた。個別の記述を見ると、特に「エネルギー」の説明で「ある物体を反応させる力」、「いろいろないろいろな物質に影響を与える力」など、エネルギーと力を分けて説明できていない回答が見られ、物理の概念が、日常生活の範囲内での理解に留まり、物理としての抽象的概念の形成に至っていないことに気がついた。

このことから、「物理が難しい」と感じる根本は、物理の抽象的概念が生徒に正しく認識されていながらで、概念を丁寧に説明する時間を作ることで解決できるのでは、と考えた。

そこで、5月下旬に、電磁気学の単元の導入時に文理コースに在籍する3年生で物理IIを選択している118名（回答数109）に「物理の抽象的概念についてアンケート」を実施し「自分自身の現在の知識の範囲で、広辞苑に載せるつもりで、次の言葉の物理的な説明を答えてください。」と、「質量」、「力」、「電気」、「エネルギー」について記述させた。

自由記述から類似の回答をまとめ、学力層（前述の進研センター早期対策模試記述基準、未受験者は総計に算入）による分布を表3から表6でまとめた。

その結果、学力層に関係なく、物理の概念が正しく認識されていないことが明らかになった。たとえば「質量」は「重さ」と混同している生徒が41%に達し、重力質量の考え方による説明がなされていたものは約10%に過ぎなかった。「エネルギー」は日常でよく使用される言葉なので、いろいろな説明が見られたが、エネルギーと「力」の区別がついていない回答が4分の1を占め、物理的な仕事からの説明は3名に過ぎず、日常的に用いられる言葉こそ、注意深く物理の抽象的概念を理解させる授業になるように説明を工夫しなければならないと感じた。

ただ、「電気」の説明がもっとも難しかったようで、エネルギー以上に様々な回答が得られた。のことから、

電気分野は力学分野よりも抽象的概念を捉えることが難しいことが予想される。物理の抽象的概念の獲得に向けて、特に電気分野において、日常的な感覚による理解ではなく、物理の学問的な説明によって概念を獲得する工夫が求められよう。

「エネルギーとは」回答	A	B	C	D	総計
力	6	11	7	2	28
力・熱・電気として観測できるもの	1	1	1		3
エネルギーの種類		1	2		3
物体の運動に必要なもの	1	1		1	3
目に見えない存在			3		3
源、気力	1			1	2
他の物体に及ぼす影響量	2				2
動くのに必要なもの	1		1		2
アクションを起こすために必要なもの、原因	1				1
何かの現象を起こすために必要なもの	1				1
外部に与えられるもの		1			1
吸収したり放出するもの	1				1
原動力		1			1
現象が起ると変動するもの		1			1
仕事で説明	1				1
仕事をするための源	1				1
仕事をするために使われる		1			1
消費される最小の単位	1				1
状態を変える力をもつもの		1			1
他の物体に何かしらの影響を与える		1			1
普通ではあいえないことができるようになる要素	1				1
物質が持つ性質、寿命	1				1
物質を動かすもの		1			1
物質内外にはたらく力		1			1
物体が運動するときに生じるもの	1				1
物体が何かするためのために必要なもの		1			1
物体が持つ	1				1
物体が持っている力を外界に出した媒体		1			1
物体につながっているもの	1				1
物体の能力		1			1
変化の根源		1			1
変換できるパワー	1				1
万物に宿る燃料	1				1
目に見えない存在で要換可能		1			1
力が加わったときに発生するもの		1			1
力を及ぼすときに生じるもの		1			1
その他・無回答	11	14	7	1	35
総計	35	41	24	5	109

表3 アンケート回答①「エネルギーとは」

回答「力とは」	A	B	C	D	総計
物体の運動で説明	6	13	1	1	21
相互作用で説明	7	3	1		11
エネルギーと混同	4	3	1		8
物体の運動と変形で説明	1	1	2		4
パワー	1	1	1		3
運動方程式で説明	2				2
電子と電子の反発	2				2
エネルギーが物体にはたらいたときに起こるもの	1				1
エネルギーをペタルルにしたもの	1				1
すべてのものにはたらくことができるもの	1				1
強さ	1				1
現象を起こすために必要な影響を及ぼすもの	1				1
仕事に必要なもの		1			1
事物に影響を与えるもの		1			1
存在する上で必要なもの		1			1
物質の変化に関わるもの		1			1
物体に押しつけるもの			1		1
物体の変形で説明		1			1
物体や空間にはたらくもの		1			1
その他・無回答	7	19	13	3	46
総計	35	41	24	5	109

表4 アンケート回答②「力とは」

回答「質量とは」	A	B	C	D	総計
重さと混同	15	19	9	2	45
「重力質量」を説明	5	4			9
物質の量	4	1	2		7
密度と体積の積	2	1			3
原子量とアボガドロ数の積	1	1			2
「慣性質量」を説明	1				1
原子の量		1			1
蒸留水1Lが1kg	1				1
物質量	1				1
物体のエネルギー		1			1
変換不能なエネルギー	1				1
万有引力のもと	1				1
その他・無回答	3	13	13	3	36
総計	35	41	24	5	109

表5 アンケート回答③「質量とは」

回答「電気とは」	A	B	C	D	総計
電子や電流で説明	10	6	5		22
エネルギー	8	5	1		15
ひいひい、光るもの	1	2	3	1	7
電荷をもっている		3			3
電子の流れとそれに伴って起こる現象	1		1		2
粒子の移動	1		1	2	
パワー	1				1
プラスとマイナスの力がはたらくもの	1				1
プラスの電子とマイナスの電子が組み合ったもの			1	1	
プラス電子とマイナス電子の反応		1			1
家電製品を動かすもの	1				1
機械を動かすエネルギー源		1			1
光と熱を発するもの		1			1
磁界のすれや電子の移動で生じるもの		1			1
静電気力の集まり	1				1
他のエネルギーを変換して作られる力		1			1
電子が運動するときに現れる瞬間的な力	1				1
電子による力	1				1
電子の移動によるエネルギー		1			1
電子を動かす力	1				1
電磁波		1			1
電流を帯びた気体		1			1
物体が持っているもの	1				1
摩擦電気		1			1
流れやすいところを通るもの	1				1
粒子を運ぶ媒介となる現象	1				1
その他・無回答	7	20	7	2	38
総計	35	41	24	5	109

表6 アンケート回答④「電気とは」

### 3. 物理の抽象的概念の獲得に向けて

物理の抽象的概念を獲得させるためには、生徒がどのような理解を得ているか知る必要がある。前述のようにアンケートによる調査も必要に応じて実施した方がよいことがわかった。

次に、札幌市内の多くの中学校で採用されている啓林館の中学校用教科書理科1分野、および東京書籍の中学校理科1分野から「質量」、「力」、「電気」、「熱」、「エネルギー」の説明を調べ、物理の抽象的概念を中学校段階ではどこまで学んでいるか確認した。また参考に、広辞苑第6版の意味を調べ表にまとめた。(表7)

啓林館 中学校理科1分野上	東京書籍 中学校理科1分野上	岩波書店 広辞苑 第六版
質量	てんびんではかる物質の量を質量といふ。 (注釈) 小学校では上皿てんびんではかる量を重さといったが、中学校では質量といふ。(もつと知りたい) 上皿てんびんや電子てんびんではかることのできる物質の量を質量とし、基準になる分銅の重さを比べて質量をはかっているので、どこではあっても結果は変わらない。	物質を区別するとても、重さをはかると違う物質もある。上皿てんびんや電子てんびんではかることのできる物質の量を質量といふ。
力	物体に力を加えると、力は物体に次のようなはたらきをする。 ①物体を変形させる。 ②物体を支える。 ③物体の動きを変える。 逆に①～③のいずれかの状態にあるとき、その物体には力がはたらいていると考えられる。	力のはたらきをまとめて、次のようになると。 ①物体の形を変え る。②物体を支え る。③物体の運動の様子 を変える。 物体に注目したとき、この①～③のうち 1つでもあてはまれば、その物体には力 がはたらいているとい
電気	(1)電気には+(正)と-(負)の2種類がある。 (2)同じ種類の電気の間には斥け合う力がはたらく。 (3)異なる種類の電気の間には引き合う力がはたらく。 電気の間にはたらく力は、磁石の力と同じように離れていてもはたらく力で、これを電気の力といふ。	摩擦電気や放電・電流など広く電気現象を起こせる原因となるもの。電荷や電気エネルギー指すことが多い。
エネルギー	ヒーハー電気ポットは、内部の電熱線に電流が流れて熱を発生させている。発生した熱の量(熱量)は、ジュールという単位を使って表す。1Wの電力で1秒間電流を流したときに発生する熱量を1Jといふ。	「熱エネルギー」参照 エネルギーの形態。熱平衡にある系において個々の原子・分子の熱運動のエネルギーの形で存在する。熱エネルギーを単に熱といふことが多いが、正しくはエネルギーの出入りの一形態が熱である。
	運動している物体は他の物体にぶつかると、これに力をおよぼして動かしたり、変形させたり、壊したりすることができる。物体がもつこのような能力をエネルギーといふ。 これまでエネルギーにはいろいろな種類があることを学習した。エネルギーの種類は違つても、物体を動かしたり変形させたりするという共通の能力があるために、エネルギーの大きさは同じ単位ではかることができる。エネルギーの単位にはジュールが用いられる。	他の物体に力を加え、動かすことができる能力をもつのは「エネルギーをもつてゐる」という。 位置、運動、電気、熱、光、音などエネルギーにはいろいろな姿がある。これらのエネルギーを量としてとらえるためにエネルギーの単位としてジュールが使われる。

表7 中学校教科書及び広辞苑の抽象的概念の説明

ここから、中学校の段階で得られる概念は実体験に基づく経験上理解しうる表現で説明する工夫が見られるが、高校物理ではこれらの概念を学問的な見地から再構築をしていくことを意識することが必要となると思われる。たとえば中学校段階ではジュール熱から「熱量」の定義がなされているので、高校では比熱や温度変化の概念による「熱量」を必ず提示する必要がある。

ここから、今年度の電磁気学の導入時では、生徒が中学校段階や実体験に基づく理解のしやすい力学的概念と対応させながら、授業展開を試みた。特に意識的に力学的な対応をさせながら場の考え方を説明し、敢えて「電荷」と「電気量」を別の概念として対応させることで、電場やコンデンサの説明がうまくできた。(表8)

力学的概念	電磁気学的概念
物体(質点)	電荷(点電荷)
質量	電気量
高さ	電位
標高差	電位差
重力場	電場

表8 力学的概念と電磁気学的概念の導入時の対応

たとえば、「+ 1.0 C の電気量を持つ電荷が移動する」という説明は「1.0kg の質量を持つ物質が移動する」というイメージに置き換えて説明することができ、特に電流の大きさ  $I$  が電気素量  $e$ 、電荷密度  $n$ 、導体の断面積  $S$ 、電荷の移動速度  $v$  を用いて  $I=nevS$  で表せ、抵抗率  $\rho$  や抵抗  $R$  が断面積  $S$  に反比例する説明などをするとときに、電気量と電荷の区別を付けることで、昨年度よりも生徒理解が深まった手応えを感じた。

また、コンデンサの充電を説明するときには、「電荷の移動によって電気量が溜まる」というイメージを物体の移動によって質量が増加していくイメージと絡めることで、生徒の具体的なイメージ作りにつながった。

#### 4. おわりに

今年度の授業研究計画を立てる際に参考にした、授業評価アンケートや抽象的概念についてのアンケートから、その抽象的概念の獲得を目指すために生徒の理解している概念を把握し、それに基づいた説明を考え授業を工夫することが有効だと感じた。本文のアンケート以外に、電気回路分野の導入時には「電流」、「電圧」、「抵抗」、「電力」、「エネルギー」についてアンケートを取り、中学校で学んだ知識の概念としてどの程度定着して

いるか確認し、中学校の復習を含めた説明をするように授業展開したクラスもあった。

今後は、学年末の授業時に実施する授業評価アンケートと共に、抽象的概念に関するアンケート調査を実施しそのように抽象的概念を把握できたか追跡調査する予定である。

アンケート調査という手法は、生徒とのコミュニケーションを取る方法の一つとして取り入れることで、生徒の理解度を推し量りながら授業実践ができる、少しでも「物理が難しい」から「物理はわかりやすい」授業へ近づく方法なのでは、と期待している。

引用文献1) 鶴岡森昭、永田敏夫、細川敏幸、小野寺彰：大学・高校理科教育の危機－高校における理科離れの実状－、高等教育ジャーナル第1号(北海道大学), 1996

引用文献2) 佐藤草馬：抽象的概念の獲得に向けての授業の一考察、北海道の理科 No.53 (北海道高等学校理科研究会編), 2010

## 温度による電気抵抗の変化を示すデモ実験

長沼町教育委員会 檀棒光一

金属導体の温度による電気抵抗の変化について、普通教室で一斉に観察できる簡単なデモ実験を工夫した。また、絶縁体の一つであるガラス管を熱すると電流が流れるデモ実験も同時に実施し、生徒に電気抵抗という物性の分子運動論的な理解を深めさせることができた。

**キーワード** 金属の電気抵抗 温度による電気抵抗の変化 普通教室でできる簡易実験 デモ実験

### 1. はじめに

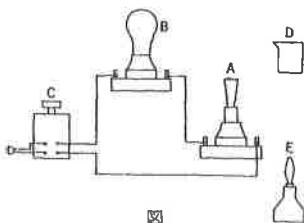
従来この実験は、電源に接続した鉄線などを、ガスバーナーで熱し、このときの電流の変化を、電流計で観察する方法でなされている。しかし、この方法では、生徒が一斉に観察するには不便である。

実験のデモンストレーション効果を高めるために、次の点を改良した。

- (1) 電流計を白熱電球に置き換え、視覚に訴えやすくする。
  - (2) 抵抗体として、白熱電球のフィラメントを使用する。
  - (3) ガスバーナーをアルコールランプで代用する。
- これによる利点は、次の2点である。
- ① 電球の明るさの変化は、教室内のどこからも観察できる。
  - ② 使用器具は、すべて持ち運びが簡単で、「普通教室」で実験できる。

### 2. 方法

- (1) 実験回路を図に示す。
- (2) 電球の明るさの変化から、抵抗体の温度による電気抵抗の変化を推理する。



図

### 3. 用具

- A 抵抗体；白熱電球（100V-100W）のガラス球部を割り、フィラメントを露出させ、

レセプタクルに取り付ける。

- B 検出器；白熱電球（100V-100W）をレセプタクルに取り付ける。  
C 電源；単巻可変変圧器  
D 低温源；ビーカーに入れた水  
E 高温源；アルコールランプ

### 4. 準備

単巻可変変圧器の電圧を、Aのフィラメントが赤熱して焼き切れないように、また、Bの電球がわずかに点灯するように調節する。

### 5. 実験・観察

- (1) Aのフィラメントを低温源の水中にいれる。…Bの電球が明るくなる。
- (2) Aのフィラメントを高温源のアルコールランプで熱する。…Bの電球が暗くなる（消える）。

