

BUNRIKOKOKEI

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

No.10 1982.4

目 次

○ 物理実験教具の今昔	伊良原 国雄	1
○ これから物理教育 —北海道の風土から思いいたる—	大塚 明郎	3
○ 第10号の発刊を祝して	林 正一	5
○ 北方圏科学振興を	斎藤 孝	7
○ =特集= エネルギーをどう教えるか エネルギーをどう教えるか 高校「理科」のためのふり子を用いたエネルギー保存則の 実験装置の試作 授業書方式による熱力学とエネルギー保存則の指導 エネルギーとは何か?	奥林 茂	12
○ <u>Science in Society Projectについて</u>	中橋 輝昭	14
○ レーザードップラー速度計の試作	一戸 弘利	20
○ 物理教育における教材抽象度調査と实体モデルによる完全習得 学習方法研究の今日的意義について	北村 正直	26
○ 電流による熱の仕事当量の測定	諸橋 清一	28
○ 素粒子理論の近況について	吉田 静男	40
○ =昭和56年度支部研究会の記録= (1) C A I 用の教材作製 (2) 室蘭工業大学の入学試験に関する一報告 (3) 高校入試に関する一考察(その二) (4) 理科Ⅰの成立背景と展開・評価上の問題点 (5) 理科Ⅰ教科書の物理的領域の実験の扱い方について (6) 加速度計を自作して (7) 授業でのちょっとした工夫	塙田 昌司 山田 大隆 松村 勲 金沢 昭 北村 正直 勝木 喜一郎 秋山 敏弘 山田 大隆 池田 斎修 加藤 誠也 斎藤 孝	45 50 56 61 64 64 65 67 68 70
○ てゅーるーむ 支部会員の近況	大井哲哉・武田和男・寺沢 修	74
○ 学会ニュース		75
○ 支部規約・支部会誌投稿規定		76

卷頭言

物理実験教具の今昔

伊良原 国雄

私がこの職についた頃、旧制中学の理科準備室と言えば、ウエムズファースト起電機・手動式排氣機・林田式波動実験器等がやや蒼然たる体で器具戸棚上に置かれていたものである。この頃の教材の主流は、示物或は演示実験的なもので、測定実験用としては本多光太郎氏考案のジュール熱による仕事当量測定装置が、僅かに光を放っていた程度と記憶している。

なお、当時の教材カタログを見ると、〇〇式実験器と称するものが意外と多いことに気がつく。これらは、大正から昭和初期にかけて教育者が研究開発したものであって、我が国の独自の理科教育が芽ばえてきたことの証左になると思う。

戦前・戦中の理科教育の実情は、当然のことながら私は知らない。私は、戦前工業電気科・物理学校と何れも夜間で通しているため、初步的な物理教育を受けた覚えはなく、むしろ実習による測定実験に接する機会が多かった。当時の計器類は、国産と言えどもかなり優秀であり、実習内容は現今の大教養課程の実験より充実しているものがあったと思う。

余談になるけれども、その頃「科学する心」という言葉がしばしば用いられた。この一種の名句の背景について、今までこそ論を立てる人もあるが、青少年期の私は、この言葉のもつ語感を素直に我がものとしていたのである。

さて、昭和 20 年代後半になると学制が改まり、教材社も復興して新製品が除々に市販されるようになった。当初は未だ欠乏時代の名残りもあって、多目的かつ互換性をもつ各種の実験セットが出廻り、次いで単目的教材が売り出された。そして、昭和 30 年代に入ると、正に百花争鳴・教材萬花の時代となる。

つまり、教育現場における研究者数は以前を遥かに超え、P S S C 等諸外国の教育プロジェクトの刺激、また、行政面では理振法の制定、理科教育センターの設置や公費 P T A 費等の助成もあって、特質ある教材教具をいちいち挙げるにいとまのない程である。これを要約すれば、絶縁材料の進歩による静電実験の簡易化、電子工学器機の発達と低廉化、新視聴覚教具の普及、生徒実験の発展充実等となろう。しかし、私が最も感銘をうけたのは、記録タイマーである。簡便にして有能、正に教具の理想である。

ところで、現今のように教材が充実し豊富になって、私自身内容が向上したかと言うと、どうもすっきりした自信が持てない。考えてみれば、教材教具はもともと教育上の手段であって、活用は教師の心に任せられるものであるから、当然と言えば当然であって、この種の原則は今も昔も変ることではないからである。

戦後、理科教育界では、またまた名句をつくった「探究の過程の重視」という。しかし、現在この言葉が死語になりつつあるのはどうしたことであろう。元来、教育者が常々心の片隅に置くべき心根を、学習指導要領とか教科書上に取扱うからいけないのであって、かかる形而下的傾向の当今世情に不満をもつ者は、ひとり老体の僻みと言うものであろうか。

これからの物理教育

— 北海道の風土から思いいたる —

日本物理教育学会会長 大塚 明郎

去年、1981年の夏、科学教育学会の催しで、北海道の原野をエンジョイした上、大雪山まで覗きみる機会を与えられた。その景観は日本では何処にも見られないひろびろしたもので、バスから眺めながら、想うともなく記憶の中の景色を思いおこしていた。それはアメリカでもなく東欧などでもなく、イギリスを含めた西欧だった。若い頃、ひと月あまりも車の無錢旅行をして、その景色が眼底ふかくしみこんでいたからかも知れない。その上、こうした風土が物理の古巣だったとイメージ化されていたからかも知れない。と同時に、さらに、若い頃きいたW・S・クラークの言葉が頭の底から出てきたからかも知れない。北海道にいる間ぢゅう、この言葉は誰の口からも聞かされないほどポピュラーになっているのかとも思った。

いうまでもなく日本の近代化は、物理だけでなく西欧化で始まった。キリスト者でなくても、クラークの教え子、内村鑑三、新渡戸稻造等から影響を受けた人は多い。彼等が研究者であると同時に偉大な教育者であったからである。それは西欧の学の受け継ぎだけでなく、彼等独自の研究があったからもある。西欧の宣教師が教会を拠り処にしたのに内村は教会なしで、原典バイブルを拠り処にする考に立った。新渡戸は武士道は東にも西にもあったといい、キリスト精神に根ざして世界の平和を唱えただけでなく、実践したのは単なる継受に生きたのではなかった彼等の研究があったからだと見ねばなるまい。

中谷宇吉郎、茅誠司が西欧の継受にとどまらないで、中谷は雪の結晶の条件を解明し、茅は鉄の単結晶成長の条件を解明した上その性質まで解明したのには、寺田、本多の城を越えたものがあるのは、彼等独自の研究であったからと

見るべきであろう。

それは師弟のような関係から生まれるというよりは、物理自身に内在する学そのものが要求しているのであるということもできようが、クラークに培れた風土に思い至るのは、やはり北海道という大地がもたらす教育の影響であろうか。そこにはかぐわしい香のただようのをみるからである。東レ、ソニー、読売さては科学博物館の社会への貢献に対して、茅の指導を見落することはできないし、中谷の科学啓蒙における達意の文は衆知のことである。しかし、中谷の活動で見落されているのは、彼と平田森三との共著の中学校教科書であった。戦後の教育改革に際して自らペンをとったと私は信じている教育への識見をそこに見たのである。それは、アメリカ → 文部省という流れのものではなかつたが、創意に満ちた流れのものだった。いまは文部省の流れ一筋になっているが、中谷、平田の考は、改めて考えられてよい材になっているように思う。

科学における研究と教育と、それを近代化し西欧化しはじめて 100 余年、それを北海道は始め、実践してきた。そしていま教育の研究が創意によってはじめられ、やられようとしている。北海道の役割に期待してよいのではないだろうか。

物質の根元に關係ある磁気はいまも茅の流れの中で応用面にまで生きている。しかもそれが、宮原将平、近角聰信などによって、教育に役立つ明快さで説かれている。少なくとも大学教養程度つまり、すべての自然科学の共通基盤にまでは導入できないだろうか。

物理教育とは、知識があるから恣意的にあれこれ教育されるのでなく、あり余る知識の中から何が選択され、どうシステム化されるのが適當かまでが研究されるのが、現代の物理教育であるからである。

第 10 号の発刊を祝して

東日本学園大学教養部 林

正 一

「物理教育研究」の発刊以来、10年が経過しました。このことは、関係者の皆様の忍耐と努力の賜物であると信じています。まことに御同慶の至りであります。第10号の発行に当たり編集者の御要望により、感想を述べる機会を得ましたことを大変に光栄に思っています。

人生の長い生涯のうちには、いくつかの節目（ふしめ）があるということは周知のことであります。とくに、研究機関等ではそれは10年ごとに現れるとされています。その折りごとに、それまでの業績を反省し、進路の保持かまたは更新かを決定して実行することによって、その存続の有意義さが確かめられます。この事態は教育関係においても例外なく当てはまるこことだと思います。したがって、この機に乗じて脳裏から離れない事柄を指摘し、かつそれに対する意見を述べてみたいと思います。

1. 政治学の通説によれば、与党は一般的な立場（建前にもとづく議論）で論旨を貫き、野党は特殊な立場（本音にもとづくもの）でそれを述べることが慣例のようであります。したがって、緊急問題の議論においても、両方の論旨には食い違いが生じ、それはかみ合わないままに終ってしまいます。すなわち、それは不毛の議論ということになります。教育