実験例を次表に示す。

電球Bの状態

単巻可変変圧器の電圧 30V		
B	A	水 中 加 热
電圧 V		24V
電流 I	0.43A	0.32A
消費電力 P	10.3W明るい	4.5W消える
消費電力比	$P(\text{水中}) / P(\text{加熱}) = 2.3$	

## 6. 実験中に留意したこと、気づいたこと。

- (1) 電球を割るとき、ガラス切り、やすり等で、ガラス球部に小孔をあけて空気を入れてから、木づち等で割る（爆縮によるフィラメントの損傷を防ぐ）。
- (2) フィラメントは約20回の実験に耐えた。
- (3) フィラメントのらせんを少し引き伸ばすと、加える電圧を少し高くすることができる。
- (4) フィラメントは、少し長い時間熱すると、焼き切れるので、アルコールランプで長く熱しない。赤熱したらすぐ水中に入れる。

## 7. おわりに

この実験と同時に、「ガラス管に電流を流す実験」（付記1）を行っている。定性的ながら生徒は、同実験の意味をよく理解している。

## 付 記

1. ガラス管に銅線を巻きつけ端子とする。1cmほどの間隔を空けてまた銅線巻きつけ、もう一つの端子をつくる。これを図のAの代わりに接続する。単巻可変変圧器の電圧を約100Vにして、ガラス管をアルコールランプで加熱する。ガラス管が柔らかくなると、電流が流れ電球が点灯する。
2. 本実験は、'65から実施して啓林館の広報誌「啓林' 84 10 No.201 高理編 <物理・地学>」に掲載した。本稿はそれに加筆訂正したものである。

## マグナス効果の実験を回転する紙風船で行う

(野球やサッカーなどの変化球は、球をどう回せばどう曲がるか)

NPO 法人 北海道科学活動ネットワーク 齋藤 孝

科学の祭典の実践の中から、子ども達の興味関心の一つに、野球の変化球やサッカーのループシュートがあることを知った。なぜ曲がるかを、19世紀に砲弾の研究から発見されたというマグナスの効果 (H. G. MAGNUS 1852年ドイツ) で説明することにした。そのため従来の実験に加え新しく回転できる風船を作りその場で曲がることを実演し、子ども達の理解増進を図ろうとするものである。

キーワード マグナス効果、流れの中の物体、回転する風船、マグナス力

### 1 はじめに

青少年のための科学の祭典の実践を通して、野球少年やサッカー少年の厳しい質問にこたえようと努力した結果、従来の実験では、十分に納得してもらえたなかった。今度の実験ではその場で体験して確かめることができた。

この新しい実験は、少年達はもちろんのこと、多くの観客の方々の拍手と納得が得られたようなので、ここに発表することにした。

### 2 実験方法

従来、流体の一様な流れの中で、円柱が回転すると、円柱の面に沿って回る流体の方向と、一様な流れの方向が、円柱のいずれかの側では一致する。この一致した側ではお互いの流れが助け合って流れの速度を増し流線が集まり、逆に一致しない側では互いに消し合って速度を落とす。よって流体に圧力差が生じ、円柱は速度の速い側（圧力の低い側）に引かれる。<sup>1)</sup>

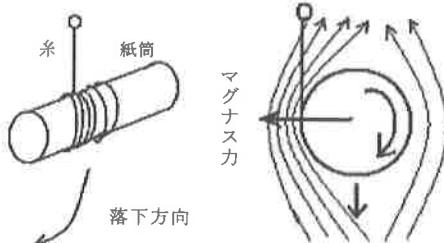


図1 従来の実験方法と流線図

紙筒に糸を巻き付け落下させる実験は、従来からの方法で、その実験結果で、上記の説明のマグナス効果を確かめることができる。しかしこれでは野球やサッカー少年達を納得させることはできない。曰く「糸が巻いてあって引っ張るからだ」「円柱とボールとでは形が違う」



図2 筆者が紙風船で演示実験 於札幌南大会

などで、なぜ曲がるかの本当の体験的理理解にいたらいい。そこで、紙風船にストローの軸を通し回転させ、実際に曲がるかを確かめようとするものである。

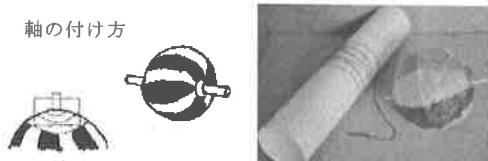


図3 軸を通した紙風船と糸を巻いた従来の紙筒

### 3 新しい実験の効果とその結果

軸のついた直径 10 cm ぐらいの紙風船は、高さ 2 メートルぐらいの位置から落下させると、下に到着するまで回転は持続し、また落下の終速度に達する頃から曲がり具合は顕著になる。マグナス効果によるマグナス力の大きさは、物体に対する流速と物体の回転する角速度に比例するので<sup>2)</sup>、下の方で曲がる様子を確かめ易い。

図4 のマグナス効果の原理図では、ボールの進行方向

## マグナス効果の実験を回転する紙風船で行う

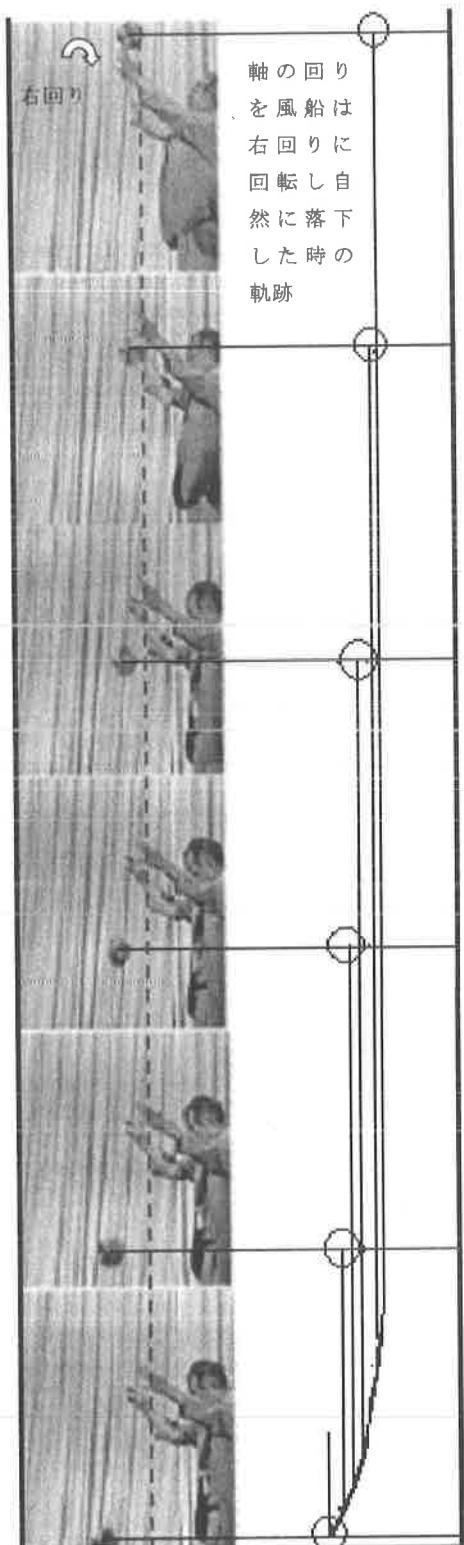


図5 右回り風船の落下実験と軌跡

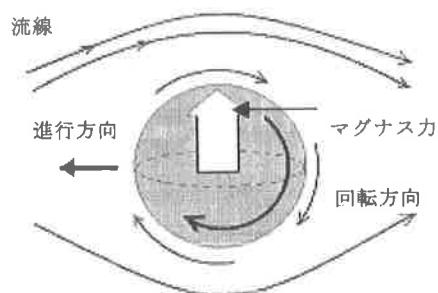


図4 回転しながら進むボールに働くマグナス力

とボールの回転によるマグナス力（白矢印）をしめしている。

図5の連続写真は、風船を写真正面から見て右回りに回転させ、投げ上げぎみに高い位置より落下させた。結果は多くの人の歓声と拍手で終わったが、その時の観客のひとりが撮影したビデオを基に作成した。

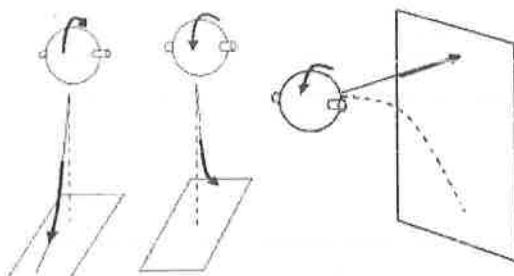


図6 球の回転方向に合わせ進行の方向を太実線で示す

## 4 後記

ここではマグナス効果のみについて述べたが、こちらで用意した実験ばかりでなく、子ども達が望む種々の球種や球速に至るまで、子ども達の興味関心に答えることは大変難しいことがわかった。なお本稿の写真作成にあたっては東海大学教授の四方周輔先生にお世話なりましたこと厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- 1) KAGAKU NO ZITEN (岩波書店 1950年) NAGARE TO UZU  
PP. 903~904 マグナス効果
- 2) 岩波理化学事典 編集 井上敏 他 (岩波書店 1955年)  
P. 1299 マグナス効果
- 3) 姫野龍太郎 著: 岩波科学ライブラリー75 魔球をつくる  
P. 14 岩波書店 2004

## 金星の太陽面通過

(ハレーが考えた地球-太陽間距離決定法)

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆、齋藤陽樹、熊越ゆき

ハレーが提案した金星の太陽面通過観測による太陽-地球間距離の導出方法を解説する。ハレーは、地上で観測される金星の太陽面通過時間が地球の自転の影響を受けることを利用して太陽視差、太陽-地球間距離を求めようとした。金星の太陽面通過は最大8時間ほどの時間経過を要する現象であるため、観測される通過現象はこの間の地球自転による観測点の移動とこれによる視差に影響される。地球の表と裏で観測される金星の太陽面通過観測時間差から太陽視差を求める過程をハレーの原論文に基づいてたどり考察・解説する。

**キーワード** 金星の太陽面通過、ハレー、視差、天文単位

### 1. 金星の太陽面通過現象とは

月が太陽の内側を通過して生ずる日食と同様、内惑星である水星、金星が太陽面上を通過する現象がまれに起こる。金星の太陽面通過現象は8年の短周期と百年を越す長周期が繰り返すという不思議な周期性<sup>1)</sup>をもっており2004年に引き続いで2012年6月に今世紀最後のこの現象が起こる。金星は地球に隣接する惑星であるため、地球に最接近する太陽面通過時に「視差」が観測にかかる可能性がある。これをを利用して地球-太陽間距離を求めようと18世紀に地球規模での観測が各国で取り組まれた<sup>2)</sup>。原理的には、地球上の離れた二地点(距離d)からの金星視差( $\theta$ )測定によって、地球-金星間距離( $L=d/\tan\theta$ )が求められる。実際にはこの僅かな視差を直接測定することは極めて困難なため、金星が太陽面を通過する時間を測定し、僅かな視差によって生じる通過時間の違いから間接的に視差を求めることがハレーによって提案された。ハレーは地球の自転によって生ずる金星の太陽面上の視差を問題にしているのだが、この考察は必ずしも正しく解説されている状況はない。以下、英訳されて公表されている論文<sup>3)</sup>に基づいてハレーの考察を解説する。18世紀、太陽系の絶対スケールを得ようと奮闘した科学者たちの取り組みを2012年の金星太陽面通過を機会に理科教育の中でとりあげることは意味のあることだと考える<sup>4)</sup>。

### 2. 金星の太陽面通過経路差と視差

一般に流布している解説は次のようなものである。すなわち、地球の南北に離れた地点でこの現象を観測すれば金星(=太陽)視差により金星は太陽面上の僅かに異なる経路を通過し、この際の通過時間の違いを観測すれば視差、距離が求められる。このような観点から図1の

ような図解で済ませる解説が多く、分かったような気にさせられる。齊田博著「天文の計算教室」<sup>5)</sup>では、次のように1769年の金星太陽面通過データーから太陽視差を求める問題が解説され、この方法の原理が一步踏み込んで具体的に示されている。

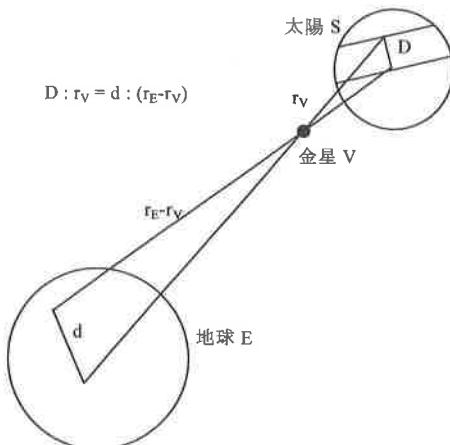


図1. 地球上の観測点から見た金星太陽面通過経路

「スウェーデンのバルダ<sup>注1)</sup>では通過に要した時間は5h53m14s、タヒチ島では5h30m4s」というデーターが与えられる。金星、地球の公転周期( $T_V, T_E$ )、軌道半径比( $r_V/r_E$ )から金星の太陽面上の角速度が毎時240''(秒)と求められ、それぞれの地点で観測される太陽面上の金星経路長(角)1412''、1320''が得られる。太陽の視直

<sup>注1)</sup> ノルウェー・ヴァルド島 (Vardo on the arctic coast of Lapland) での Father Maximilian Hell による観測 (引用文献6) )

径  $1920''$  から経路の太陽面上の位置、二つの経路間隔  $46''$  が決まり、これが両観測地間距離（ほぼ地球直径）に対する金星の太陽面上の視差であるとして地球半径  $R$  に対する太陽視差  $p=R/r_E=8.8''$  が導かれる<sup>注2</sup>。しかしここでは太陽面上を通過する金星の運動について地球、金星の公転運動のみが考慮され、地球自転に伴う観測点の運動が無視されている。金星の太陽面通過は時間を要する現象で、この間の地球自転による観測点の移動が「視差」を生むことを無視することはできない。地球の自転による観測点の移動は金星の太陽面上の見かけの動きに無視できない影響を与え、それは観測点の位置（緯度）に依存する。ハレーはこの点に注目して太陽視差を導出しようとしているのである。

### 3. 地球自転による通過時間の短縮・延伸

地球中心（自転の影響のない仮想的な観測点）を基準にして、自転によって移動する地表の観測点で金星、太陽の見える方向がどれほどずれるか（視差）を求め、これが金星の太陽面進入・離脱時刻にどのように影響するか考察しよう。ハレーの論文にあるように「金星の太陽面通過時間を 8 時間、正午に南中した太陽面中心に金星が位置している」場合を考える。8 時間の経過は次のようになる。地球中心からの観測で正午±4 時間に金星の太陽面進入・離脱が起こる。この間に生ずる地球自転角は  $+\pi/3$  であり、緯度  $\phi$  の観測点 A は半径  $R \cos \phi$  の円運動によって  $\pm(\pi/3) R \cos \phi$  移動した地点  $A_{\pm}$  から金星の太陽面進入・離脱を観測することになる（地軸の傾きは無視する）。これらの地点から観測される金星、太陽は図 2 に示したように地球中心から観測した場合と方向が異なっており、これらの角 ( $\theta_2, \theta_3$ ) は地球半径  $R$  に対する金星視差  $\theta_v=R/(r_E-r_V)$ 、太陽視差  $\theta_S=R/r_E$  を用いて次のようになる ( $r_E, r_V$  はそれぞれ地球、金星の軌道半径)<sup>注3</sup>。

$$\text{注2} \text{ 図 1 から } D = \frac{(r_V/r_E)}{(1-r_V/r_E)} d. \quad \text{観測から得られる経路間隔}$$

$$\theta_D = D/r_E \text{ より、地球軌道半径は } r_E = \frac{(r_V/r_E) - d}{(1-r_V/r_E) \theta_D}.$$