界の論説にも、政治のそれと同じような傾向が見られるというのが筆者の意見であります。政界の場合と異なるところは野党的な発言がタブー視されていることであります。ただ、特別な場合の欠陥をあげつらうことのみに終始することは教育の場では不適合であることを指摘しておきます。この場合には、やはりその改善策を併記すべきでしよう。

2. 本来はそうあるべきではないが、慣習に従って、物理学は理論の分野と実験のそれとに分けられています。それらは研究の方法の違いによって分かれていると解されていますが、実はこの区分には重大な意味があります。

既成の物理概念を駆使し、かつ論理学に基づく論理（数学を含む）に従って新しい概念に到達し、それに適応する自然現象を模索するのが理論物理学の一般的な姿である。それに反して、実験物理学では、自然現象の中で探求され得た自然の法則性を既存の物理概念で理解しようとする。これが可能でなければ、新しい概念を導入することになるのである。いずれにしても、物理学は、自然現象が物理の概念を用いてつづられた文章によって表現されることを本旨とするものである。が、理論的な手法と実験的なそれとでは発想法が逆

になっているのである。すなわち、実験物理学では「初めに自然がありき」ということである。

このように考えると、物理学の入門の段階では、できるだけ少ない個数の物理的概念を自然の現象と密着させて初心者の体で会得させ（それは大変に困難なことであるが）ことが緊急のことである。

3. 高等教育における悩みの一つは高等学校の生徒の質が低いことである。端的に言えば、それは小学校で習得したはずの計算ができない者がいるという現状を指しています。このような事態が生じた原因は、高校入試の実質的な選抜が高校の側においてでなく、中学校の段階で行われていると考えられます。ここで問題になるのは、このような落ちこぼれた生徒の救済であります。それには、生徒の側では聞きっ放しの、先生の側では講義のやりっ放しの悪習慣を絶つことが必要であります。筆者が勤務する私立大学での学生の質については読者の判断に任せます。しかし、学生として受け入れた以上は、余程のことがない限り、彼らに資格を獲得させるように教師並びに学校は努力しなければならないことは当然なことがあります。したがって、落ちこぼれの学生が出現しないように教科の講義若しくは指導に専念している次第であります。

以上の記述には深入りすぎた感があります。しかし、教育界に貢献しうる、建設的な意見の発言も実現の可能性がある解決策の提案もともにこの紙面を飾るにふさわしい内容であると思

います。そして「落陽の紙価を高める」故にならって発行部数が増大することを夢見る次第です。

最後に、本誌の発展を期待します。

北 方 圈 科 学 振 興 を

札幌北高等学校 斎 藤 孝

科学的合理的な生活とは

来春高校を卒業する生徒達の就職先がない。
(56・11・18付道新) 全国10ブロック中最も低い就職内定率だそうである。しかもその内訳は卸小売業が大半をしめるのである。

大学の工学部を卒業する学生の就職率は良い
但しどとんどが内地企業(土建を除く)への就職である。たまに道内に勤めるものがいたと
たらそれはセールス(エンジニア)である。

高校の時、父兄も本人も道内に勤めたいとい
う希望があるが、理系の大学を卒業する時には、
その生徒を生かす企業が道内には少ない。

第一線を退職すると本州へ帰る人が多いのに、
子供達までも内地に就職することになれば、な
おさら、寒い北海道からは退きたくなる。

やはり北海道は一代の地で、三世代同居が多
くなったと報ぜられている内地程の住み易さは
ない。一代だけならそれは出稼ぎで、生活とはい
えない。

科学的合理的な生活とは、便利な器具が揃って
いるということではない。本職で充分生活がで
きるということである。いふかえれば何世代に
も亘って安定した生活が営めることである。

農業も漁業もより合理的に安定した科学的生
活を目指すべきで、資源にたよればある時はボ

ロもうけある時はドン底のくり返しになってし
まう。企業が自ら科学開発に努力する如く、道
民自らが自らの本職の科学開発に努力しなけれ
ばならない。

今、北海道の教育は

最近、本道経済自立論議は盛んで、地場産業
の育成。科学技術、工業振興が望まれているが
道民一人一人にかかる理科教育を忘れては、
この論議は成り立たない。ただ良い企業を誘地
すれば良い程度では過去30年間にその例を見
る如く同じ轍を踏むことになるだろう。

最初から科学教育振興は、北海道にとって内
地ほど切実なものではなく、国が制定したその
かけ声に従って、国の割当に対し、非積極的に
理科教育振興の予算を施行してきたのが実状の
ようである。

理科教育振興協会の52年度資料では、本道
の理科教育における設備は、全国47都道府県
中44位(高等学校)の充実率しかなく、しかし
も北海道の特殊性から、学校数に対し理振の予
算配分を受ける学校はわずか19%と全国最低
の割当率となってしまい、道立高校では5~6
年に一回の予算配分があればよいという貧弱な状
態になってしまったのである。

56年度、旭川で開催された高等学校理科研究会の席上、57年度から行われる新カリキュラムの理科Ⅰの実験に対応できる理科設備がない、なんとかして欲しいという現場の先生方の多数の意見がて、北理研としてもこの問題をどう解決するか次年度に向け検討中である。

本道の理科設備を、全国平均の充実率まで上げるには、現在の予算の倍額を毎年経上したとしても、ほゞ5ヶ年間の日時を必要とする。

ただでさえ私達北海道の寒さは厳しく、科学的合理的生活が必要な上、北方圏の科学振興を望むなら全国平均以上の充実率が必要である。

今迄に道民は、眞の科学振興を目指した事はなかったといえる。資源や開発予算にたよってたゞ第三次産業のみ盛んになってしまい、一人一人が開発すべき科学的生活文化をなおざりにしていたといえないだろうか。

第二の科学振興を

昭和28年8月に、国会で理科教育振興法が制定公布されてから、ほぼ30年になろうとしている。当時、科学振興を図らなければならなかつた内地の状況が、現在我々の北海道にあてはまると思われる。

敗戦後、二百にある都市は廢墟のままであり（理科教育振興法解説の前文です）八千余万の国民を救うために科学教育の振興を図らなければならない。と内地の人が考えていた頃、北海道は広大な沃野と、当時の重要産業の石炭、華やかな北洋漁業などと豊富な資源を持ち、日本国家として大切な北海道といわれ、開発予算等もついて、道民に夢や希望を与えてくれてい

た。

ところが近年、国は減反農政にかかり、広大な沃野でまずい米を作るなと悪口をいわれ、石炭は斜陽産業に転落し、漁業は二百海里枠内へと縮少され、遂に最近にいたっては、行革の名のもとに開発予算が犠牲にされるという事態になった。

いま北海道全体は、全国最低の不況の中に沈んでしまい、商業都市札幌の平均所得は全国10大都市中最も低いといわれている。

この30年間、科学振興で日本全国の産業がそれなりの発展をしたのにくらべ、資源をかかえていた本道産業の発展は少なく、資源にたよった北海道開発の見なおしさえ必要になってきた。

30年前の衆議院議事録の中から、理振法提案理由の一文を拾い、国を道におきかえて、次のように提案したい。

この窮状の上にある道民五百余万が、文化的北海道を建設するためには、何をおいても全道民が等しく一日も速かに合理的、科学的になるより外に方法が考えられないであります。而して科学の振興は、小中高等学校の理科教育に俟たなければならないのは明らかであります。

なぜ第二の科学振興か

昔は資源があると工業が発達した。今は資源がないと科学技術が発達する。測定技術の進歩は不摺いな原料から優秀な製品を作りだし、生物工学やバイオマスが新しい産業を生む、第一の科学振興は公害を起し環境破壊を行なった。丁度戦争破壊で産業が盛んになるのに似て、公

害防止産業すら生んだ。

これから北海道にまたこの破壊を繰返すのは是非やめたい。第二の科学振興は環境保全の立場からも、新しい科学の立場からも、物理、化学が先行するのではなく生物、地学の方面からもこの第二の科学振興を推進していくべきなものである。

自然を守ることは北海道にとって大事な事であると共に、北海道の自然は人間にとって極めて厳しい。もし科学振興にも地方性があるならば、北海道のそれは生活環境科学かも知れない。

これからの科学教育は

私は高等学校で物理を教えている。どの教科書もニュートン物理学を、同じような方法で教え、同じような問題集で、同じ共通一次を受けける為の訓練をする。全国の高校生が皆同じことを学び競争する。違うことを学んだのでは競争に勝てない。そのうち35万人が共通一次を受け、あげくの果てはまた一年間予備校に通い再び同じことを学ぶ。そこには必要以上の競争がうまれ、むだなエネルギー（知的資源）が浪費されていると思う。

これらの教科書、内容はすべて国が主導権を持って定めている。

国が主導すれば、昔と違って最近は、情報伝達がすみやかな為に、たちまち国内すべてが画一化され、それが故に少数の落ちこぼれが生じ落ちこぼれないものは大河にのまれたように画一化するか或は過当な競争へとおいやられ、むだなエネルギーを浪費し、やがて教育不安を招く原因になる。

これに気がついた国が、ゆとりの教育といえば、これまた全国すみずみまで統一され、ゆとりという非常に困難な教育へとエネルギーを浪費し、同じ結果を招くことになる。

企業ですら、消費者の多様な要求に合わせたり、且つ質も高めなければならないのに、逆に教育では中央集権化が進み、いろいろと困難な問題が生じてきている。

国が教育政策をたて、国の産業を発展させ、国力を伸ばすだけの時代は、今をピークとして過ぎ去って行きつつある。これからは、社会、環境、地方、地域、階層、職業、個人など多様な要求やそれらの能力を発展させる時代がくる。