$r_V/r_E$  はケプラーの第三法則より公転周期比から求まる。

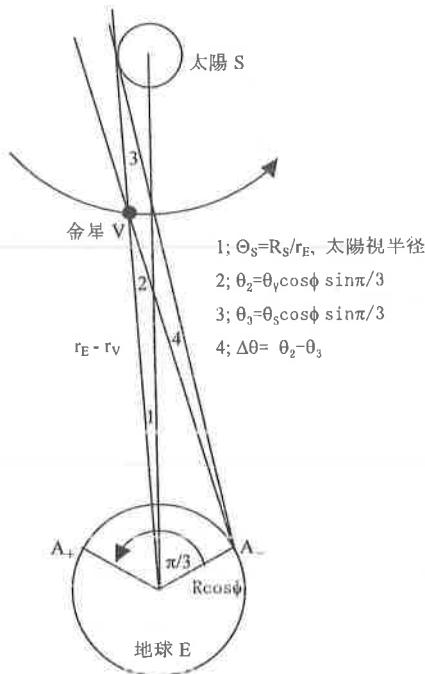
注3 金星について図 2 から得られる  $\tan \theta_2$  は

$$\tan \theta_2 = \frac{R \cos \phi}{r_E - r_V} \left\{ \sin \left( \frac{\pi}{3} + \Theta_S \right) + \tan \theta_2 \cos \left( \frac{\pi}{3} + \Theta_S \right) \right\}$$

ここで、 $R/r_E, \Theta_S=R/r_E \ll 1$  として二次の微少量  $((R/r_E)^2,$

$$\theta_2 = \theta_v \cos \phi \sin \pi/3, \quad \theta_3 = \theta_S \cos \phi \sin \pi/3 \quad (1)$$

これらは、 $R \cos \phi \sin \pi/3$  に対する金星、太陽視差である。



すなわち、金星の太陽面進入（離脱）時における太陽面上の金星の位置は、地表の観測点  $A_{+}$  ( $A_{+}$ ) と地球中心の観測点とでは  $\Delta \theta = (\theta_v - \theta_S) \cos \phi \sin \pi/3$  だけずれていことになる。地球中心で金星の太陽面進入（離脱）を観測した時刻に、地表の観測点  $A_{-}$  ( $A_{-}$ ) では金星は太陽の縁から  $\Delta \theta$ だけ離れた位置に見えこれにより金星の太陽面侵入時刻は遅れて（離脱は早まって）観測される。金星の太陽面移動角速度  $\omega_v=4''/\text{分}$  から进入時刻の遅れ（離脱時刻の進み）は  $\Delta \theta / \omega_v$ 、これらによる太陽面通過時間の短縮  $\Delta t$  が次のようになる。

$$\Delta t = 2 \times \Delta \theta / \omega_v, \quad \Delta \theta = (\theta_v - \theta_S) \cos \phi \sin \pi/3 \quad (2)$$

赤道上 ( $\phi=0$ ) の観測点でこの効果は最大で、現在知られている地球-太陽間距離から計算すると  $\Delta \theta = 20''$ 、 $\Delta t$

$(R/r_E)\Theta_S$  を無視する。太陽 ( $\theta_3$ ) についても同様。

=10 分と見積もられる。観測点緯度( $\phi$ )によって自転の影響が異なるため二つの観測点で測定される太陽面通過時間の相違から金星、太陽視差が求められる。ハレーは地球自転効果の相違を最大限得るために二観測地点を地球の表と裏にとる観測を提案している。地球の裏側の観測点では自転による観測点の移動が逆転するため、金星の太陽面進入時刻は早まり、離脱時刻は遅れ太陽面通過時間は延びることになるのである。

#### 4. ハレーの考察—地球の裏側での太陽面通過観測

ハレーは1761年5月26日(ユリウス暦。グレゴリ暦では6月6日)に予想される金星の太陽面通過を次の二地点で観測することを提案している。

1) ガンジス河口付近の地域(北回帰線上北緯23度27分)で太陽南中をはさんだ前後4時間の観測。

2) ハドソン湾ネルソン港(北緯56度)での観測。ここでは日没時の金星の太陽面進入開始と次の日の日の出時の金星の太陽面離脱を観測する。

地球の表側の観測では地球自転による金星太陽面通過時間の短縮が、裏側では延伸が生じる。ハレーは地球半径に対する太陽視差 $\theta_v = R/r_e$ を12.5"と仮定し、ガンジス河口、ネルソン港で期待される通過時間の短縮、延伸をそれぞれ11分、6分と見積もり両観測点での相違を17分と予想している。以下はハレー論文の該当部分の訳(カッコ内は本論著者による補足)である。

「ガンジス河口(gulf of Ganges)北岸あるいはPegu王国(ミヤンマー)および近隣諸国(北回帰線上)では太陽南中時に金星が太陽中心にあり、太陽面進入時には約4時間分東側に、離脱時には同じだけ西側に位置することになる。金星の太陽面上の見かけの運動は、太陽面上の金星視差により二重に促進されることになるだろう。なぜなら、金星が東から西へ(公転)運動するのに対して地球上の観測者はこの間に反対方向、西から東に(自転によって)運ばれるためである。

仮に太陽視差が12.5"、金星視差( $\theta_v = \theta_s / (1 - r_v/r_e)$ )が43"であるとしよう。太陽視差を差し引いて少なくとも太陽に対する金星視差は1/2'となる。金星が太陽面を通過する際、回帰線(北回帰線)付近の観測点では金星の動きはこの視差により角度にして少なくとも3/4'促進され( $2 \times 1/2' \times \cos\phi \sin\pi/3$ )、赤道付近ではこれはさらに大きくなる。

太陽面上で金星は1時間に4'の速さで進むとしてよいので、3/4'の角度は時間にして少なくとも11分とい

うことになる。太陽の半径(視半径)と金星の通過位置が正確に与えられたとしても、この「短縮」のみで視差を決定することはできない。

それゆえ可能であるなら、金星が深夜に太陽面中心を通過するもうひとつ別の場所での観測が必要である。すなわち、地球の裏側、ロンドンより西に6時間、90度の地点で日没前に金星が太陽面に進入し、日の出少し後に離脱が起こるという観測である。これは北緯56度で、ハドソン湾のネルソン港で観測されるだろう。これと隣接した場所では、金星の視差は太陽面通過時間を少なくとも6分長引かせるだろう。太陽は地球の裏側で西から東へ向かうように見え、これら地表の場所は西に運ばれるわけだからこれは金星の固有の運動(公転運動)に沿った運動となり、その結果金星の太陽面上の動きはゆっくりしたものになり、より長く太陽面にあることになる。」

#### 5. おわりに

金星の太陽面通過は、単に珍しいだけでなく科学の歴史のなかで重要な意味をもった天文現象である。この現象の観測から地球-太陽間距離を求めようとしたハレーの考察や観測の試みは「科学とは何か」を考える理科教育の題材として大きな役割を果たすだろう。この点で、ハレーの考察、提案が正しく解説される必要がある。簡単な説明で分かった気になる(すぐに忘れる)のではなく、数学の知識を生かし想像をたくましく考えることが求められる。2012年に金星の太陽面通過を観測できる時期に生まれ合わせた我々の幸運を生かしたい。

本論は科研費(21500818)の助成を受けた理科教材研究に基づくものである。

#### 引用文献

- 1) 物理教育 第55巻 第1号 岡崎隆、斎藤陽樹 p.77-80, 2007
- 2) 増田義郎訳『クック太平洋探検(一)』、岩波文庫、2006、L.P. ウィリアムズ編 村上陽一郎監訳『世界科学史百科図鑑-3/19世紀』、原書房、1993、G. Forbes "The transit of venus", Macmillan and co 1874
- 3) <http://eclipse.gsfc.nasa.gov/transit/HalleyParallax.html>
- 4) 物理教育 第53巻 第1号 岡崎隆、山本美枝 p.73-76, 2005
- 5) 斎田博著『天文の計算教室』、地人書館、2000
- 6) David Sellers "The transit of venus", Maga Velda Press, 2001

## 特 集 「物理基礎」で新しい授業をデザインしよう

北海道札幌旭丘高等学校 横関直幸

平成 24 年度から数学と理科で先行実施される新しい高等学校学習指導要領では、「物理基礎」、「化学基礎」、「生物基礎」及び「地学基礎」のうちから 3 科目を必修とできるようになりました。「科学と人間生活」を含む 2 科目を必修とすることもできますが、道内の多くの高校が、基礎を付した 3 科目を必修にすべくカリキュラムの検討をしているようです。「物理は理工系希望者だけがやればよい」、「工学系の生徒は生物をやらなくてもよい」、「高校の理科は、理系は 2 科目、文系は 1 科目で十分」、といった考え方方が 20~30 年かけて増幅してきた現状を、何とか打破できるのではないかと期待が膨らんでいるところです。

しかし一方で、「物理は難しいので、すべての生徒が理解はできない」、「物理を大学入試科目とする生徒がおり、授業を易しくすることはできない」、「物理教師が足りない」など、物理基礎を多くの生徒が履修することに対して否定的な意見は根強くあります。

文系と理系、あるいは学力差が著しい生徒が混在しているクラス（集団）では、「物理基礎」は教えられないという意見は、一見もっともに聞こえますが本当にそうでしょうか。これらの声に対して、「物理基礎」については新しい授業デザインの創造が求められています。「数式をまったく用いない物理」と、「数式を用いて難解な内容を理解する物理」のどちらをやるのかという、単純な選択を議論していくとも答えは出ません。

例えば「 $2x = 6$ 」という方程式すら使わないとすれば、私たち物理教師自身が授業の内容を必要以上に縛りつけることになるでしょう。反対に、「物理基礎」を次につながる 4 単位「物理」の単なる入門として考えているだけでは、物理を受験科目としない生徒へは大きな失望を与えてしまう心配があります。

昨年、江崎玲於奈氏（1973 年ノーベル物理学賞受賞）の講演を聴く機会がありました。講演の中で、「科学の

おもしろさはサプライズ」という言葉がたいへん印象に残っています。この言葉は研究者だけでなく、物理を学ぶ生徒にも言えることだと感じました。仮説実験授業のような形式を、「すべての高校現場でやるべきだ」というつもりはありませんが、授業のストーリーと、その中に如何にサプライズを含めるのかを研究することが、すべての高校生のための「物理基礎」の授業を考えるヒントになるはずです。

本特集の狙いは、物理が専門ではない先生にも授業にすぐ応用できるような生徒実験や演示実験、または授業の進め方のアイデアを提供することにあります。

新しい授業デザインを創造するにあたってのキーワードは「ストーリー」、「サプライズ」、「実験」の 3 つです。「物理基礎」の授業において、どのようなストーリーを語るか、どのようにサプライズの要素をいれるか、そして、どのような実験を用いるか。以上のことは昔から多くの物理教師が研究を続けてきましたが、しかし、各教師個人の経験としては蓄積されても、北海道の物理教師の共有財産とはなっていません。一人ひとりの物理教師が持つ小さな経験と知恵を集約し、次代へ受け継ぐべき大きな財産とする、この特集がその始めの一歩となれば大変素晴らしいと思います。

## 物理量と単位の具体的指導法

北海道小樽工業高等学校 菅原 陽

物理量と単位について、幼いときからの学習体験をもとに物理を学ぶ上の基礎を確認していく。また物理の問題を解くためには単位の記述を含むイメージ図が重要であると同時に、自他にわかりやすい説明をするためにも、物理量や物理法則の言語的理理解が必要である。そのことを生徒に説明し実施する授業内容および試験問題と配点例も示す。

**キーワード** 物理量 連続量 分離量（離散量） 足し算 引き算 単位あたりの量 組立単位 体積比熱

### 1. 物理量と単位・・ 単位あたりの量

#### a 「量」について

私たちは量について算数の授業を通じて学んできた。授業では改めて物理量を意識して、多くの生徒に発問しながら生徒の答を板書しながら進めていく。

量には分離量（離散量）と連続量がある。例を挙げてみよう。分離量：ミカンが1個バナナが1本リンゴが3個鉛筆が2本・・・人、枚、匹、頭、台と数多くある。分離量はびたりとした値である。連続量：3メートルのひも、100グラムの水、100メートルを15.6秒で走る・・mm、kg、分、mg、km、日、トン、等。連続量はびたりとしていない。また、一つの物体は様々な物理量を持つ。例えば1円玉はびたりと1円だが直径は1.998 cm、重さは1.001 gかもしれない。連続量は目的に合った精度の測定器で計測して確定する。

#### b 単位あたりの量・・A/B や A/Cの割り算

長さは小学校2年生で単位（ミリメートル（mm）、センチメートル（cm）及びメートル（m）を学習し、割り算は小学校3年生から学習が始まる。割り算は次のような操作であり、2種類の意味があり区別できる。

[個数C] = [全体量A] ÷ [基準量B] ・・・①(包含除)

[基準量B] = [全体量A] ÷ [個数C] ・・・②(等分除)

平均を求めるときは②、「1あたりの量」を求めるときは①に相当する。単位を意識しないと意味をつかめない。

様々な例を発問し考えてみよう。分離量あたりの分離量を「分／分」、分離量あたりの連離量を「連／分」とし具体例を考えてみる。「分／分」：一人あたりミカン2個→ミカン2（個／人）、また、（本／台）の単位から「タイヤは車1台あたり4本ある」のような例を考えさせるのはよい頭の体操である。

生徒には次の単位の具体例を挙げるよう質問する。

「連／分」：（g／人）、（kg／人）、（g／皿）・・・等

「分／連」：（本／m）、（個／g）、（人／分）・・・等

「連／連」：（g／m）、（トン／秒）、（m／秒）・・・等

#### c たし算：単位が同じならば足し算は可能か？

この問い合わせ日常生活の中で考えると「ミカン1個とイチゴ2個を足すと3個になる」が「ミカン2個とイチゴ1個で3個」は同じだろうか？「鉛筆1本と電信柱1本をたすと2本」に意味があるだろうか。身長160cmと170cmをたすことはできるが、実際サーカスでは実演できる人もいるので可能であるが日常生活ではこのたし算はあまりしない。物理の問題でも実際に可能かどうか、意味があるかどうか現実を土台として考える必要がある。東京の人口密度2万（人/km<sup>2</sup>）と北海道の人口密度67（人/km<sup>2</sup>）のたし算は意味がない、あるいは操作不可能である。しかし、気体の密度については、窒素1.250（g/㎤）と酸素1.429（g/㎤）あるいは二酸化炭素1.977（g/㎤）はシリンジ（注射器）の中で操作できるのでこのたし算は実施可能である。でも液体や固体の密度のたし算は人間の力では不可能である。