それがくるのを待つまでもなく、すでにその渦中に我々はある。自動車など特定産業は生産性が高まり貿易摩擦を起し、逆に大部分（農業など）は保護されなければならない生産性の低い落ちこぼれのような産業ばかりである。

これからの科学教育は、これらの弊害をとりのぞき、一步でも多様化へふみだす必要がある。

教える内容をより地方化する必要がある。その地方独特の科学を教え、その地方の豊かな生活への土台となれることが必要である。特に実験観察などは、その地方独特のものを加えて行きたいものだ。

特に北海道では

多様な能力や要求を発展させるのに、今まで国で画一化して進めてきたものを、すぐ個人の多様性にまで及ぶことは困難であるから、その個人が属する同じ環境、同じ地方、同じ地域の能力や要求を一括して発展させるようはかる必

要がある。

中央の産業や政治から遠くはなれた寒い北海道地方、環境、地域という特殊性から生ずる要求、その特殊性から生ずる能力などを大いに発展させたいものである。

理科の教科書は東京中心に作られていて、北海道で見ることのできない植物がたくさんあると聞いている。特に十勝地方の調べでは、小学校で30%、中学校で37%もの植物をあげている。まして雪や氷についてはほとんど教科書にのっていないといってよい。

こんな教科書の、ワークブックや実験ノートを使って道民が勉強しても、東京の人達ほど、理解が進まないのは当然といえる。

物理の教科書でも、今教えている内容の半分程度を全国一律の教育内容にして、他の半分は各地方に適した物理にするとよい。

例えば、北海道の物理とは、雪、氷、寒さ、風、太陽など、北海道の生活を豊かにする素材を中心として作られ、これらの本は副読本として道民すべてが学ぶこととする。

化学、生物、地学もそれぞれ独特の地方性を持っており、そのことを学ぶことによりその地方の産業に貢献し、またはその地方に適する新しい産業を興す土台になれればと思う。

中央の産業が地方に進出しても、地方の文化や生活の向上に、必ずしもつながらないといふ。

これは中後進国會議での話したが、これらの国へ先進国の企業や工場が進出しても、単に労働力を供給するだけで、その国の文化や生活は向上しなかったという。やはり基本はその国独自の教育によらなければ民度は向上しなかった

のである。

現在の北海道では、教育そのものも中央を指向していて、その中で優秀なものは中央へ就職し、残された者は何も北海道について学んでないということになってしまう。

それぞれの地方にはそれぞれの文化や生活、産業がなければいけない。自動車、鉄鋼、エレクトロニクス等の産業が中央で発達しても、地方である私のまわりには、農業、小売業など非効率的な業種がたくさんあり、多くの人達がこれらの職場で、ほんの少しの給料で今も働かれている。

産業が多様化するとは、第一段階でそれは地方化することと思う。教育も、多様化する第一段階として、まず地方化するのが至極当然のように考えられる。

理科教育振興法を地方化する

まず理科教育を振興させる基本の法律を地方化させる必要がある。

理振法は、学校規模を、生徒数によって三つにわけている。中央の方では殆んどが大規模校で、同じような教育課程が組まれており、学校による差異は殆どない。

しかし北海道では、学校規模がいろいろとあり、しかも教育課程の差異が極めて大きい。

たとえば、札幌市内の高校で理科を学ぶ単位数が平均15単位（三年間で1人当り）であるのに対して北海道の地方の高校（地方都市を除く）では3単位もしくは6単位の学校が非常に多い。

理振法には、この単位数による区別（実験設

備器具の）は全く行なわれていない。高校生なら皆同じものとして予算が配布されている。

また学校によっては、物理、化学、生物、地学の中で行われない科目も北海道では多い。この場合の区別も理振法ではなく、ただ揃えなければならない器具と数量が決められている。

その他、ガラス器具はほとんど内地から送られてくるので、北海道では比較的高価で、中央で決められた価格では購入できない。しかもそれが理振の基準品目からおとされれば消耗品として購入しなければならず、いきおい少ない道費とかPTA費にたよらざを得ない。

これらのことについては、委員会をもうけ、検討をつづけ、北海道の理科教育を発展させる方向に改良して行きたいと思うが、そのためには、この中央で決めた理科教育振興法を、北海道の実状に合わせて施行するための条例のようなもの、つまり、北海道科学振興条例の成立を望みたい。

参考資料

1. 北方圏時代（北方圏センター）
2. 理科教育振興法とその解説（理科教育振興推進委員会）
3. 理科教育振興協会資料（昭和52年度分）

57年度から実施される新教育課程の理科Ⅰにおける「力とエネルギー」分野の学習内容は、概ね「力と運動」及び「仕事とエネルギー」である。本誌第8号では、「力と運動」でのもっとも重要な概念であるが、しかし、生徒にとってはきわめて理解が困難と考えられる“加速度”について、その取扱いや指導方法等を特集致しました。同様の主旨で、今回は「エネルギーをどう教えるか」について、公立高校、私立高校、及び大学の各先生方からご発表をいただきました。

各位の現場での学習指導や研究の観点から多くのご意見やご批判をお寄せ下されば幸いです。

エネルギーをどう教えるか

旭川東高等学校 奥 林 茂

1. はじめに

物理学の基本量である「エネルギー」をどう教えるか、日頃の教育実践の中ではあまりかえりみることなく過ぎている。来年度からは理Ⅰの中で自然科学の重要な概念の一つとしてエネルギーがとり入れられる。現行の物理Ⅱにおいてもエネルギーとのかかわりが非常に多く、むしろ各項目においてエネルギーから出発した方が生徒の理解が得られる。そのためには、物理Ⅰにおけるエネルギーの理解がしっかりと定着していかなければならない。この機会に、日頃の授業の反省も含めてエネルギーについて考えてみたい。尚、本校における理科の履習状況は1年時で化学Ⅰ・生物Ⅰ・地学Ⅰの中から2科目選択、2年時では物理Ⅰ・化学Ⅰの中から1科目選択、3年時では理系コースはⅡを2科目、文系国公立大学希望者は1科目、私立文系希望

者は理科の選択はない。したがって、物理Ⅰ選択者は450名中410～420名、物理Ⅱ選択者は180名程度である。教科書は物理Ⅰ、Ⅱともに実教出版である。

2. エネルギーの定義

物体がある状態から他の状態まで状態を変えるときに、その変化のしかたに関係なく、物体はこの仕事に等しいエネルギーをもっている。

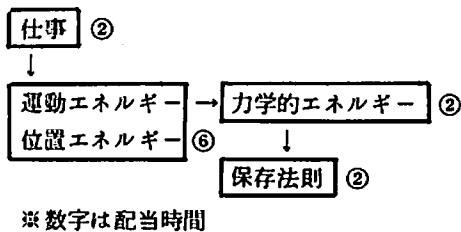
この場合、エネルギーとは「仕事をする能力」といい切ってしまわないように注意している。それは、内部エネルギーはそのすべてを仕事に変えることが出来ないからである。

具体的には、エネルギー導入にあっては、仕事の定義から入り、次に運動エネルギー、一様な重力の位置エネルギー、弾力の位置エネルギーのような比較的簡単なエネルギーについて取

上げ、力学的エネルギーの保存へと導く。

3. 授業展開例

(1) 力学的エネルギー (12時間)



(2) 熱と仕事 (14時間)

1) 仕事

仕事は力とその向きに動いた距離との積であることを明確にとらえさせるとともに、どの力がどの物体にする仕事であるかをしっかり教えることが大切である。したがって、負の仕事も存在することなど、そのためには出来るだけ例題を多く取上げることにしている。

2) 運動エネルギー

運動している物体が静止するまでに他の物体にする仕事で定義される。物体が運動している状態から静止した状態までその状態を変える間にする仕事は、その状態の変化のしかたに関係なく一定であることを強調する必要がある。

例えば、人工衛星の打ち上げ等を取り上げることにしている。

3) 位置エネルギー

物体が考える位置から適当に選んだ基準の位置まで位置を変える間に、この物体が他の物体にする仕事のこと、この場合も移動する道すじや動く速さによらないことを注意させる。

4) 力学的エネルギーの保存の法則

物体の放物運動等を例にとり、「エネルギー原

理」を使って運動エネルギーと位置エネルギーの和が一定に保たれることを導き、力学的エネルギー保存の法則を定式化する。この場合、力学的エネルギー保存の法則を一般的に導き出すというよりも、力学的エネルギー保存の法則は与えられたものとして、さまざまな力学現象を力学的エネルギー保存の法則を使って説明した方が理解が定着するよう思える。

5) エネルギー保存の法則

エネルギーは力学現象だけでなく、もっと一般的にすべての自然現象において一定に保たれる保存量であるから、エネルギー保存の法則は自然界の最も基本的な法則であることを説明し、具体的にはジュールの実験を通して、力学的エネルギーが熱エネルギーに変換すること、また、これ等のエネルギーの総和が一定に保たれることを理解させる。この他、熱力学の第Ⅰ法則、電流に関するジュールの法則や、磁気・光・化学・原子核のエネルギー等、物理Ⅱとの関連を考え、外界との間にエネルギーの出入りがないとき、物体のエネルギーの総和は、つねに一定に保たれることを強調することにしている。

4. おわりに

当初、エネルギーの各項目について、本校の具体的な実践例、実験や試験問題、また、物理Ⅱについての授業展開例等を掲げる予定でいたが時間の関係で間に合わず、通り一ぺんの散文になってしまったことを深くお詫びし、次回にはもっと内容のあるものを発表することをお約束してその責任を果したい。