人が歩く速さ2（m/秒）と自転車の速さ10（m/秒）をたすことには意味はないが、60（km/時）の列車の中を4（km/時）で歩く場合にはたし算に意味がある。

力のモーメント  $M = F \cdot L$  の単位はニュートンメートル（Nm）であり、仕事  $W = F \cdot S$  の単位は高校の教科書では同じ記載である。しかし、たし算は全く意味がない。元々異なる定義であり、それぞれの物理量を空間的、操作的あるいは体験的に理解しているかが問われてくる。

#### d 引き算：引き算の意味は？・・基準との比較

[基準からの差] = [対象の物理量] - [基準の物理量]

たし算では意味がなかった量も引き算は可能であることが多い。A君の身長160cmからB君の170cmを引く  $A - B = -10\text{cm}$  の意味は、B君を基準とした差、つまりB君から見ると下の方向（マイナスの方向）に10cmに見えることである。速さも同様で人の歩く速さA=2（m/秒）と自転車の速さB=10（m/秒）の  $A - B = -8\text{ (m/秒)}$  はBを基準としたときの速さとの差となる。たし算の時と違い有用な意味がある。

## 2 長さの単位の歴史

東洋の尺貫法は中国が起源であり、西洋のヤード・ポンド法などと同様、当初は身体の一部の長さや、穀物の質量などが単位として使われたが、各地で独自の進化を遂げ、国や地方により基本となる単位の値にいくつか違いがある。

日本では 16 世紀末、秀吉の「太閤検地」が年貢徵收や兵糧計算のための規格統一として知られている。アメリカでは 1906 年のボルチモア大火をきっかけに規格統一が進んだ。というのは応援にきた周辺都市の消防隊のホースの繋ぎ手が合わず被害が大きくなつたことの反省による。

メートルは 1791 年フランス科学アカデミーが北極と赤道の距離から 1 m を定め、1889 年国際度量衡局がメートル原器を作った。1983 年国際度量衡総会では真空中の光を基準に 1 m を規定している。

## 3 物理量の測定と誤差・精度

物理量は長さ、質量、時間などの 7 つの基本単位を基準量としている。しかし測定には誤差が必ずつまとう。

時間については現在セシウム 133 の電子遷移の放射周期を基準としている。しかしこれを測定して時間を示す腕時計は誰も持っていない。腕時計の場合は昔はゼンマイの力で天秤を振動させ、歯車がその振動を数えて時間を示す。クオーツ時計はゼンマイを電池にして、その電圧が水晶発振子を振動させ、それを数えて時間を示す。クオーツ時計は高価な機械式の時計の 10 倍以上も正確で 1 日に数秒以内の誤差である。

速度は距離と時間から計算するが、自動車の場合はタイヤの回転数を数え距離を計算して速度を割り出している。タイヤの直径は道路やスピード、タイヤの摩耗により変化するので誤差は 1.5 (km/時) が限度である。

古代、イナゴ豆の重量が一定であると信じられていた時代、1 個を 1 カラットとした。誤差は 20 % 以上あり現在であれば大変である。現時点では、基本単位のうち質量だけがプラチナリジウム合金の国際キログラム原器という実物体を基準としている。しかし、1989 年に 50 μg の変化が観測され今後の課題となっている。

温度計測装置はガリレオ温度計が史上初であるが、その 100 年後ファーレンハイトは水銀温度計を作り、華氏 32 F を水の凍結温度、人の体温を 100 F とした。その 20 年後セルシウスは水の凍結温度を 0 °C、沸騰温度を 100 °C とした。温度による金属の抵抗変化を利用したデジタル体温計の誤差は 0.8 °C、プラチナ抵抗温度計は -260 °C から 1000 °C までの広範囲を 0.1 °C ~ 0.3 °C 程度の精度で測定できる。

## 4 身の回りの単位を考える。

1 gあたりの値段は工業新聞・経済新聞に毎日出ている。単位を (円/グラム) に統一して比較する。

白金 4671 (円/グラム) 金 3489 (円/グラム)

パラジウム 1600 (円/グラム)

銀 61950 (円/キログラム) は換算して → 約 62 (円/グラム)

鉄 平鋼で 93 (千円/トン) → 約 0.1 (円/グラム)

高速度鋼で 2290 (千円/トン) → 約 2.3 (円/グラム)

アルミニウム 214 (円/キログラム) → 約 0.2 (円/グラム)

スズ 2310 (円/キログラム) → 約 2.3 (円/グラム)

希少金属のジルコニアは 7700 (円/グラム) と高額である。

さらに身近なものの平均の値段をアバウトに計算してみる。家は 20 トンで 3 千万円の場合 1.5 (円/グラム) 自動車も 1 トンで 130 万円とする 1.3 (円/グラム) 全自動洗濯機は 30 kg で 15 万円 → 5.0 (円/グラム) 電気冷蔵庫は 50 kg で 15 万円 → 3.0 (円/グラム) 他の電化製品もおおむねこのレベルだが手元のデジタルマルチメーターは 400 g で 4 千円なので 1.0 (円/グラム) となり家電よりは高価な電気製品といえる。高額なものは、マイクロ波オーブンで 30 g で 3 万円 → 1000 (円/グラム) である。

## 5 組立単位の扱い

単位を組合せて様々な物理量を定義できるが、次の例は 2 つの組立単位の扱い（かけ算）を理解することができる。石焼ビビンバ鍋が石ではなくアルミの店があつたので、体積比熱（容積比熱）を出してみた。ちなみにビビンバの石鍋は 2.7 kg で 3 千円、1.1 (円/グラム) である。さて、比熱と密度を乗算すると体積あたりの比熱が出る。 密度 × 比熱 = 体積比熱

$$\text{アルミニウム } 2.7 \text{ (g/cc)} \times 0.9 \text{ (J/g·K)} = 2.4 \text{ (J/cc·K)}$$

$$\text{花崗岩 } 3.0 \text{ (g/cc)} \times 0.8 \text{ (J/g·K)} = 2.4 \text{ (J/cc·K)}$$

$$\text{鉄 } 7.86 \text{ (g/cc)} \times 0.48 \text{ (J/g·K)} = 3.7 \text{ (J/cc·K)}$$

この操作は密度と比熱がわかれば体積比熱がわかるということである。言語的な説明は、密度の単位 (g/cc) は 1 cm<sup>3</sup> あたりの g 質量である。比熱の単位 (J/g·K) は 1 g を 1 K 上昇させるとき必要な熱量 (ジュール) のことである。これをかけ算すると (J/cc·K) の単位になるが、意味は 1 cm<sup>3</sup> あたり 1 K 温度上昇させると必要な熱量 J (ジュール) のことである。

計算した体積比熱の値を見ると石焼きビビンバの石鍋とアルミニウム鍋は性能がほぼ同じだが、鉄は保温性能は低くかつかなり重そうだこといふことがわかる。体積比熱は持ち運んで重さをはかることのない建材などで使われる。つまりコンクリートブロックや石等を暖冷房に使う場合の熱容量は体積比熱を知っていれば、その場でも縦、横、高さを測定して求めることができる。

## 6 問題を解く

物理量の扱いを体得するには問題演習が大切であるが、その場合どのような方法で解決するかを次のように生徒に伝えている。(著者の指導例です。)

## a イメージする・・・問題を図示すること

単位が同じでも「たし算」に意味がない事例からも、現実的把握が大切で、まず図にすることから始まる。自分自身が確実に把握するための図である。また、図にはできるだけ問題文の全てを書き入れる。

## b 法則・定義・式・・・を表現すること

言語的表現、例えば「速さは時間あたりの距離」という言葉の理解は最も大切である。同時に記号的理解「 $v = s / t$ 」も一緒に覚えることが大切である。

c 理解できるように代入式には単位を必ず入れること  
例えれば、 $s = 10(m)$ 、 $t = 5(s)$  のとき

$v = s / t = 10(m) / 5(s)$  のように単位を示し、物理量の操作がわかるようにすること。

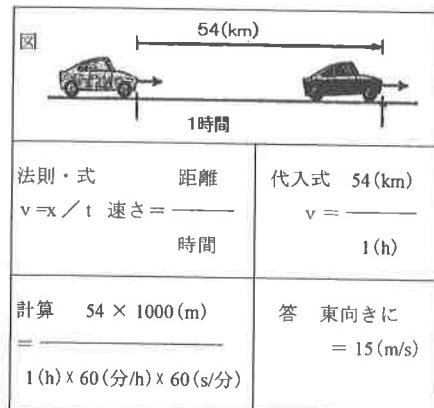
この確実な理解があれば、その後の単位は省略可。

d 最後の答えには簡単な解説と単位を必ず入れること  
速度の場合は、南向きに  $2(m/s)$  と記述する。

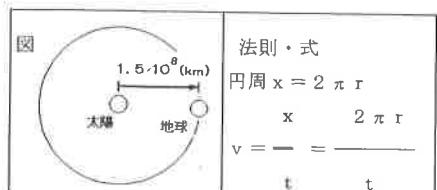
具体的な問題例を、配点の例も含めて下記に示す。

問題例 枠内に指示どおり解答せよ。 10点

(1) 東向きに  $54(km/h)$  で走る自動車の速さは何( $m/s$ )か?

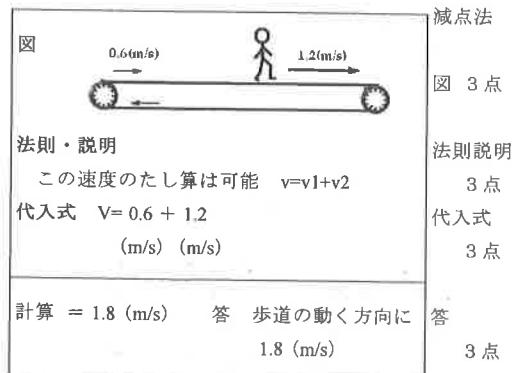


(2) 地球は 1 年間で太陽の回りを 1 周する。何( $km/s$ )で運動しているか? 地球と太陽間は  $1.5 \times 10^8 km$  とする。 14点



代入式	$2 \cdot 3.14 \cdot 1.5 \times 10^8 (m)$	代入式	
$v =$	$\frac{1(h)}{2 \times 3.14 \times 1.5 \times 10^8 (km)}$	3 点	
	$=$	単位	
	$1 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 (年)(日/年)(時/日)(分/時)(s/s)$	3 点	
	$= 30 (km/s)$	答 30 (km/s)	答 2 点

(3) 0.6(m/s)で運動する動く歩道上を、歩道の動く向きに  $1.2(m/s)$  の速さで歩く人の地面に対しての速度を求めよ。 12点



次の問題は物理量の理解をグラフの問題を通じて問うものである。つまりグラフィイメージを示し、言語的表現を書かせて理解度を把握する問題である。単位の扱いについての問い合わせもある。

(4) 等加速度運動の式について説明せよ。 12点

$$v = v_0 + a t \quad ①$$

$$x = v_0 t + 1/2 a t^2 \quad ②$$

$$v^2 - v_0^2 = 2 a x \quad ③$$

ア ①の式の意味を説明せよ。 (各 3 点配点)

速度は初速に時間とともに加速した速度をたしたもの 下図で②を説明せよ。 イ 三角形の部分の説明

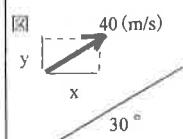
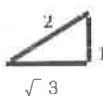
加速成分により移動した距離で  $1/2 a t^2$  のこと ウ 長方形の部分の説明

初速成分で移動した距離で  $v_0 t$  のこと エ その面積は何を示すか

$$\text{タテ} \times \text{ヨコ} = (m/s) \times (s) = (m) \text{より距離を示す。}$$

次の問題はベクトルと三角比を図示する問題である。ベクトルの図示、三角比の図示、比例式（分数式も可）にも配点している。

- (5) 地面に対して  $30^\circ$  の角度で、速さ  $40 \text{ m/s}$  で離陸していく飛行機の水平方向、鉛直方向の成分をそれぞれ求めよ。 $(\sqrt{3}=1.7$  とする)

 三角比	式 $40 : x = 2 : \sqrt{3}$ $(\text{m/s}) (\text{m/s})$ $40 : y = 2 : 1$ $(\text{m/s}) (\text{m/s})$ $x = 20\sqrt{3} \text{ (m/s)}$ $y = 20 \text{ (m/s)}$  水平方向 $20\sqrt{3} \text{ (m/s)}$ $= 35 \text{ (m/s)}$	16 点 図 2 点 三角比 2 点 比例式 1 2 点 比例式 2 2 点 式 $x$ 2 点 式 $y$ 2 点 水平 2 点 垂直 2 点
------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

次はベクトルの差（引き算）の理解を問う問題である。

- (6) 図は速度  $v_A$  で歩く人が雨滴を見たようである。歩く人から見れば、地面に静止している物体は  $-v_A$  の速度をもつ。雨滴が地面に対して  $v_B$  で落下すれば、人に対する雨滴の相対速度  $v$  はどうなるか？



9 点

<b>説明図</b>	<b>説明</b> 人が基準であり、 $v_A$ から $v_B$ を見る ベクトルである。 答 $v_B - v_A$ となり $v_A$ からみて図のよう に斜め下後方に見える。	各 3 点
------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------

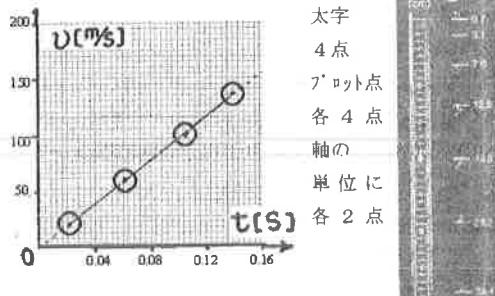
これは「引き算」の概念の確認で、算数での引き算の形  
 $[基準からの差] = [対象の物理量] - [基準の物理量]$   
 とベクトルの引き算  $[v_A] - [v_B]$   
 は同じであり、A-Bの場合、Bが基準になる。授業で生徒に強調した内容を確認する問題である。

グラフや表はプレゼンテーションによく用いられ、見てわかりやすいことが求められる。当然「量」や「単位」などもわかりやすく説明がかかるべきである。

- (7) 下記は自然落下的データである。

空欄に値を入れ、グラフを完成させよ。 10 点

時間(t)	0	0.04	0.08	0.12	0.16	0.2
位置(x)	0	0.7	3.1	7	12.5	
速度(v)	17.5	60	97.5	137.5		
加速度(a)	106.3	93.75	1000			