高校「理科」のための、ふり子を用いたエネルギー保存則の実験装置の試作

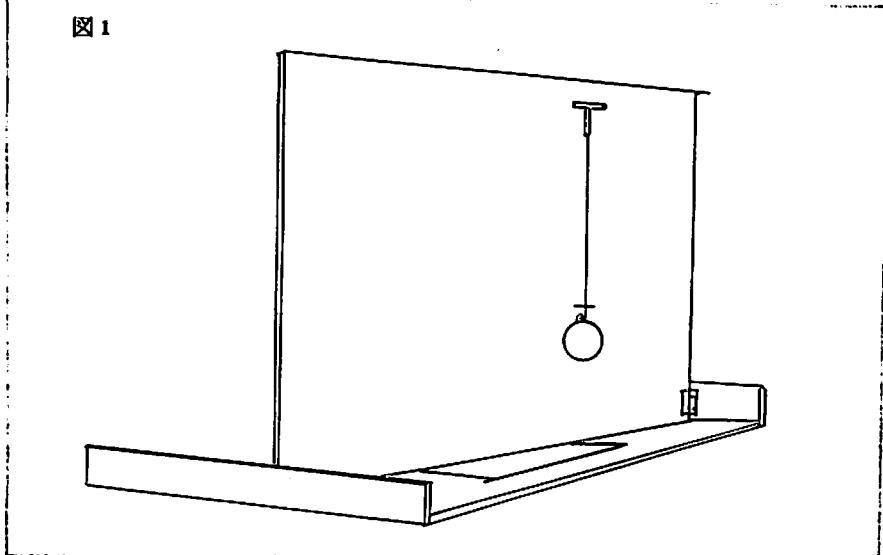
古小牧南高等学校 中 橋 輝 昭

振り子の運動から重力による位置エネルギーの減少と、運動エネルギーの増加の関係を調べて、力学的エネルギーの保存をたしかめる方法は多くの教科書・実験書で扱われており、北理研の実験書編集委員会の調査でも、取り上げた

いと考えている先生が多いという。

力学的エネルギー保存則が理科Ⅰで取り扱うことになったのを機会に、割合手に入りやすい材料を用いての自作装置を試作した。

図 1



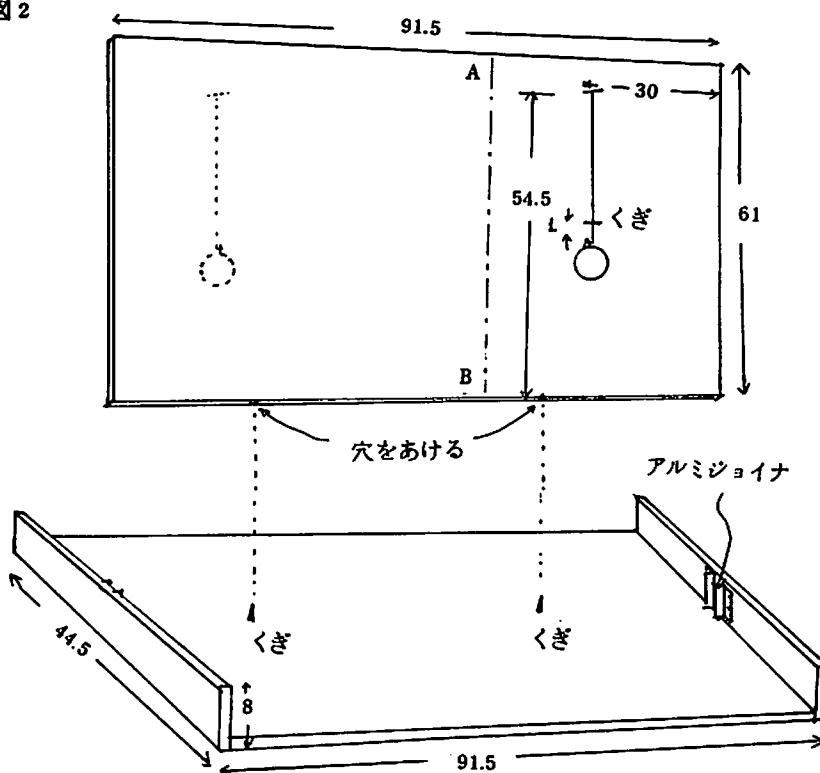
1. 実験装置の製作

(1) 装置の概要は図1の通りである。実験板は合板（厚さ19mm）を用いてある。図には示していないが、裏面も全く同様になっている。従って、この装置で2グループの生徒が同時に実験できる。寸法は図2の通りである。尚、この

装置は使用しないときは実験板と台とが取りはずし可能になっているが、特にその必要がなければ木ネジ等で固定してもさしつかえない。又材料が豊富にあり、1グループに1台ずつ製作するのであれば、図2のA-Bで切断したもの

を用いた方が実験もやりやすい。

図2



(2) 振り子の針金（自転車用スポーク、約31cmのもの、ナット付、他に28cm、21cm等がある）ねじになっていない方の先をペンチ等で切って、L字形の金具にする。大抵のものはそれで使用できる。実験板に取りつけて球が落ちるときはペンチ等で調整するが、余り強く曲げない方が良い。又、切り口がフックにひっかかるときは、ヤスリで角を落とす。

ナットは図3のように模型用接着剤（ボンドクリックセット）でボールペンの軸にとりつける。金属性の手ごろな筒があれば、半田付の方が良い。このねじで長さを5mm程度調整できる

のも便利である。又、スポークは何種もの長さがあるので、実験班によって変えてみることもできるが、この場合はストッパーの釘の位置を変えなければならない。

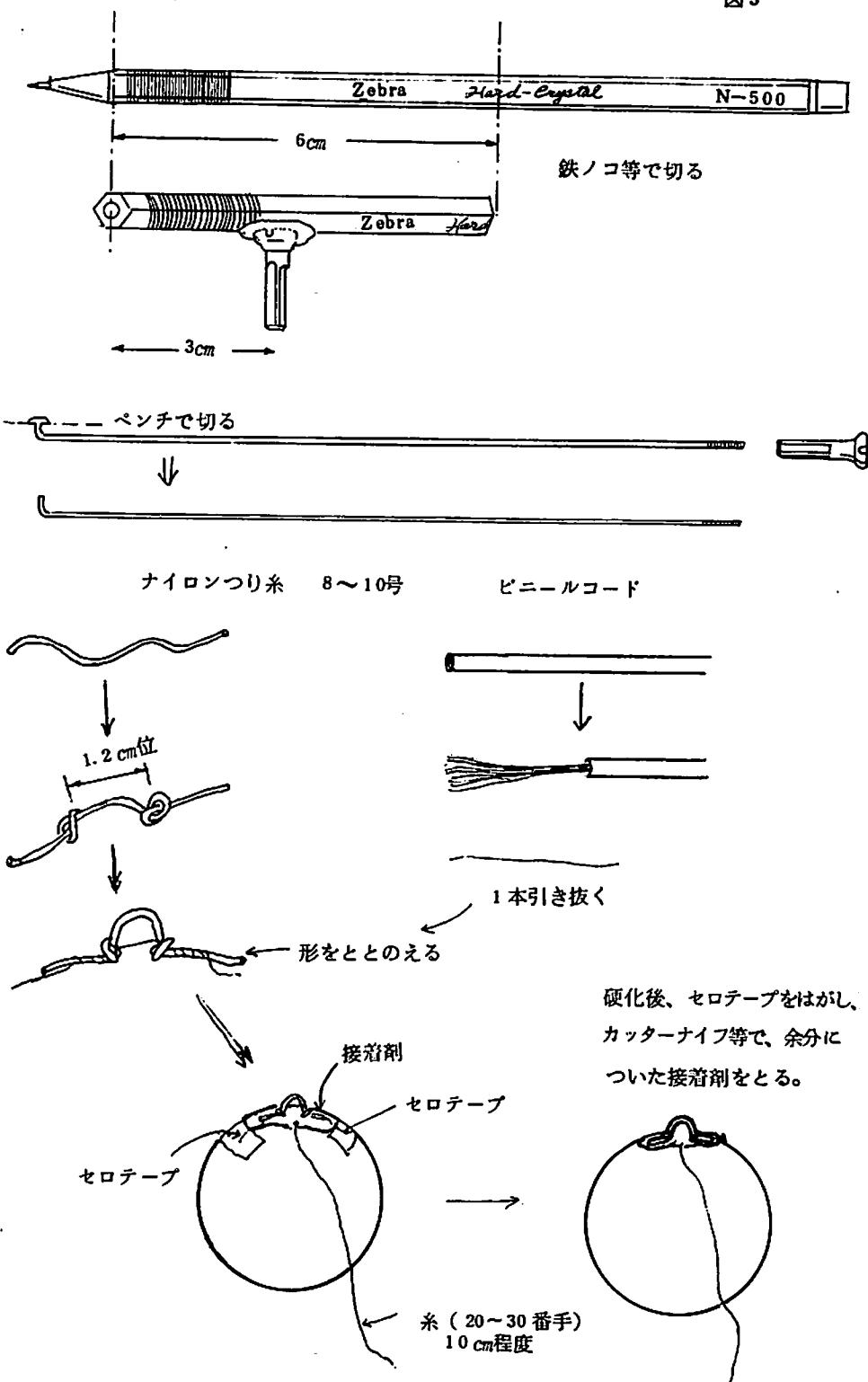
(3) おもり（球）について

図3の要領で作る。球は「島津」の^株衝突球を利用した。接着剤はナイフ等で削り取れるので、余分についた分や、不要になったときは削り取ることができる。フックにナイロンを用いたのは、①すべりが良いこと、②もし、フックから

球 PA-100 直径32mm、7個入り

ふり子のつくり方

図3

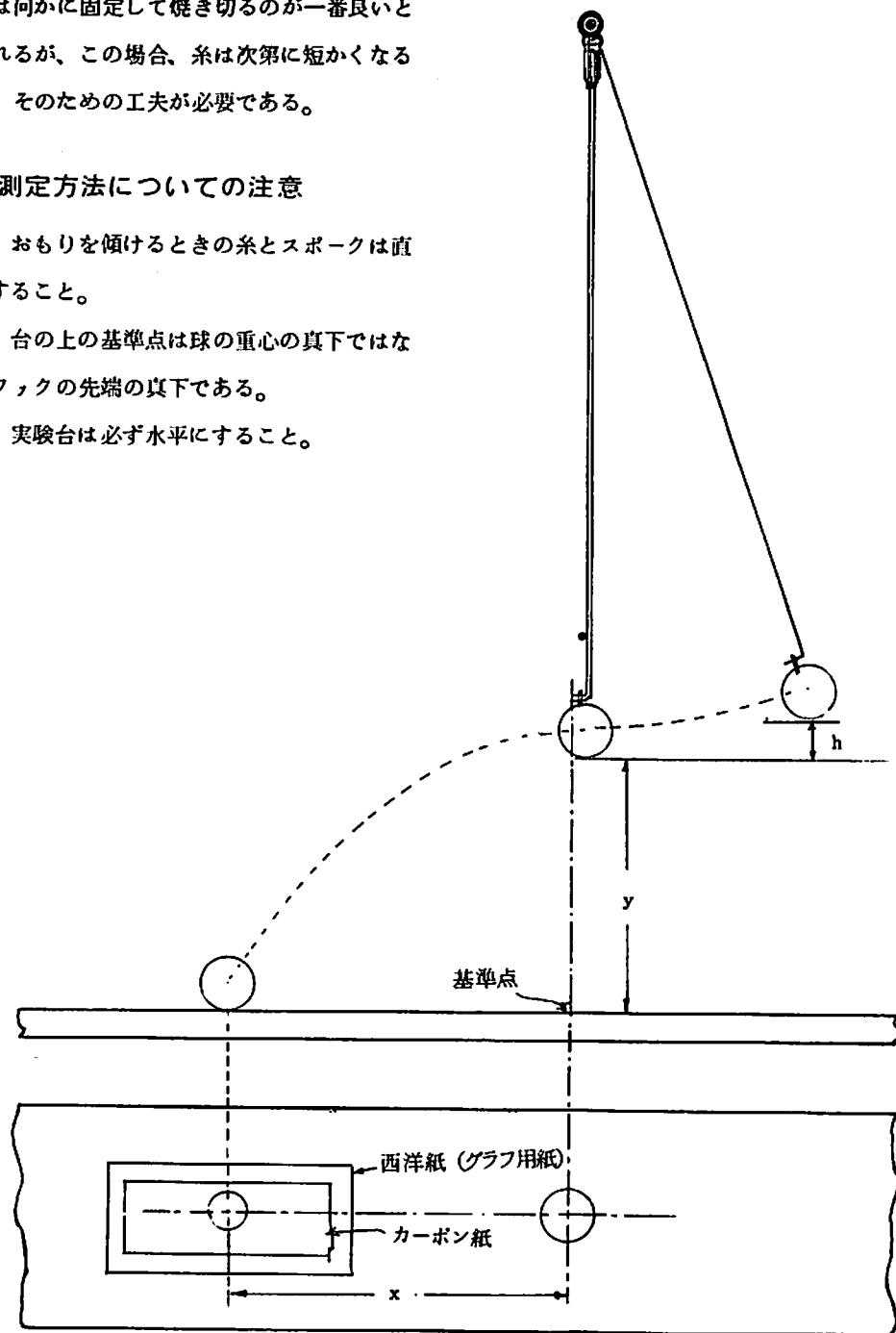


台に落ちたときも針金のように曲がったままにならないことを考えた。また、球を傾けるときの糸は何かに固定して焼き切るのが一番良いと思われるが、この場合、糸は次第に短かくなるので、そのための工夫が必要である。

図 4

2. 測定方法についての注意

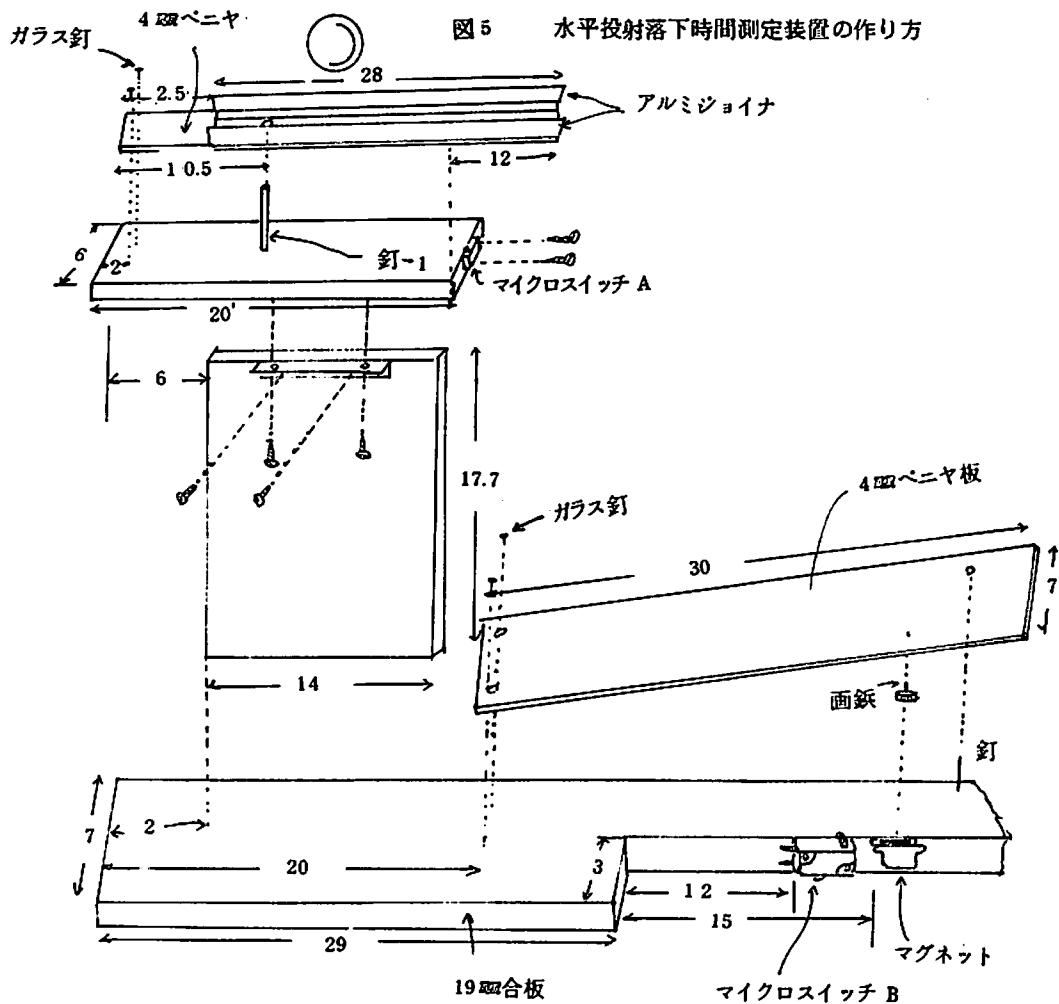
- (1) おもりを傾けるときの糸とスポークは直角にすること。
- (2) 台の上の基準点は球の重心の真下ではなく、フックの先端の真下である。
- (3) 実験台は必ず水平にすること。



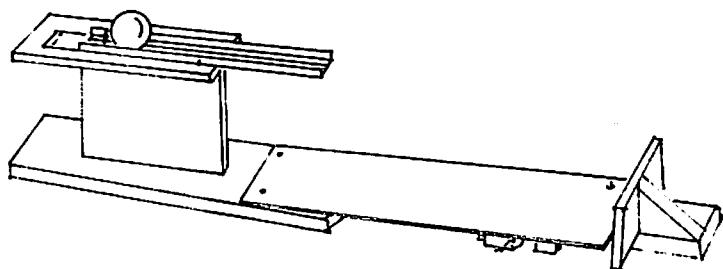
3. 水平投射時の落下時間測定装置

本実験について水準投射について、十分な知識がない生徒にとっては非常にわかりにくい

実験であるので演示用として、図5のような装置を製作した。



* 単位の記入ないものはcm



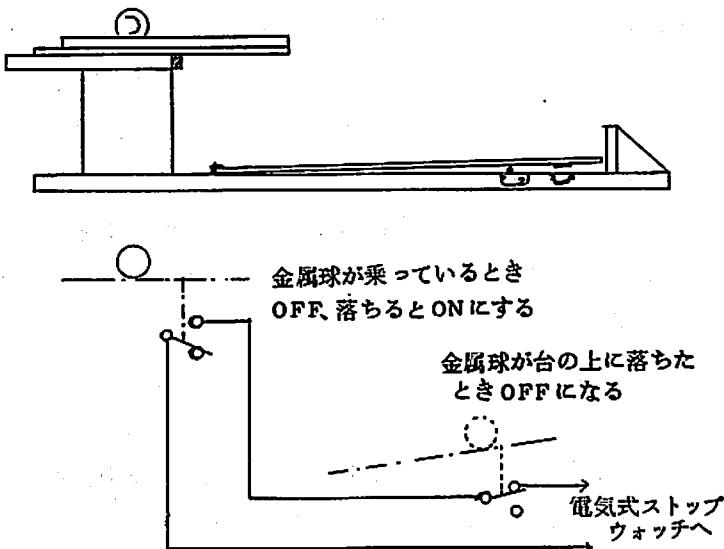
○ 装置の調整その他

(1) 上部の台に金属球をのせたとき、マイクロスイッチ A は OFF に、ころがして、台か球が落下すると、スイッチのスプリングでレールが上がり、ON になるようとする。