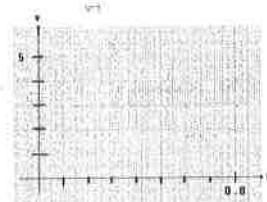


次の問題(8)の採点基準は、軸スケールの 10 分の 1 以内の誤差でプロットし軸には単位を入れることである。

- (8)  $v - t$  グラフを完成し、問い合わせよ。 12 点

\* グラフには横軸、縦軸に値を最低 2 カ所入れること。また、各軸の単位も入れること

時間(t)	△v / △t
0.05	0.24
0.15	1.12
0.25	2.08
0.35	2.90
0.45	3.70
0.55	4.48
0.65	4.96
0.75	5.00



プロット点 6 点 軸のスケール値 4 点 軸の単位 2 点

- (9)  $v - t$  グラフから読み取ることは何か。 5 点

はじめのうちは等加速度運動で時間に比例して速度は増加するが、0.5秒ぐらいから加速度が小さくなり最後は速度一定になった。

この問題の総得点は 100 点である。図示に不備があれば 15 点、単位の記述がなければ 20 点、言葉による説明力がなければ 15 点の減点となる。

あらかじめ問題解答の訓練を行い、生徒が勉強すれば平均点は 65 点以上になる。しかし満点の生徒は少ない。一方、訓練次第であるが 30 点以下の生徒も少ない。

## 運動の表し方

北海道当別高等学校 石川真尚

生徒の登下校での所要時間と距離から平均の速さを求める授業を紹介する。物理基礎のはじめに扱われる「運動の表し方」は、生徒にとって高校物理の印象を左右する意味で大切にしたい。多様な多くの生徒が履修すると考えられるため、身近な素材で親しみを持たせつつ、中学校までの復習と今後の学習への発展を意図した。

キーワード 速さ、単位の換算、有効数字

### 1. 授業の概要

本稿で紹介する授業は、自宅から学校までの交通手段ごとに、所要時間と移動距離からその交通手段での平均の速さを求めるというものである。生徒は自分の生活を題材とした内容には興味を持つようで、筆者は2校で実践したが、ともに生徒は意欲的に取り組んでいる。なお、物理基礎では直線運動を中心に扱うので、その導入として扱うのが適当と考える。

登下校で使う道路や鉄道は一直線でないが、ここではひとまず経路を直線に引き延ばしたと仮想して考えることにする。速さを求めたり単位を換算したりする計算力が不十分な生徒には、繰り返し練習する機会としたい。これらの計算に習熟している生徒には、自宅と学校の位置を一枚に納められる地図を用意し、自宅から学校までの変位について平均の速度を計算させて、図1のプリントで求めた登校経路に沿った平均の速さと比較させるのもよい。

4 単位科目の物理で学習する平面での速度に関するここと、つまり位置ベクトルと変位ベクトル、速度ベクトルについての準備的な扱いができる。

### 2. 実習の方法

手順1 図1のプリントを用いて、「交通手段」とその

出発および到着の「時刻」を記録させておく。

手順2 「距離」は地図やインターネットでの調査によって数値を記入させる。

手順3 手順1で記入した「時刻」から、その交通手段での所要時間と次の交通手段までの待ち合わせなどの時間を求めさせる。

手順4 「距離」と「時間」から、その平均の速さを求め、「速さ」に記入させる。

手順5 自宅から学校までをとおした「時間」と「距離」、登校全体での平均の速さを求め「速さ」に記入させる。

「交通手段」は歩行、自転車、自家用車、バス、鉄道など様々である。中には、歩行のみのように単一の場合もあり得るが、そのままでは計算量が他の生徒と大きな差が出で指導しづらいならば、モデルケースを与えて計算量を調整してもよい。

平成24年度から実施される学習指導要領では、コンピュータや情報通信ネットワークなどの積極的かつ適切な活用を求めており、自宅から学校までの経路を調べるために、インターネットの地図検索サービスや交通機関案内サービスを利用することが考えられる。状況が許せば活用したい。この場合、情報化社会におけるデータの信憑性や精度についての指導ができる。

### 3. 授業の進め方

前時にプリントを配布して、登校時の所要時間を計り、可能であればその移動距離も測っておくことを指示しておく（手順1）。各交通手段での所要時間は、分単位で求めさせておく（手順3）。

本授業で地図を配布し、各交通手段での距離を求めさせる。これらを合計して自宅から学校までの距離も求めさせる。距離はkmで求めても、mにそろえておく（手順2）。

必要に応じて平均の速さ、単位の換算、有効数字の扱いを説明したうえで、計算させる。（手順4、5）

#### （有効数字の扱い例）

生徒 時刻はどこまで正確に計るのですか。

先生 今回は1分単位で記録しましょう。

生徒 距離はどうでしょうか。

先生 地図やインターネットで調べるときの距離はどこまで正確な値か、考えてみましょう。一中略一 今は0.1kmつまり100m単位で結構です。

生徒 速さを求める計算で、割り切れないときはどこま

## 運動の表し方

で計算したらよいのですか。

先生 まずは、小数第1位まで表してみましょう。

生徒 小数第2位で四捨五入するんですね。

先生 そうです。何となく正確な値に感じられますね。

でも、果たして信頼できる答えでしょうか。

生徒 .....

先生 求める値が、どこまで信用できると考えてよいの

かを示す方法として、有効数字という考えがあります。たとえば、「自宅-A駅」の時間と距離の値で、正しいと考えることができる数字の上に✓印を付けましょう。時間、距離ともに1ケタしか正しそうではありません。これを有効ケタといいます。掛け算や割り算の場合、求めた答えも有効ケタは1ケタと考えます。「A駅-B駅」の場合は時間が2ケタ、距離が3ケタの有効ケタです。この場合は求めた答えは有効ケタの少ない方、つまり2ケタと考えます。

登校中は途中で移動していない待ち時間のあることが多い。待ち時間は、一つの区間内では所要時間に含めて考える。区間と区間の間では所要時間から除外する。

「自宅-学校」の全体を通した平均の速さを求める際には、それらを含めた時間を使って求める。

「平均の速さ」は、はじめに[m/分(min)]で求めてから[m/s]に換算する。余裕があれば[km/h]を求めるのもよい。鉄道、徒歩など交通手段により速さをイメージしやすい単位は何かを生徒に考察させることもできる。しかし、物理の学習ではMKSA単位系が中心なので最後には[m/s]で求めておきたい。

### 4.まとめ

所要時間と移動距離から平均の速さを求めるることは小・中学校で学習している内容ではある。しかし、日常生活を素材とする登下校での平均の速さを求める実習は、計算問題としては馴染みがあつて垣根が低く、また、日常的な感覚を物理的な扱いへ導入する役割を担わせることのできる教材である。また、重点の置き方次第で、理解力のある生徒にも、丁寧に指導する必要のある生徒にも、それぞれに合った達成目標を設定することが可能である。

図1 生徒配布プリント 記入例は斜体にしている。✓印は本文参照。

物理基礎		通学手段と速さ						年 級( )氏名		
場所	交通手段	出発時刻	時刻	時間	距離	速さの計算			有効ケタ	速さ
自宅	徒歩	発 6:15		5分	( 0.5 km)	$500 \div 5 = 100$	( 100 m/分)	1ケタ	$1 \times 10^2$ m/分	
		着 6:20		4分	( 500 m)	$500 \div (5 \times 60) = 1. 66\cdots$	( 1. 7 m/s)		2 m/s	
A駅	JR	発 6:24		✓✓✓ 15分	( 12.1 km)	$12100 \div 15 = 806. 66\cdots$	( 806. 7 m/分)	2ケタ	$8. 1 \times 10^2$ m/分	
		着 6:39		✓✓✓ 5分	( 12100 m)	$12100 \div (15 \times 60) = 13. 44\cdots$	( 13. 4 m/s)		$1. 3 \times 10$ m/s	
B駅	JR	発 6:44		41分	( 25. 0 km)	$25900 \div 41 = 631. 70731\cdots$	( 631. 7 m/分)	2ケタ	$6. 3 \times 10^2$ m/分	
		着 7:25		✓✓✓ 5分	( 25900 m)	$25900 \div (41 \times 60) = 10. 528\cdots$	( 10. 5 m/s)		$1. 1 \times 10$ m/s	
C駅	徒歩	発 7:30		15分	( 1. 2 km)	$1200 \div 15 = 80$	( 80 m/分)	2ケタ	$8. 0 \times 10^1$ m/分	
		着 7:45		✓✓✓ 分	( 1200 m)	$1200 \div (15 \times 60) = 1. 33\cdots$	( 1. 3 m/s)		1. 3 m/s	
D高校		発 8:		分	( km)		( m/分)			
		着 8:		分	( m)		( m/s)			
		発 8:		分	( km)		( m/分)			
		着 8:		分	( m)		( m/s)			
トータル	自宅～D高校	90分			( 39. 7 km)	$39700 \div 90 = 441. 11\cdots$	( 441. 1 m/分)	2ケタ	$4. 4 \times 10^2$ m/分	
					( 39700 m)	$39700 \div (90 \times 60) = 7. 3518\cdots$	( 7. 4 m/s)		7. 4 m/s	

## 「アトウッドの器械」で重力加速度を測る

北海道苫小牧東高等学校 塩野 義

「滑車と錘」だけという単純な装置、「アトウッドの器械」を使ってアトウッドは「世界初」の重力加速度の精密測定を行った。アトウッドとほぼ同じ実験で重力加速度を測定することは、授業内で非常に簡単にできる。

キーワード 運動方程式の応用、アトウッドの器械、重力加速度測定、世界初

### 1. 授業の概要

運動方程式を学んだあとは、「2体問題」の一例として必ず「滑車に吊り下げられた2物体」＝「アトウッドの器械」で運動方程式の応用を学ぶ。しかし、せっかくここまでやったのであれば、実際にこの「アトウッドの器械」を用いて、生徒達に「世界初」の重力加速度測定を体験させたい。もちろんこの実験を物理実験室で生徒実験として行ってもかまわないが、今回は普通教室で全員同時参加で実験する方法を紹介する。

### 2. 実験の方法

#### (1) 準備するもの

軽い滑車×1、力学支柱×1、糸と力学錘×7個程、メジャー×1、ストップウォッチ（可能なら生徒人分数）

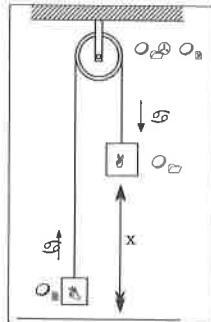
#### (2) 実験のやりかた

教卓にアトウッドの器械を据え置く。錘の数を左3個右4個、左2個右3個…等、いろいろ変えて様々な加速度で落ちるようにしてよい。

- ① 錘の「落下距離」（図のx）を代表生徒に測らせる。  
※この「落下距離」はあらかじめ決めておいて、測定の手間を省いてよい。
- ②「3、2、1、はい」の合図で先生は錘から手を離し、教室にいる生徒はストップウォッチを動かす。錘が教卓にぶつかる瞬間に生徒はストップウォッチを止め、「落下時間」を計測する。（本番の前に一度練習するとよい。）

注意：先生がクラスに「声で」錘を「手放す瞬間」を伝える必要がある。そうせずに生徒が「目視だけに」頼って計測するならば、ストップウォッチの押し遅れが必ず生じ、加速度が異常に大きな値になる。

- ③ この測定を何回か繰り返す。



### 3. 授業の進め方

○ 前日までに教科書「アトウッドの器械」の問題を解く。

○ 当日はまず、

- ①「アトウッドの器械」問題で「落下的加速度a」と「重力加速度g」との関係を復習し、

$$g = \frac{M+m}{M-m} a \text{ となることを示す。}$$

- ②この式中の「落下的加速度a」は、「落下時間t」と「落下距離x」を計測すれば求められることを「等

加速度直線運動」の式  $x = \frac{1}{2} at^2$  から示す。

- ③よって、「落下時間t」と「落下距離x」を測れば「重力加速度g」が計算で求められることを示す。

$$g = \frac{M+m}{M-m} \cdot 2 \frac{x}{t^2}$$

○ 続いて、上記「実験の方法」で示したように計測する。

○ 計測後、データーを整理・処理して、重力加速度を求めさせる（計算機使用）。有効数字の処理の仕方も一緒に復習することができる。

### 4. まとめ

この実験は、素朴な道具を使って重力加速度を「世界初」求めたアトウッドとほぼ同じ歴史的な方法であり、さらにはみんなで楽しく取り組め、先生の準備も非常に簡単という、お勧めの実験です。この実験をとおして生徒に「物理って案外、単純にしてスリリング、そのくせ理性的」と感じてもらえるならば、嬉しいではありませんか。また、運動方程式を教えて生徒が敗走し始めたなら、この実験で少々呼び戻せるかもしれません。

### 5. 参考資料

- ・啓林館「物理I」p119 探究活動（実験3）
- ・「アトウッドの実験」「アトウッドの器械」で検索
- ・演示実験の様子は「アトウッドの器械 札幌開成」等で検索

## 落体の運動

北海道立教育研究所附属理科教育センター 伊藤新一郎

落体の運動について、学んだことを簡単な装置で確認したり、落体の運動の性質を使って人の反応時間を求めたりする実験を紹介する。また、スマートスティップで発問・応答をくり返す授業展開例も示す。

### キーワード 落体の運動、水平投射、人の反応時間

#### 1. 授業の進め方

落体の運動に共通することとして、まず落体には①重力しか働いていないこと、落体は鉛直方向に②等加速度運動をすることをしるかりとおさえておくことが大事である。①については、生徒は運動している方向に力が働いていると誤解していることがあるが、既習事項として、力には「接して働く力（垂直抗力、摩擦力など）」と「離れていても働く力（重力）」があることを確認し、落下中の物体は何にも接していないことから重力のみが働いていることを示す。②については、教科書に載っている写真やストロボ動画などを見せて、落下する物体が等加速度運動をしていることを確認する。記録タイマー等を用いた実験で落体が等加速度運動をしていることを示すこともできるが、筆者はこの実験は授業の導入時ではなく、一通りの学習が終わってから探求活動などとして行う方が効果的であると考えている。

次に、落体の加速度を「重力加速度」といい、その大きさを  $g$  という記号で表すこと、その値はおよそ  $9.8\text{m/s}^2$  であることをおさえた上で、等加速度直線運動で学んだ3つの式、

$$v = v_0 + at$$

$$x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v^2 - v_0^2 = 2ax$$

を落下的条件に合わせて書き直していく。例えば、自由落下の場合、 $a \rightarrow g$ 、 $v_0 \rightarrow 0$ 、 $x \rightarrow y$  である。また、鉛直投射の場合、一般に、最初に物体の進んでいく向きを正の向きとするとよいことも触れておく。

水平投射と斜方投射については、定性的な扱いになるが、教科書に載っている写真やストロボ動画などを見せて、物体が水平方向には等速度運動、鉛直方向には等加速度運動をしていることを確認する。このような場合には、物体の運動を水平方向と鉛直方向に分けて考えればよいことを示した上で、水平投射については、鉛直方向

の運動が自由落下になっていること、斜方投射では、鉛直方向の運動が鉛直投げ上げになっていることを確認し、等加速度直線運動で学んだ3つの式をそれぞれの方向について、条件に合わせて書き直していく。

空気抵抗について、摩擦力や浮力などと一緒に運動方程式のところで扱うことが多いようだが、ここで扱うとすれば自由落下の中で、「もし上空  $1000\text{m}$  の雲から雨が降ってきたとしたら、雨滴が地上に到着した時の速さは何  $\text{m/s}$  になるか。」という問題をやらせてみるのもよい。計算上は  $140\text{m/s}$  もの速さになるが、実際の速さはそれよりもはるかに小さいことから、空気抵抗の存在について触れることができる。

#### 2. 演示実験の方法

この単元の学習で学んだことを簡単な装置で確認する実験と、落体の運動の性質を使って人の反応時間を求める実験について紹介する。

##### 実験 I 水平投射の確認実験ーものさしを使ってー

###### (1) 準備するもの

ものさし、画用紙、コイン

###### (2) 実験のやり方

①ものさしの両面に画用紙を切ったものを貼り付けて図1のような装置を作る。

②図1のように、画用紙の上にコインをのせ、ものさしをたわませてはじくとものさしの前方のコインは水平に押し出されて水平投射となり、ものさしの後方のコ

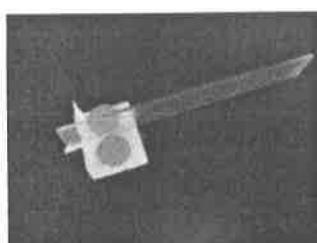


図1 ものさしで作った水平投射実験器

- インは慣性でそのまま下に落下し、自由落下となる。
- ③落下したコインが2つ同時に床に落ちることから水平投射で学習した内容を確認できる。
- 実験II 水平投射の確認実験—斜面を使って—**
- (1) 準備するもの  
角材、ビー玉、工作用紙、両面テープ、斜面
- (2) 実験のやり方
- ①角材を両面テープで貼り合わせて図2のような装置Aを作る。
- ②角材を工作用紙に両面テープで貼り付け、図3のような装置Bを作る。
- ③図2の装置Aを図3の装置Bにはめ込み、ビー玉をのせて図4のようにする。
- ④図4を斜面に置き、装置Aを右に押し出すと、左側のビー玉は水平投射、右側のビー玉は自由落下を模した運動をする。
- ⑤斜面上で、二つのビー玉が衝突する様子を観察する。

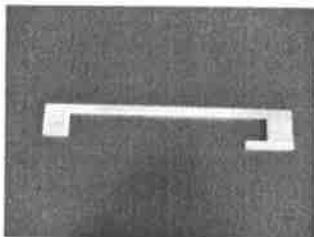


図2 装置A

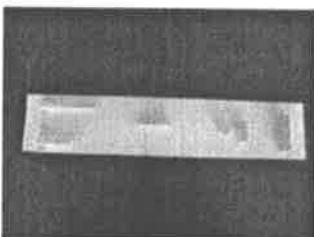


図3 装置B



図4 装置Bに装置Aをはめ込みビー玉をのせた

### 実験III 反応時間を求める実験

- (1) 準備するもの  
ものさし
- (2) 実験のやり方
- ①一人がものさしを鉛直に立てて持ち、もう一人はものさしの下端で指を開いて待っている。
- ②ものさしを持っている方が不意にものさしを放し、もう一人が放されたものさしをつかむ。
- ③ものさしがつかまれるまでに落下した距離からものさしの落下時間を求め、ものさしをつかんだ人の反応時間を測定する。

### 3. 授業展開例

物理は前に学習したことを基に、次々新しいことを学習していく積み上げ型の教科なので、前に習ったことがしっかり定着していないと、授業で説明されていることが分からなくなり、生徒は積極的に授業に参加しなくなってしまう。

これを避けるには、前時までの学習内容を定着させておくことが大事だが、筆者は授業中にスマールステップで発問をし、生徒に当てて答えさせることをくり返すことで、前時までの学習内容を思い起こさせるようにしていた。例えば、自由落下について次のような問題を解く場合、以下のように進めていた。

<問題>水面より高さ 4.9m の所から、小石を自由落下させた。小石が水面に達するまでの時間と、水面に達する直前の小石の速さを求めよ。

T 1 「ではこの問題を解くために、等加速度直線運動で学んだ3つの式を条件に合わせて書き直してみましょう。3つの式を思い出してください。A君、そのうちの1つを言ってください。」

A君「はい。 $v = v_0 + at$ です。」

T 2 「ではB君、他の2つの式のうち1つを言ってください。」

B君「はい。 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ です。」

T 3 「では、C君、最後の1つを言ってください。」

C君「はい。 $v^2 - v_0^2 = 2ax$ です。」

T 4 「この3つの式を自由落下の場合に合わせて書き直していきます。 $a$ はどうなりますか。D君。」

D君「 $a$ は $g$ になります。」

T 5 「そうです。では $v_0$ はどうなりますか。E君。」

## 物理基礎に向けた授業案

### 落体の運動

E君「 $v_0$ は0です。」

T 6 「そのとおり。では、一般的に落下運動では、 $x$ はどのように表すことが多いですか。F君。」

F君「 $x$ は $y$ と表すことが多いです。」

T 7 「では、この等加速度直線運動の3つの式を書き直してみましょう。1つめの式はどうなりますか。G君。」

G君「 $v = g t$ です。」

T 8 「はい、そのとおりです。 $v_0$ は0ですから書かなくてもよいですね。では、2つ目の式はどうですか。H君。」

H君「 $y = \frac{1}{2} g t^2$ です。」

T 9 「そのとおりです。これも $v_0$ が0ですから、 $v_{tf}$ は0になるので書かなくともよいですね。では、3つめの式はどうですか。I君。」

I君「 $v^2 = 2 g y$ です。」

T 10 「そのとおり。これも $v_0$ が0ですから $v^2$ は0になるので、書かなくともよいですね。では、この問題で分かっている量を書き出していきましょう。J君、分かっている量を1つ言ってください。」

J君「高さが4.9mです。」

T 11 「高さを表しているのは、これらの式のどの文字ですか。K君。」

K君「 $y$ です。」

T 12 「その他に分かる量はないですか。L君。」

L君「分かりません。」

T 13 「この問題は落下の問題ですよね。落下では、物体は重力に引かれて落ちているのでしたよね。」

L君「あっ。 $g$ は9.8です。」

T 14 「そのとおり、落下の場合、物体の加速度は9.8m/s<sup>2</sup>です。では、問題の『小石が水面に達するまでの時間』を求めるには先ほど書き直した式のどれを使えばよいですか。まず、『小石が水面に達するまでの時間』はこの3つの式に出てくる文字のどれでしょうか。M君。」

M君「 $t$ です。」

T 15 「そのとおり。 $t$ を求めればよいことになりますので、使う式は $t$ を含む式でなければダメですよね。では、どの式を使いますか。N君。」

N君「 $y = \frac{1}{2} g t^2$ です。」

T 16 「そのとおり、 $t$ 以外の全ての文字の値が分かっていないと解けませんので、 $v = g t$ では解けません。では、式に値を入れてください。O君。」

O君「 $4.9 = \frac{1}{2} \times 9.8 \times t^2$ です。」

T 17 「そうですね。ではこれを解いてください。(少し

時間をおく)では、P君、計算した答を言ってください。」

P君「 $t$ は1です。」

T 18 「有効数字はそれでよいですか。」

P君「あっ。1.0です。」

T 19 「そのとおり。あと物理では単位も大切です。 $t$ の単位は何ですか。」

P君「秒です。」

T 20 「そのとおり。では、もう1つの問い合わせ、『水面に達する直前の小石の速さ』ですが、求めようとする文字はどれですか。Q君。」

Q君「 $v$ です。」

T 21 「そのとおり。では、どの式に入れますか。R君。」

R君「 $v = g t$ です。」

T 22 「はい、そうですわ。 $v^2 = 2 g y$ でも解けますが、こちらを使った方が簡単そうですね。では、式に値を入れてください。S君。」

S君「 $v = 9.8 \times 1.0$ です。」

T 23 「そのとおり。答はどうなりますか。単位もつけて答えてください。T君。」

T君「9.8m/s<sup>2</sup>です。」

T 24 「そのとおりです。」

この授業展開例は実際の授業の一場面を会話文で描いたものだが、クラス全体の生徒が理解しながら進められるようにスマールステップの問い合わせを重ねている。また、基本的に発問が先、指名が後になっている。これは、指名を先にすると当てられた生徒しか考えなくなるのを防ぐためである。また、L君との会話にあるように、「分かりません。」は認めていない。「分かりません。」で次の生徒に当たるにいいくと見えなくてもよい雰囲気ができてしまうため、ヒントを出しながらも、必ず正答を言わせるようにしている。また、1つの問題を解くために、T君まで20人に当てるおり、できるだけ多くの生徒に当てて考えさせることで授業に参加しているという一体感を持たせるようにしている。このようにすることで、クラスの生徒の問題を考えるペースをそろえることができ、全体の理解度を上げることができると考えている。ただし、発問回数が多いので、受け答えのテンポを速くし、授業が冗長にならないようにする必要がある。

### 参考文献

- ・啓林館 高等学校物理Ⅰ 教科書

- ・北海道立教育研究所附属理科教育センター

理科教育研修講座

高等学校理科研修講座（標準）テキスト

## 運動エネルギーと位置エネルギー

北海道立教育研究所附属理科教育センター 松田素寛

エネルギーは量的な概念でイメージしにくい単元であるが、身近な現象からエネルギーを実感させることができる。そこで砲丸（おもり）と油粘土を使った授業内容を紹介する。

### キーワード 位置エネルギー、運動エネルギー、熱エネルギー、油粘土

#### 1. 授業の概要

エネルギーとは「物体が仕事をする能力」と表されている。また、「ある高さにある物体や運動している物体は、エネルギーを持つ」ことを実感させたい。

ここで紹介する実験は、運動エネルギーを学んだ後に位置エネルギーの導入時におこなう。

#### 2. 演示実験の方法

##### (1) 準備するもの

油粘土、砲丸(2.7kg~6.0kg)、温度計、新聞紙、金づち

##### (2) 実験のやりかたと目的

###### 実験①（位置エネルギー）

砲丸を油粘土に落とす。高いところにある物体は、質量と高さに応じたエネルギーをもっていることを理解させる。

###### 実験②（運動エネルギー、熱エネルギー）

油粘土を軟らかくするための方法を考えさせる中で、運動している物体がもつエネルギーに気づかせる。

#### 3. 授業の進め方

##### 実験①（位置エネルギー）

砲丸を油粘土に落とし、油粘土の凹み方の大小から、砲丸の質量と高さに応じたエネルギーの大きさの違いを実感させる。

###### （高さとエネルギーの関係）

砲丸をひざの高さから落とす。次に胸の高さから落とす。高い位置から落とすほど油粘土の凹み方は大きくなる。

###### （質量とエネルギーの関係）

砲丸の質量を変えて落とす。質量を大きくするほど凹み方は大きくなる。

##### 実験②（運動エネルギー、熱エネルギー）

教師：「固い油粘土を軟らかくするためにどうする？」

生徒：「手でこねる。」

教師：「手でこねると軟らかくなるね。そうしたら、なぜ、手でこねると軟らかくなるんだろうか。」

生徒：「摩擦によるため。」「仕事をしている。」

教師：「油粘土に外から仕事をすると、油粘土の粒子同士の摩擦熱により油粘土粒子が熱エネルギーを持つので軟らかくなる。また、手の熱が伝わることで熱エネルギーを持つこともある。」

教師：「熱エネルギーを持たせることで温かくなるけど、手でこねる以外に方法はないだろうか。また、道具を使ったらとしたら、どんな道具がいいだろうか？」

生徒：「たたく。」「金づち。」

教師：「金づちで、油粘土をたたく。このときのエネルギーは、金づちのどんなエネルギーを利用しているだろうか？」

生徒：「運動エネルギー」

教師：「このエネルギーには金づちの質量の大小は関係するだろうか？」

生徒：「金づちの質量は大きい方がいい。」

教師：「金づちでたたく速さは関係するだろうか？」

生徒：「金づちは速い方がいい。」

教師：「実験②やってみよう。ちなみに、実験①は、位置エネルギー（質量・高さ）から運動エネルギー（質量・速さ）へと変化している。」

教師：「次に、油粘土にエネルギーを与えて、油粘土を柔らかくしてみよう。誰が一番油粘土の温度を高く上げられるか競争しよう。初めと後の温度を測ってください。」「ただし、人力でこねること。」

生徒：机に粘土を落としたり、ぶつけたりし始める。

教師：「位置、運動エネルギーを使わないで下さい。人力でこねてください。」

適宜、温度を計りエネルギーを実感する。

#### 参考文献（引用文献）

改定版 高等学校 物理Ⅰ 数研出版

## ゴミ袋の熱気球

市立函館高等学校 渡辺 優輝

テレビなどの映像で何度も見たことがあるが、なかなかうまく上がらないゴミ袋の熱気球。あげるためのコツを解説し、効果的な授業での位置づけ、発問について紹介する。

キーワード 溫度による気体の体積変化 内部エネルギー

### 1. 実験の概要

熱と温度の単元でよく実施される定番的な実験は、酢酸ナトリウム過冷却溶液の凝固発熱実験、少し値がはるが干縮火器を使った実験等、非常に瞬間的であり、各班での生徒実験に適しているものが多い。比較的大型のものでは、断熱膨張の原理を説明する、ペットボトルと圧気コンプレッサーを使った雲づくりなどがある（最後にポン！という大きな音がするのがよい）。

同様のものでは口の大きな梅酒をつくるガラス瓶にゴム手袋をはめ、グイっと外へ引っ張り上げ雲を作る、というものもある。

普通教室で簡素にできるゴミ袋の気球は、熱による体積膨張を実感できるダイナミックな教材であり、生徒の印象も強い。三態変化の学習から、各状態での物理変化の学習に移行する際、特にシャルルの法則の学習につなげる最適な教具と考えられる。

市販の実験書を読むと、ストローで枠を固定させたり、アルコールの火を防ぐために、おかげのアルミパックを利用するなど、工作の要素が強く、教員にとっては少々わざわしさを感じる教具である。しかし、ここで紹介するのは、非常に細い針金と、コットンパフなどの脱脂綿を使えば、短時間で作ることができるタイプである。ぜひご活用いただきたい。

### 2. 演示実験の方法

#### (1) 準備するもの

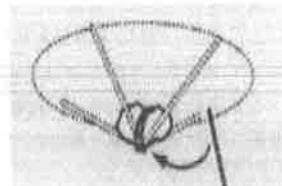
針金（#30）、ゴミ袋（厚さ0.015ミリ、45リットル）、脱脂綿、柄の長い電子ライター、木綿糸、セロテープ、エタノール、るつぼばさみ

#### (2) 実験のやり方

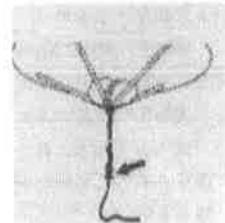
- ①ゴミ袋の周りに針金をセロテープではり付け、4カ所に別の針金を結びつけ図のように束ねる。