(2) 下部の台のマイクロスイッチ B のスプリングでベニヤ板を押し上げて ON の状態にある。球が落下したときの力でスイッチは OFF になる。このままだと又 ON になるので、マグネット

で固定してしまう。ベニヤ板の方の鉄片は画鋲でよい。この A、B 2 個のスイッチを直列にし、電気式ストップウォッチに接続する。マイクロスイッチは同じものでもよいが、できれば A はスプリングの強いもの、B は弱い方が調整しやすい。結線の仕方は図 6 に示す。

図 6



授業書方式による熱力学とエネルギー保存則の指導

北星学園余市高等学校 一戸 弘利

<はじめに>

1981年11月14日の読売新聞の記事に札幌のある公立高校の生徒の実態調査が報告されていた。それによると、まず学習面で一番多い悩みは、「家庭で計画的な学習が出来ない」というもので全学年男女を通じ、75%～80%が訴えている。次いで「授業内容が理解出来ない」が平均76%となっていて、在学年数が少い程この悩みは多く、1年生の女子では実に84%の高率を示している。今やこの傾向は広がりつつあるし、特に公立高校受験に失敗して入学して来る私立高校（特に本校の様な過疎地の私学では）では大きな悩みとなっている。彼等は中学時代わからないままにすこし、そのまま私学に来たのであり、「勉強しようとしても、何をどうやって良いのか全くわからない、従ってあきらめる」というのが現状なのである。特に物理・数学・英語の各科目に顕著に表われているのである。この様な現状をいかに回復するか？

¹⁾ 例えば、数学を勉強している時、本に書いてある事、いくつかの公理から出発していろいろな結論を証明して、それをもって大きな体系を組み立てて行く、その各段階の論理の展開はすっきりわかっても、全体的に一向に理解したという気持ちの起らない事がある。つまり個々の定理の証明などが一つ一つわかっていても、全

体系を作り上げるのに何故そういう定理が一つ一つ、そういう順序でつみ上げなければならぬか、そういう点までわからなければ結局勉強はものにならない、という。

物理においてはどうだろうか？物理学は数学と異り、数字の計算で事をすませないのであり、まず現象をみつめなければならず、それ故に正しい分析力・認識力が必要である。つまり「正しい科学的基礎概念」が必要である。私の目ざすものは、物理を物理として理解するための、正しい基礎概念をすべての子供達に習得させ²⁾「生徒自身自分の頭で考え、自分自身の判断によって現象を認識しながら授業に参加する」という授業形態を実践することである。そのための³⁾方法が授業書方式の授業であり、北大教育学部・教授方法研究室と協同研究の中で生れたものである。この方式によって「熱力学」を指導する中でエネルギー則を指導するものである。

1. 授業構成と視点⁴⁾

熱力学は他の分野（力学・電磁気学）と異った特徴をもっている。つまり複数のマクロな系同志が相互作用（熱的・機械的・化学的）する時の状態の変化の仕方を扱う中で新たな「熱平衡状態」が定義され、これを基底にして、「古典熱力学」が出来上っている。そしてその系が

連結し合う時こそそこにはエネルギーの流れが一方向に生じて行くことが本質的であり、これを「内部エネルギー」及び「エントロピー」[※]という二つの状態量で規定していくものである。

この事を分子論的な立場で考えて行くと、ブラウン運動に端的に表われているように、熱的な量は必ずしも常に平均値な値を維持するとは限らず、その量は平均値のまわりで常に変化している。熱力学を歴史的成立過程の中でみると、カルノーにその源を発し、マイヤー、ヘルムホルツを経て、クラウジウスによって、第1法則及び第2法則として定式化された。そしてこの第1及び第2法則は、それぞれ、「第1種あるいは第2種の永久機関不能の原理」と表現することが出来る。同時にまた永久機関の研究は、「エネルギー保存則」の基礎になっていることである。特にカルノーの場合は、「第2法則」を尊くのに指導的役割を果している。これらの事を考えると次の様な授業構成の視点が出て来る。

＜視点1＞ 永久機関を媒介として、エネルギーの相互転化と保存の法則（第1法則）及び熱力学第2法則を指導する。

＜視点2＞ 温度差（温度勾配）のある時、そこには必ずエネルギーの流れが生じる（最終的には平衡状態に達する）

＜視点3＞ ブラウン運動における「ゆらぎ」はミクロとマクロの橋渡しであり、熱的過程（平衡状態を形成する過程）の動因である。よって、ミクロとマクロの間のエネル

ギーの相互転化を考える時には、この「ゆらぎ」を基礎にする必要がある。

2. 全体構成と授業展開

(1) 授業書は全体2部8章構成とする。

第I部 第1種永久機関とエネルギー則

(1) 第1種永久機関

(2) 自然認識の武器としての永久機関不可能の原理

(3) 諸現象の相互転化とエネルギー則

第II部 エネルギーの散逸と集中

(4) ブラウン運動

(5) 微視的世界と巨視的世界

熱力学第1法則と内部エネルギー

(6) ミクロからマクロへのエネルギーの転化
— エネルギーの集中 —

(7) ミクロからマクロへのエネルギーの転化
— エネルギーの散逸 —

(8) 热力学第2法則

— 第2種永久機関 —

(9) 授業展開のポイント

次ページ左図のような永久機関を示し全体で考えそして実験する。

またガリレオの永久運動否定論を認識するため右図の実験を行う。

そしてこの永久機関不可能の原理は人類が自然を認識をしていく上で重要な武器となったこと。またこの原理はエネルギー原理を発見する上で有力な源泉になって行った事を認識させる。

さらにエネルギー保存則へと進む前にブラウン運動を通してミクロのレベルへと入って行き

※「エントロピー」は今回取り扱っていない。

図1-2 筋を使った簡単な永久機関

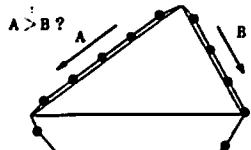
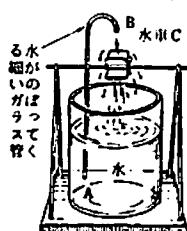


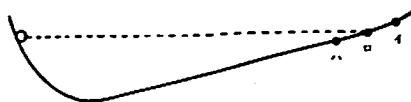
図1-3 毛細管水車



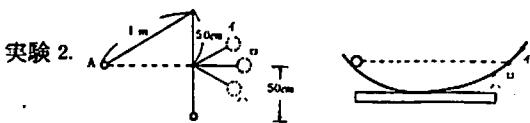
上図1-2, 1-3

は共に実験する。

実験1.



実験2.

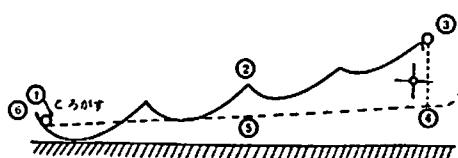


＜ガリレイの永久運動否定論＞

もしも最初の位置より高く上がる「スベリ台」があると、その「スベリ台」を使って、物体をたどりま



らすだけで高いところに持ち上げることができ、永久機関ができる（下図参照）。



そこから温度、熱を改めて問い合わせる。つまりブラン運動の原因は何かを問い合わせ実験を通して熱力学の第1法則（エネルギー保存則）を導くわけである。

次頁実験より $\Delta U = Q + W$ ($W < 0$)

この実験の応用として「氷と水の入ったビーカーをあたためた時の温度上昇」の事を $\Delta U = Q + W$ にもとづいて考えさせ、さらに実験をやり、内部エネルギーを具体的な現象を通して把握させる。さらに表面張力実験（シリーバネばかりを用いる）をやり、「内部エネルギーは、分子の持つ位置エネルギーと運動エネルギーの総和である」と結論する。また(6)のエネルギーの集中の部分は温度差が必要であることを認識させるために、質問・予想・討論の形を強調し

て「熱電対」と「ファインマン」のゴム車輪の実験を行う。この時の生徒のおどろきが印象的であったし生き生きとしていた。

その他紙数の関係で省略するが、拡散の問題さらに比熱の問題を取り上げて、実験を通して $Q = mC\Delta T$ を理解させ、熱と温度の区別をする。そして第2法則へと導いて行く。

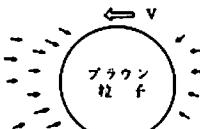
この部分は「マクスウェルのデーモン」を授業の中で上げて考えさせた。それにもとづいて、「第2種永久機関を作ることは、分子のゆらぎのため不可能である」ことを理解させる。総数