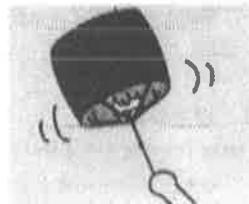
②小さな針金で脱脂綿をまん中にくりつける。更に10センチくらいの針金を下にたらす。



③一番下に木綿糸をしばりつけ、脱脂綿にエタノールを3滴程度つける。



④脱脂綿にライターで火を付けると、どんどんふくらんで熱気球が上っていく。糸を切って離してはいけない。



#### (3) 成功のポイント

- ・気球を上げる場所の上部に「火災報知器」がないことを確認する。
- ・エタノールが多すぎると炎上し、ゴミ袋の上がとけてしまう。つけすぎてはいけない。ちょうどよろしく燃える程度が最適。解説の時間をとることができ。炎が大きいと、あっという間に上がりてしまい、生徒が気体分子の運動を実感することができない。
- ・火を付けるときには、生徒に手伝ってゴミ袋の上の両端をもってもらい、下の針金の輪をしっかりと持った円上にしてから点火する。口が狭いと着火のときに、

ゴミ袋に引火する可能性がある。

- ・ゴミ袋が厚い場合、または夏のように暖かすぎる部屋では、うまく上がらない。秋冬がちょうどよい。室内の暖房が効きすぎたり、または送風の風が流れている場合は調整する。
- ・終了のとき、火のついた脱脂綿をるつぼばさみでつかみ、バケツの水を使って、確実に消火する。
- ・一度使ったゴミ袋は熱で変形しているので、再利用は不可。必ず新しいものを使用する。
- ・予備実験は欠かさない。一度うまくいったからといつても、油断は禁物である。

### 3. 授業の進め方

気球の演示実験は、この単元のオープニングに演示すると、单なるアトラクションで終わってしまう。生徒はあーおもしろかった、もっと他にないの？・・・、で思考が止まってしまい、炎上などの事故が起きたと、そればかりが印象に残ってしまい、ほとんど教育効果が期待されない。卒業後まで「炎上したこと」が話題に上るくらいになってしまふ。

この演示実験は「つかみ」ではなく、思考を深める「途経過」でもなく、章の最後の「まとめ」に活用した方がよい。このように授業のどこに演示実験を配置するかで、効果はまったく異なる。

気体の分子運動、内部エネルギーの学習が終了し、分子の微視的なイメージが形成されてから演示した方が、はるかに効果的である。今回の物理基礎の学習指導要領にも「熱と温度について、原子や分子の熱運動という視点から理解すること」と明記されている。様々な熱に関する「マクロ的な」諸現象を、「ミクロの視点」で感じることができる、ことに重点を置いている。このような意味からも、「気球は最後の締め」は非常に重要である。

では、具体的な授業展開の例を紹介する。

T 「ここでちょっと懐かしいですが、浮力がなぜ発生するか、復習をしてみましょう。」

(板書：長方形の上面に下向きの短い矢印、下面に上向きの長い矢印、側面に下方へどんどん長くなる矢印を図示)

T 「随分前に学習したから、忘れている生徒もいるかもしれませんね。気体や液体のような流体の中に物体を置くと、上面と下面の圧力差によって浮力が起きるのでしたね。」

S 「私たちは空気という巨大な海の底に暮らしている、

でしたね。」

T 「その通り。上からだけでなく、あらゆる方向から押されている、ということも大丈夫かな？」

S 「流体の中にいるといつでも浮力を受けていて、その大きさは沈んでいる体積に比例するでしたね。」

T 「そうです。大気による浮力はとても小さいので、あまり実感できません。しかし体積はそのままで、物体の質量がどんどん小さくなっていくと・・・。」

S 「密度が小さくなる。当然重力も小さくなっていくので、浮力>重力となって、加速度が上向きになる。」

T 「そうです。物体が最初静止しているとすると、上昇する。浮力によって物体が上昇する原理は整理できたかな？」

S 「はい。」

T 「では次に、つい最近学習した、熱力学第1法則を復習してみよう。ここにある容器に閉じこめられた気体があるとしよう。気体が加熱される、つまり外からQ [J] の熱エネルギーが与えられ、更に気体が圧縮される、つまり外からW [J] の仕事が加わった場合、気体の内部エネルギーの増加量ΔUは？」

S 「ΔU = Q + Wで与えられます。」

T 「その通り。ここで重要なのは『閉じられた気体』ということ。では気体の内部エネルギーとは？」

S 「閉じられた容器の中にある気体分子の運動エネルギーの総和です。」

T 「はい。その運動エネルギーが増えるということは、観察される現象的には、どのようなことを指しますか？」

S 「気体の温度が上がるということです。」

T 「その通りです。熱力学第1法則は理解できているようですね。何もこれはエンジンの中のことだけではありません。みんながよく知っている気球が膨らんでいく現象もこの法則で説明できるのです。では、これからゴミ袋を使った気球を上げてみます。」

(気球を見せる)

T 「ではこの脱脂綿に火をつけるとどうなりますか？」

S 「気球がふくらみます」

T 「膨らむということは、気体にとって外から仕事をされているの？外へ仕事をしているの？」

S 「外へ仕事をしています。」

T 「では第1法則のWの符号は？」

S 「マイナスになります。」

T 「Qがプラス、Wがマイナスですね。」

S 「あれ？先生。プラスマイナスゼロで、内部エネルギーが上がってこないんじゃないんですか？」

T 「いいところに気がつきました。それはQとWの大き

さと同じ時ですね。もし、 $|Q| > |W|$ だったら？」

S 「あ、温度が上がる・・・」

T 「気球は下の部分があいているので、厳密には『閉じられた気体』ではありません。でも、パンパンにふくらむまで、気球の中の空気は外にもれてこないと仮定しましょう。」

(着火)

T 「熱エネルギーが外部から供給されているよ。Qはプラスだ。袋がどんどん膨らんでいく。Wはマイナスだ。Qの大きさがWより大きいので、中の気体分子の運動エネルギーがどんどん大きくなっていく、内部エネルギーが増加している。中の空気が熱くなってきた。温度の上昇だ。気体分子の運動が激しくなって袋の壁にバカバカあたっているよ。これが『外への仕事』の原因だ。分子の動きを感じることができるかな？」

(パンパンになると・・・)

T 「さすがにこれくらいになると、気球の中の気体分子の運動が激しすぎ、気体が下からもれ始めます。あれ？ もれると気球の中の空気の質量は？」

S 「減っていく・・・」

T 「袋はパンパンなので体積が変わらない。すると・・・」

S 「密度が小さくなる」

T 「だから・・・」

S 「浮力>重力になり、浮き始める・・・」

T 「ほら！ 浮いた！」

(消した後)

T 「君たちはソーラーバルーンって知っているかな？ 気球のように穴が空いていない、完全に密封された大きなゴミ袋を日光にあてておくと、どんどんふくらみフワリと浮きあがるんだ。これは空気の漏れがない、「閉じられた気体」のタイプだよ。」

浮力・第1法則の復習をしっかりと行い、章のまとめとして、生徒との対話を重視し、問い合わせながら実施する。そうすれば、単に気球が上がった上がらないに一喜一憂することもない、アトラクションの域を超えた、質の高い物理の「授業」が実現する。大学受験の2次試験でも、よく出題されるので、進学を重視する高校であれば、次の時間にそれを例題にするのもよい（私は北見工業の過去問を使用）。しかしこの場合は、気球が膨らんでいくが、外圧・内圧の差は非常に小さいことから「定圧変化（＝シャルルの法則）」を使った出題が多いので、生徒が混乱しないよう、問題を解く前に十分なリードが必要となる。

#### 4. 参考

- ・針金#30（直径0.3ミリ・長さ20m、100円）
- ・高密度ポリエチレン製、厚さ0.015ミリのゴミ袋45リットル（10枚入り100円）～学校でよく使われているゴミ袋は厚すぎうまくいかない。しっとりしたタイプではなく、カサカサしているタイプを選ぶ。
- ・化粧用コットンパフ（50枚入り100円）。
- いずれも100円ショップ、またはホームセンターで購入可能である。

#### 5. その他

私が演示する際に、いつも肝に銘じているのは、藤木源吾氏が昭和25年に書いた「化学講義実験法」に書かれている、理科実験10か条である。化学に限定されたものではなく、理科・科学授業における生徒実験・演示実験全てに通じる項目である。ぜひ参考にされたい。

- |       |       |
|-------|-------|
| ・安全第一 | ・百発百中 |
| ・準備迅速 | ・装置簡易 |
| ・現象顯著 | ・観察徹底 |
| ・装置存続 | ・改良工夫 |
| ・材料経済 | ・整頓清潔 |

また、世には数多くの実験があふれているが、それを授業のどこに配列するか、どこに置けば最大の教育効果を上げができるのか、は教員のノウハウとして、各個人の知恵の中に蓄積されている。これは書物に書いていない。webにも載っていない。諸先輩の先生方とコミュニケーションをとり、その対話から聞き取り、自分の担当している生徒を思い浮かべながら、自分なりに解釈するしか方法はないのである。研究会に参加する意義はここにある。

理科教師が数多くの実験手法を知っているのは当然である。しかし実験を授業のメインにして、数多くやれば、生徒は理科に興味を持ち、思考が深まり理解が進む、という点は迷信である。量ではない、教師のトーク、生徒への問い合わせ、コミュニケーションが授業のメインストリートであり、実験の「質」と適切な箇所へ「配置」が大切なのである。

#### 参考文献

- ・SoftBank Creative サイエンス・アイ新書  
「おもしろ実験と科学史で知る物理のキホン」渡辺儀輝

## 物質と電気抵抗

北海道札幌平岡高等学校 大坂厚志

いろいろな物質によって電気抵抗が異なることを、具体的な演示実験を通して理解させることができる。そこで豆電球を使った授業内容を紹介する。

キーワード 電気抵抗 自由電子 半導体 絶縁体

### 1. 授業の概要

中学校では、金属線には電流が流れ、電流や電圧、抵抗について規則性があることを学習している。長さの異なるニクロム線を用意し、電気抵抗が異なることを確認させる。電流が自由電子の流れであることを説明し、LED を用いて交流の流れを確認させる。

### 2. 演示実験の方法

#### (1) 準備するもの

ニクロム線（数本）、電圧計、電流計、ミノムシクリップ、豆電球、LED、LED を交流電源に接続する装置（抵抗）

#### (2) 実験のやりかたと目的

##### 実験①（ニクロム線の電気抵抗）

長さ・太さの異なるニクロム線に電流を流し、電圧と電流を提示し、電流や電圧、抵抗について規則性（オームの法則）について確認する。

##### 実験②（LED の発光）

極性が反対になると電流はほとんど流れなくなるので、交流を電源とするとき、LED は点滅を繰り返す。

これだけでは、点滅を確認することが難しいので、交流電源につないだ LED を素早く動かす。LED の点滅が、目に残像となって見ることができる。

### 3. 授業の進め方

#### 実験①（ニクロム線の電気抵抗）

あらかじめ、数本の長さ・太さの異なるニクロム線と豆電球を板に貼り付けておき、それぞれに電圧をかけて、電流を流す。可能であれば、提示装置を用いて手元を拡大表示する。または、オームの法則に関するデジタルコンテンツを用いる。

（電流が自由電子の流れであることを説明）

原子の構造を簡単に説明し、金属原子が自由電子を持つことを説明する。自由電子が電気を流すので、金属は電気を通すことを説明する。

また、半導体は、自由電子を持たないが、自由電子と同じように電気を運ぶ性質があることに触れる。

##### 実験②（LED の発光）

直流電源で LED を発光させて演示する。次に交流電源を使って発光させ、生徒の前で大きく動かす。

生徒：「光の点線が見えるよ。」

教師：「交流は、+と-が交互に切り替わっているよね？ 電流の流れが一方通行で、ある向きには流れるけれども、反対向きには流れない性質があるんだよ。だから、光るときと、光らない時があるんだよ。」

教師：「実験②やってみよう。ちなみに、実験①は、位置エネルギー（質量・高さ）から運動エネルギー（質量・速さ）へと変化している。」

生徒：「反対向きには絶対に電気が流れないとこと？」

教師：「完全に流れないとではないよ。ほんの少しだけ流れているようです。半導体には、そういう性質があるってことだね。」

生徒：「おもしろい。」

教師：「では、各自やってみてください。」

※材料の準備は、班の数だけ用意しておき、時間の配分で余裕があれば、各自体験させる。

#### 参考文献（引用文献）

高等学校 物理 I 改訂版 啓林館

理科ねっとわーく <http://www.rikanet.jst.go.jp/>

平成 22 年度 日本物理教育学会北海道支部総会  
日時 平成 22 年 6 月 5 日(土) 14:30~17:00  
場所 北海道大学理学部 2-2-11

## 内容

<<<総会>>> 14:30~14:50

- (1)支部長挨拶
- (2)平成 21 年度事業報告
- (3)平成 21 年度会計報告
- (4)平成 21 年度会計監査報告
- (5)平成 22 年度事業計画
- (6)平成 22 年度会計予算書
- (7)平成 22 年度支部役員について

<<<特別講演>>> 15:00~16:00

「銀河の進化を追って  
—サブミリ波観測で拓く銀河の歴史—」  
北大大学院理学研究院物理部門  
徂徠 和夫

<<<実験デモンストレーション>>> 16:00~17:00

<<<懇親会>>> 18:00~20:00

笑美 札幌北口駅前店 717-2088  
札幌市北区北 7 条西 4 丁目 1-2 札幌丸増ビル B1F  
平成 21 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. 37 9 月発刊

## 2、総会

日時 平成 21 年 6 月 13 日(土) 14:30~17:00

場所 北海道大学理学部 2-2-11

## 内容

<<<総会>>> 14:30~14:50

- (1)支部長挨拶
- (2)平成 20 年度事業報告
- (3)平成 20 年度会計報告
- (4)平成 20 年度会計監査報告
- (5)平成 21 年度事業計画
- (6)平成 21 年度会計予算書
- (7)平成 21~22 年度支部役員について

<<<特別講演>>> 15:00~16:00

「理科教員への期待を読みとる」  
北海道教育厅石狩教育局

生涯学習課高等学校教育指導主査  
佐々木 淳

<<<実験デモンストレーション>>> 16:00~17:00

<<<懇親会>>> 18:00~20:00

## 3、ジョイント・シンポジウム

### 第 20 回記念 物理教育に関するシンポジウム

—児童・生徒・学生を引き付ける物理教育の在り方を考える—

### 第 10 回青少年のための公開シンポジウム

#### 「創造科学実験」

日時：2009年10月3日(土) 13:00~17:45  
4日(日) 10:30~15:30

場所：第1日（10/3） 千歳アルカディア・プラザ  
第2日（10/4） 千歳市立緑小学校

開催プログラム：

第 1 日 10 月 3 日(土) 講演・研究発表会

13:00~13:05 開会あいさつ

13:05~13:50 招待講演（講演30分+質疑15分）  
新しい高等学校学習指導要領・理科で  
何をなすべきか

大野栄三（北海道人）

13:50~15:00 特別講演（講演25分+質疑10分）  
青少年のための科学の祭典とアウトドア活動  
四方周輔（東海大札幌）

ものづくり工房プログラムを通した学生教育  
塚林功・佐藤杉也・関一・服部邦彦（日本工大）

15:00~15:15 休憩

15:15~17:45 一般講演（講演10分+質疑5分）  
大学間連携・協働による「初心者のための  
物理学入門—基礎物理学実験—」

中野善明（北海道薬大）

物理未履修者に対する基礎物理学実験  
曾江久美・本橋光也・松田七美男・本間和明  
(東京電機大)