※ 詳細は、昭和55年度「北海道私学教育研究協会紀要第51号『授業書方式による熱力学の授業実践について』及び1981年『北海道の教育』を参照のこと。

授業例を上げる

(a) 飛びブラウン運動の原因について

(1)で学んだ事を基本にして、ブラウン粒子に分子が衝突する事についてミクロのレベルで検討する（「ゆらぎ」の実験的把握）

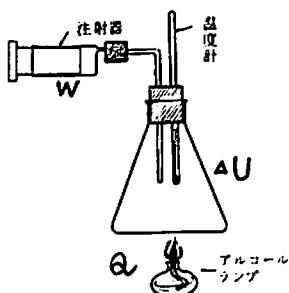


「ブラウン粒子が走ると向かう方向の分子の衝突の方が多い」

右の図を用いてブラウン運動と、物質の分子運動を実体的に把握する。

(b) 热力学第1法則と内部エネルギー

(3)で学んだ「エネルギーの相互転化と保存の法則」は、マクロとミクロの世界にいかに適用されるかを勉強する事をまず最初に明らかにする。



上の様な実験装置を作り、予想、討論、実験を行う中で、「熱力学第1法則」を導いて行く。

96 ページを約 20 時間で終えた。

(c) 授業方式の授業方法

ここで授業の方法にふれておきたい。

この授業の進め方は計画に従って授業時間の時だけプリント（西洋紙半分のもの）一枚一枚（一度に全部は配布しない）配り、それを終えたら次のプリントというふうに進めて行くので生徒はプリントを順次ファイルしていくが、次のプリントは何が来るかは知らない。そしてそのプリントに伴う内容は「教えることの中味

が順次修得されて行く

様に構成されている」

これは次の 6 つの事で成り立っている。

(1) 設問

(2) 予想…選択肢あり、予想人数を確認する。

(3) 予想の根拠及び理由を出し合う。

(4) 討論…この討論で自分の予想を変更してもよい。

(5) 実験して結論を出す。実験不可能の場合は資料を出す。

(6) 解説を学習する。こうして自分の判断を科学的に解明していくのである。生徒は無理なく考え、そして他人の意見をきいて、自

分の頭で考えて結論を出せるようになっているのも特徴の一つである。

3. 実践の記録とその反響

この実践は北大教育学部、教育方法学の先生達と共同研究の中で生れたものである。今から三年前に朝日新聞（1979年7月、朝刊）にもとりあげられた。その後三年間に渡って実践が行われている。その中で当の生徒はどういう反応をしているか、次の表を見てみると、その

		3 A		3 B		3 C		合計
		男	女	男	女	男	女	
物理に対する好感度合	○	0(7)	0(4)	1(14)	0(6)	1(6)	0(1)	2(38)
	△	9(18)	3(19)	11(11)	2(19)	7(19)	2(19)	34(105)
	×	16(0)	22(2)	14(1)	23(1)	18(1)	23(4)	116(92)
	?	0(0)	0(0)	0(0)	1(0)	0(0)	0(1)	1(1)
数学は入数	タ × → ×	3	2	8	6	3	1	23
	イ × → △	13	18	5	17	15	17	85
	フ I △ → ×	4	2	5	0	3	0	14
	計	20	22	18	23	21	28	122
授業書の評価	タ × → ×	0	2	1	0	1	4	8
	イ △ → △	5	1	6	2	3	2	19
	フ I △ → ×	0	0	1	0	0	0	1
	計	5	3	8	2	4	6	28
不明	タイプⅠ	0	0	0	0	1	0	1
	△ → ×	0	0	0	0	1	0	1
	不明	0	0	0	1	0	1	2
	授業書	○	25	25		24	25	25
評価	評議会へ	0	0	0	0	0	0	0
	個人	?	0	0	0	2	1	0
	全体	○	20	22	23	26	22	23
	評議会	?	1	1	2	0	3	1
授業書の評価	評議会	?	1	2	1	0	1	6

(注) 判定の項の数字は授業書を使用する前と後の生徒の人数を示す。但し()内は授業者の使用後の人数である。

○印は物理が好きである。
×印はやらないである。
△印は普通である。

(1979.11.29実験による)

効果が表われているのがわかると思う。

ね……。

大部分の生徒が、物理という科目を見なおしているのがわかると思う。次に生徒の感想文を原文のままその一部をのせよう。表現こそ異っているが全体的には多数者の代表意見と考えてさしつかえないものである。

(男)

授業書を使ってからは、普段物理ときいていやな感じもしなくなったりし、教科書より内容も深く、おぼえやすいので続けた方がよい。それに教科書でおしえないことも教えてくれ

(男)

非常にむずかしいこと（今までそう考えていた）がこんなに楽しく考えられるとは今まで思ってもみなかつた……

(女)

この授業書を使うと今までむずかしいとあきらめていた物理もわかりやすく、楽しみながら学んでこれました。これだけ厚いものを全部憶えられないけど、ある程度わかったつもりです。今の私にはこういう事があるかと

るし……。

(女)

大変わかりやすく、自分で納得のいく勉強が出来て毎時間楽しみにしている。それはまず自分の頭で考え方をのべることが出来るし他人の意見もきけて間違っているかどうかも目で確かめられる……。

(男)

実験することによりはっきりする……。

(女)

ブラウン運動の実験によって、温度を上げるとブラウン運動が激しくなる。この事から熱そのものは分子運動と関係しているのです

理解することで精一ぱいです。だから私なんて、物理の授業の時は一番に教室にかけ込んでいくんですよ!! 大してわからないけど、いくぶん物理が好きになりました……

(女)

自分達が普段生活している中で身近かなことでいろいろ物理の元になっていることがたくさんあるのだと思った。もとをただせば全部物理の法則で出来ていると思った……

以上紙数の関係で省略するが、大部分の生徒はこの方式を評価している様であり、この形式の授業は彼等生徒にとっても有益であると思われる。

以上の生徒の感想文に対して共同研究者の一人である若菜博先生（現、教育大学岩見沢分校）は、次のように述べている。「上の引用文は決して特殊なものでなく、他の多くの感想も物理の見方が変った。常識がくつがえされたことにふれている。これらのが可能であるのは教育内容として高い水準の科学の概念・法則が設定されており、教材もそれらの概念・法則の認識過程に合致するように選択及び編成されていること、そしてさらには高い水準の科学にはもともと自己実現、自己形成の契機が内包されているからである。この事情は芸術や、体育についても同じであると思う……。」

今回の授業実践は、あくまでも「正しい科学的基礎概念」を習得させるためのものであり、「科学を理解する」出発点である。私は今後高校の授業が眞に生徒のものとなる様いろいろな分野を研究したいと考えている。

文 献

- 1) 朝永振一郎著作集 1. 「鳥獣戯画」 P 64
数学がわかるとはどういうことか。
- 2) 「完全習得を目指す教育方法の開発に関する実証的研究」（北大教育学部 S 56 年）
- 3) 「北大教育学部紀要」 (16 25. 1975)
教授学研究ノート、高村泰雄著
- 4) 参考文献 (視点構成を含んだ)
「熱学の諸原理」 (東海大出版)

高田沢、マツハ著

「熱機関の研究」 (みすず書房)

S. カルノー 広重徹訳 1973.

「熱学史」 (日本科学社 昭和 23.) 高林武彦著
「物理学とは何だろ」 (岩波新書) 朝永振一郎
「世界の名著 65」 (中央公論社) 湯川外編
「エネルギーの物理学」 (河出書房新社)

砂川重信

「完全習得を目指す教育方法の開発に関する実証的研究」

(北大教育、代表研究者 鈴木秀一)

- 5) 岩波書店「ファインマン物理学」のⅡ巻
256 ページ参照 (富山小太郎訳)

エネルギーとは何か？

北海道大学工学部 北村正直

「エネルギーとは何か？」というのは、 Feynman の物理学の教科書の第1巻の一つの section の題である。この中で彼は「いたづらっ子のデニス」（1960年代のテレビ番組）の積木の数が一定あることを母親がどの様にして計算して確かめるかという場面を考え出して、それを例としてエネルギーを説明している。 Feynman のこの説明は多くの議論を誘起した。 認否共にあったが、批判的な論でも、単にこの様な例え話しさは、それ自身がエネルギーそのものであるかの印象を生徒に与え誤解を生むという様な、教育的立場のものであり、彼の主張に対する批判ではなかった。 Feynman はここで、エネルギーとは抽象的な概念であることを強調しているのである。

高校物理の参考書に、また物理教育の研究報告に、力学の問題を「エネルギーを利用して解く方法」の利点が述べられているのをよく目にする。確かにこの方法は問題を解く近道である。しかし、この方法は、エネルギー概念をしっかりと生徒にたたきこんでから紹介すべきものであると私は考えている。その理由は、エネルギーとは、質量・長さ・速度などの物理量と異なり、我々が、つくりあげた概念であるからである。このエネルギーを理論の中のブラック・ボックスの如くあつかってはならない。力学の問

題はやはり、最初は力と、運動方程式から出発し、ステップを踏んで、各ステップごとに物理的情况を思いうかべながら解くことが教育的に大切である。またこの様な経験をすることにより生徒は、エネルギー概念を正しく把握することができる様になる。

力学とは物体の運動と力との関係を学ぶ学問である。すなわち、ある与えられた力のもとで物体の位置が時間的にどの様に変化するかを調べる学問である。エネルギーとは、この様な変化の中で変化しない量である（運動常数、または運動の恒量）。この様に変化しない量であるために、これを利用するのが便利であるという立場がでてくるのであるが、この運動の恒量がなぜ恒量であるかを生徒は、はじめは繰返し体験する必要がある。これは物理学の理論体系の性格、ひいては科学そのものの性格を正しく理解するためにも必要なことである。