Wii Remote を活用した力学体験学習

徐丙鉄（近畿大）

PIC を用いたものづくり教育

秋山龍一（室蘭工大）・森谷健二（函館高専）  
武田圭生・関根ちひろ（室蘭工大）

“食虫植物の捕虫袋の不思議”をさぐる！  
～だれもが取り組みやすい実験をめざして～

那須井美和子・光井俊治（帝京大）  
関東地区リフレッシュ理科教室の現状と展望  
光井俊治（帝京大）

科学的探求を競う中高生のイベント

「ふくい理数グランプリ」

石井恭子（福井大）・油谷泉（福井県教委）  
小島敏広（福井市立足羽一中）・葛生伸（福井大）

地域が連携したエネルギー環境教育と  
その成果の活用

葛生伸・伊佐公男・中田隆二・石井恭子（福井大）  
中上純代（オフィスナカガミ）

地域の小中学校と連携した持続的な

理科教育支援活動の試み  
長谷川誠（千歳科技大学）

地域活動としての科学教室  
～地域の諸団体と連携した科学活動  
菅原 陽（小樽工業高）

第2日 10月4日(日) 理科実験実践交流会  
10:30～11:30 実験デモンストレーション交流会  
(大学生のブースを中心として)  
11:30～12:00 中学・高校の理科部・科学部  
による発表会  
シャボン膜のカメレオン現象  
北海道札幌開成高等学校コズモサイエンス科  
課題研究物理班  
札幌市立北栄中学校理科研究の取り組み  
(アルコールロケットの実演)  
札幌市立北栄中学校  
※ 都合により発表はキャンセル、予稿集のみ  
12:00～13:00 休憩  
13:00～15:30 実験ブースの一般開放  
葉脈のしおりを作ろう 東海大学・科学部  
液体室素と超伝導 東海大学・科学部  
丸い虹を見よう～虹のでき方～  
佐藤 隆（北海道大学）  
燃料電池を体験しよう 田辺大入（北海道大学）  
光で音を飛ばす 千歳科学技術大学・理科工房  
電気を作ろう 千歳科学技術大学・理科工房  
光は曲がる？ 千歳科学技術大学・理科工房  
ハイスピードカメラの世界  
千歳科学技術大学・理科工房  
偏光板でいろいろな光を見よう  
札幌開成高校コズモサイエンス科課題研究物理班  
磁石に引き寄せられる流体  
中野善明（北海道薬科大学）  
昔の子ども遊具とワイングラスの科学  
山田大隆（酪農学園大学）  
人工イクラを作ろう！ 千歳サケのふるさと館  
直視型光ファイバースコープの作成  
那須井美和子（帝京大学）  
「小さなあばれんぼう」のものがたり  
～空気のパワーのひみつ 葛生伸（福井大学）  
三色LED光源の製作 関 一（日本工業大学）  
たまご落しコンテストで勝とう！  
塙林功（日本工業大学）

#### 4. 物理教育研究会

- 日 時：平成 21 年 12 月 19 日(土)14 時 00 分～17 時 30 分  
場 所：北海道大学 理学部 5-2-01 教室  
内 容  
○支部長挨拶 14:00  
○招待講演 14:05～14:50 (座長：北海道大学 細川 敏幸)  
「クリッカーによる学生の可視化～有効活用のため

- の心得～」  
北海道大学高等教育機能開発総合センター  
高等教育開発研究部 山田 邦雅  
○原著講演 14:50～15:20 (座長：長沼高校 永田 敏夫)  
1. 「産業遺産保存国際会議に出席して  
～旧東ドイツ、ゲッティンゲンの科学技術史とドイツ物理、社会教育の現状～」  
酪農学園大学 山田 大隆  
2. 「科学者ゆかりの地を訪ねて」  
北海道大学大学院理学院 鶴岡 森昭  
○ 実験デモンストレーション 15:30～16:00 (進行：札幌厚別高校 松田 素寛)  
1. 赤平高校 山本 瞳晴  
2. 札幌開成高校 塩野 義  
○ ミニ模擬授業 16:00～16:45  
～新科目『物理基礎』を意識した授業の提案～  
1. 「速度の導入 ～変位と時間～」  
当別高校 石川 真尚  
2. 「作用と反作用」 札幌北高校 中道 洋友  
3. 「位置エネルギーと運動エネルギー」  
札幌厚別高校 松田 素寛  
○ 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！～  
○ 懇親会 18:30～20:30

#### 5. 青少年のための科学の祭典 2009

#### 6. 理事会

平成 21 年 5 月 25 日(月) 支部総会、創造科学実験、他  
平成 21 年 8 月 21 日(金) 「創造科学実験」実行委員会  
平成 21 年 10 月 29 日(木) 支部研究会について、他

## 平成 22 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. 38 9 月発刊 (予定)
2. 総会  
日時 平成 22 年 6 月 5 日(土) 14:30～17:00  
場所 北海道大学理学部 2-2-11
3. シンポジウム  
開催を予定 (詳細を検討中)
4. 物理教育研究会(12 月)
5. 理事会 (4 月、8 月、10 月)

平成 21 年度一般会計収支決算書(2010. 6. 5.)

収入	金額(円)	支出	金額(円)
繰越金	¥152,521	会議費	¥7,778
本部補助金	¥150,000	通信費	¥4,060
雑収入	¥154	事務費	¥0
		予備費	¥24,290
		会誌印刷補助	¥0
		次年度繰越金	¥266,547
計	¥302,675	計	¥302,675

平成 21 年度特別会計収支決算書

収入	金額(円)	支出	金額(円)
繰越金	¥290,376	会議費	¥0
支部補助金	¥0	通信費	¥13,750
会員負担金	¥60,160	事務費	¥1,696
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥96,600
		次年度繰越金	¥238,490
計	¥350,536	計	¥350,536

平成 22 年度一般会計予算

収入	金額(円)	支出	金額(円)
繰越金	¥266,547	会議費	¥20,000
本部補助金	¥150,000	通信費	¥25,000
雑収入	¥453	事務費	¥25,000
		会誌印刷補助	¥0
		予備費	¥347,000
計	¥417,000	計	¥417,000

平成 22 年度特別会計予算

収入	金額(円)	支出	金額(円)
繰越金	¥238,490	会議費	¥10,000
支部補助金	¥0	通信費	¥20,000
会員負担金	¥51,510	事務費	¥10,000
会誌販売	¥0	会誌印刷費	¥150,000
		予備費	¥100,000
計	¥290,000	計	¥290,000

## 支部規約

### 日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

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

第3条 本支部は、前条の目的を達成するために次の事業を行なう。

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

#### 第4条 (削除)

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

第6条 本支部に次の会員をおく。

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

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

第8条 監事は、民法第59条の職務に準ずる職務を行なう。

第9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

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

する。

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

第11条 支部役員及び支部評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

補欠による支部役員の任期は前任者の残任期間とする。

第12条 次期支部役員は、本支部役員中の次の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。上ト添字は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。

$$f_c \quad V_i \quad P^A_{ij,k}$$

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。

$$F_0 - C_F 1/2 \rho \quad | \quad V \quad | \quad VS \quad (5)$$

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・写真は、1段幅、あるいは2段幅に収まるようを作成し、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・写真の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

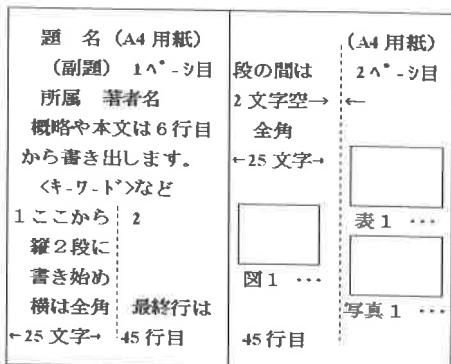


図 1 ワープロ原稿の例

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<sup>1)</sup>は右肩に<sup>1) 2)</sup>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いたします。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（9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 2011 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 2011 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-メール nakamiti-yoyu@mbp.nifty.com

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

## 著作権について

投稿原稿は今後電子化する場合があります。WEB 上の公開に支障がある場合はあらかじめご連絡ください。また、過去の支部会報に掲載された論文も順次公開していくことを考えています。この件について掲載を見送りたい方がいらっしゃれば編集までご一報ください

## お詫びと訂正

昨年の宮台先生の原稿に印刷ミスがありました。  
文中の式等のまるばち「・」の記号はすべて

ニアリーイコールの二重並み線「≈」の間違いです。  
2 ページ目の右下の文中に 7 カ所、3 ページ目の左上の式中に 2 カ所、同じく左下の文中に 1 カ所です。

大変申し訳ありません出した。お詫び申し上げます。

**編集後記** 今年も会員の皆様のおかげで支部会奉加できました。編集の作業も例年通りに進みました。新たな話題は、時代を反映し WEB 上での研究論文の公開の動きですが、皆様のご協力のもとに進めたと考えています。よろしくお願ひいたします。

2010 年 9 月 1 日発行

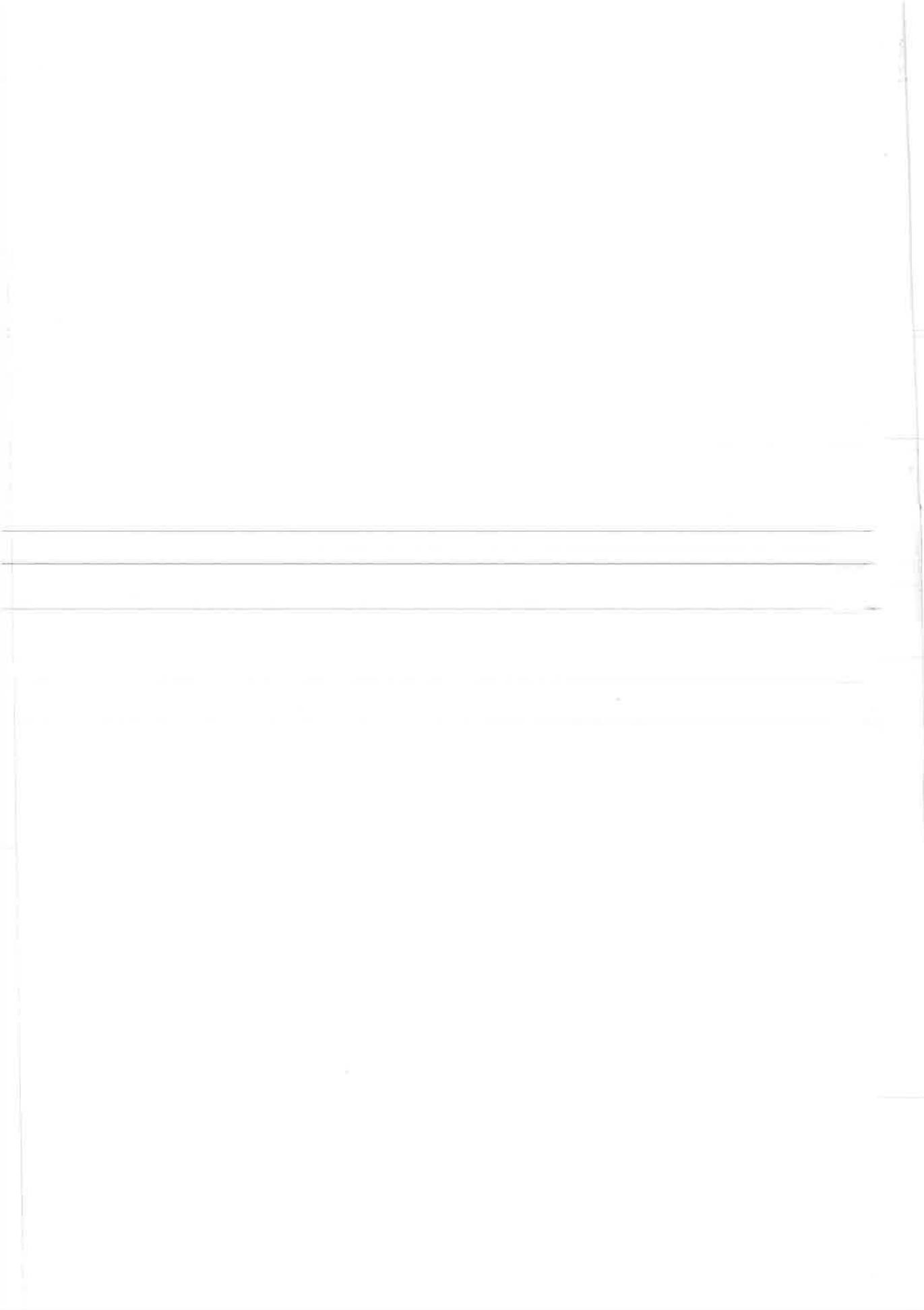
日本物理教育学会北海道支部

第 38 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

いま物理の教育で求められていること

北海道大学大学院理学研究院物理部門 伊土 政幸 1

故北村正直先生を偲んで

酪農学園大学教職センター 山田 大隆 2

北海道物理教育学会 講演の記録

メリットの観点からみたクリッカーの有効性

北海道大学 山田 邦雅 7

物理における効果的な視聴覚機器の利用法

北海道室蘭栄高等学校 山崎 恒輝 11

抽象的概念の獲得に向けてアンケートを用いた授業実践

学校法人希望学園 札幌第一高等学校 佐藤 革馬 13

温度による電気抵抗の変化を示すデモ実験

長沼町教育委員会 檜棒 光一 17

マグナス効果の実験を回転する紙風船で行う

(野球やサッカーなどの変化球は、球をどう回せばどう曲がるか) NPO法人 北海道科学活動ネットワーク 斎藤 孝 19

金星の太陽面通過 (ハレーが考えた地球-太陽間距離決定法)

北海道教育大学札幌校 岡崎 隆、斎藤陽樹、熊越ゆき 21

## 特集

「物理基礎」で新しい授業をデザインしよう

北海道札幌旭丘高等学校 横関 直幸 24

物理量と単位の具体的指導法

北海道小樽工業高等学校 菅原 陽 25

運動の表し方

北海道当別高等学校 石川 真尚 29

「アトウッドの器械」で重力加速度を測る

北海道苫小牧東高等学校 塩野 義 31

落体の運動

北海道立教育研究所附属理科教育センター 伊藤新一郎 32

運動エネルギーと位置エネルギー

北海道立教育研究所附属理科教育センター 松田 素寛 35

ゴミ袋の熱気球

市立函館高等学校 渡辺 儀輝 36

物質と電気抵抗

北海道札幌平岡高等学校 大坂 厚志 39

活動報告