エネルギー危機、太陽エネルギー、原子エネルギー等々、エネルギーという言葉は我々の日常の言葉となっている。小学校の児童もエネルギーという言葉でおじけづくこともない。しかし、それが故にかえって、物理においてエネルギー概念をあらためて科学的に正しく学ぼうとする姿勢にかけている。私はかって一般物理学の試験で、物理学にでてくる20位の概念を、中

学校2年生が理解できる言葉で定義を与える問題を出したことがある。結果は惨めなものであった。平均2割の成績であった。エネルギー原理を用いて力学の問題をいとも簡単に解くことのできる学生でも、エネルギーとは何かと聞かれると答えられないものである。物理系以外の学生は、何も難かしい力学の問題を解くことはできなくともよい。しかし、大学教育を受けた人間として、エネルギーとは何かという問い合わせに答えられないことは、ペートーベンも、森鷗外も知らぬことと同様に恥かしいことである。まして、理系の学生ならば、おもてをあげられぬ程恥かしいことである。

一般論はこの位にしておいて、実際の教育に話をすすめよう。先づ、重力のもとにおける物体の運動を考えよう。簡単のため一定の重力のもとで垂直方向にのみ動く物体とする。このときの運動方程式、 $m\ddot{z} = -mg$ を解くと、

$$z = -\frac{1}{2}gt^2 + \dot{z}_0 t + z_0$$

また、 $\dot{z} = -gt + \dot{z}_0$ より $gt = \dot{z}_0 - \dot{z}$ を求めてこれを、 z の t に代入すると、

$$(\frac{1}{2})\dot{z}^2 + gz = (\frac{1}{2})\dot{z}_0^2 + g z_0 \quad \text{が得られる。}$$

このことを示したうえで、重力のなした仕事が、運動エネルギーと呼ばれる量（これも、講義の中で定義として与える、または概念の構成をする）の増加となってあらわれる。すなわち

$$mg(z - z_0) = \frac{1}{2}m(\dot{z}^2 - \dot{z}_0^2)$$

これは上の式と全く同じものであることを示し、 $\frac{1}{2}m\dot{z}^2 + mgz = E$ なる量は運動の間中不变であることを理解させる。この様に運動エネルギー、 $\frac{1}{2}m\dot{z}^2$ とポテンシャル・エネルギー $-mgz$ なる概念を導入すると、その和は不变である。

この様な不变量は、何か自然界の大切な実体に対応していると考えてよいであろう。この何かをエネルギーと我々は呼んでいるのである。そしてこのエネルギーなる量は、自然の理解に非常に便利な概念であり、従ってまた、実用上も非常に有益な概念である。ボアンカレーは、科学と仮説の中で、「質量は非常に便利な概念であり、いつまでも便利な概念でありつづけるであろう。」といっている。私はこの質量という言葉をエネルギーという言葉でおきかえて学生につたえ、エネルギー概念の最初の導入の講義を結ぶのが常である。

Science in Society Projectについて

北海道教育大学旭川分校 諸 橋 清 一

世界各国の新しい科学教育プロジェクトの紹介が次々になされて、一時は応接に暇がない程であったが、最近はいくらか落ち着いた状況ではなかろうか。科学教育には初等教育から大学教育まで幅広いエリアがあり、各国の研究者グループや団体が、その国の実状に合わせてそれぞれ開発したカリキュラムを、受け手が何らの目標や視点を持たずに競ってその紹介に努めることは百害とは言わないまでも現場の教師には、特に真面目に科学教育の在り方を模索している人達にとっては、時によっては混乱の種をまくことになるのではないかと、私はかねがね考えている。

一つの新しい科学教育プロジェクトを、上の事情を知って尚紹介するという以上はそれなりの必然性が要求されるであろう。一昨年の秋アメリカとイギリスを短期間、大学教育に視点を定めて廻って来たが、その狙いの一つはイギリスの大学の理工学部向けの S I S C O N Project を調査することにあった。当事国に出発する前に東京のブリティッシュ・カウンシルでいただいた資料に Science in Society Project のそれがあった。イギリスに渡ってリーズ大学にシンクン・プロジェクトのディレクターのウイリアムズ教授を訪問し、その折科

学教育のレイトン教授に引き合わされた。リーズ大学以後の私の希望する訪問先のレスター大学とウスター・カレッジに関してレイトン教授に親切にアドバイスをしていただき、特にウスターに行ったら郊外にあるモールバンを是非訪れるようにと示唆され、ウスター・カレッジを訪問した際、彼の助言があったとみえ、一日モールバン・カレッジ訪問のスケジュールを作っていました。

正直なところ、私自身の最初の目論見はシンクン・プロジェクトに主眼点をおき、短い滞在期間にあまり欲ばった目標を持たないことにした。モールバン・カレッジには実は Science in Society Project のディレクターの John L. Lewis が居られることを初めて知った程の呑気さであった。イギリスの典型的なパブリックスクールで丘の上に建つ石造りの歴史を感じさせるモールバンの校舎に足を踏み入れたその時から、いかにも落ち着いて勉強できる雰囲気にすっかり心を打たれた。初対面のルイス教授が心よく会っていただき、プロジェクトの狙いを声を大にして熱情的に話されたのが印象的であった。

彼が力を入れて私に説いた点は、最近の青少年の自然科学離れの傾向を憂い、自然科学の急

激な進歩が若い人達には悪と受けとられている面がある。即ち物理学と聞けば原水爆弾を、化学と言えば汚染を思い浮かべ、生物学では遺伝子工学と直結し、自然科学と技術は悪魔と手を結ぶかの如く嫌惡する傾向があり、科学と技術の社会における役割りを正しく評価する姿勢が足りない……そのような理由から、科学・技術と社会との関連を正しく理解させるために、このプロジェクトを考えたと話された。

ルイス教授の熱心なとりくみがあってこのプロジェクトは完成されたものと思う。プロジェクトのマテリアルとして教師用のガイドブックと生徒用の読本が12冊発行されている。この生徒用の読本の原稿執筆には沢山の人達が協力しているが、ルイス教授の言によると、相当叱咤されて集められたようで、原稿料はそんなに払っていないと笑って話された。ルイス教授だからこそそのような事ができたのであろう。

このプロジェクトの資金として沢山の企業や財団がバックアップしているが、日本ではこのように大規模で且現場の学校が協力してその試行に加わるというようなプロジェクトは仲々実施できず、精々文部省の科研費で狭い範囲と小規模で実施されるのが現状であると私が説明したら、彼は日立やソニー等の企業は金を出さないのかと問い合わせられた。

私のこのプロジェクトに関する認識はこの程度のものであった。帰国後早速、プロジェクトのマテリアルである教師用のガイドブックと生徒用の読本をとり寄せ、その内容を研究した結果私なりの評価が一応できたので今回紹介することにした。始めにお断りしたように、この新

しいプロジェクトが、我が国の科学教育の在り方に益するものがないとするなら、その内容について言及する必然性は認められぬ訳であるが、新指導要領で発足する高等学校の理科と大学教育の場での一般教育の充実やその本来的意義について問題を提起するものと考えるので、この度御紹介をする次第である。

I. プロジェクト（コース）の概観

このプロジェクト（コース）の内容を理解するために、教師用ガイドブック（256頁）と12冊からなる生徒用読本（総計832頁）を読んでいただく訳にはいくまい。幸い出版元の宣伝パンフレットがあるので、それをそのまま訳出することにする。

コースの目標

このプロジェクトは学生・生徒達に、イ) 我々の日常の生活での科学の役割りをより良く理解するために、ロ) 技術にかかる政策(決定)を理解するために、ハ) 科学と技術の革新について健全な批判力をつけるためにつくられたものである。

以上の狙いから学生・生徒達に、イ) 自然について理解をし、科学的知識の限界を認識すること、ロ) 科学的知識の利用は人間社会と自然環境にとって有益にも有害にもなることを認識し、ハ) 地球の資源は有限であることに気づかせ、ニ) ある事柄に関連するいろいろな角度からの考察から合理的な決定をする能力が大事なこと、及びその能力を増進せねばならぬこと、ホ) 決定をする際には人間道徳に反することのないようにする等の理解力を与えることに、こ

のコースの目標が存する。

コースの利用方法

このコースは文科系・理科系の両グループに等しく利用されてよいものである。理科系の人達には彼等の問題の適用やかかわりにより深い思考と観点を広げるのに有益であり、文科系の人達にはこの世で科学の重要性について正当に評価をし、科学をよりよく理解しようとする意欲を持たせることに役立つであろう。

このコースを選んだ学生は、書かれた資料より評価をし理解する能力を増すことができ、ディスカッションすることを習い他人との論議に慣れ、自分達の考えをお互いに述べ合うことによる自信を得るようになるのであろう。

このプロジェクトにはすべての分野の教師、科学系や人文系や技術系の教師が参加できる。純粹科学を学んできた理科の教師達にも学校での授業で関連する分野の授業を持つ助けにもなる。

このコースの適用される主な分野としては、secondary school の第6年次で General study のコースとして、Aレベルの補助として、(日本で言えば) 専修学校での一般教養として、教師養成コース(日本では教育大学)の一助として、更には成人教育の資料として考えられる。又オックスフォード委員会による A O レベルの試験や G C E の試験にも適用され得るものである。

コースの内容

このコースは次にあげる9部門のユニットから構成されている。(教師用のガイドブック)

(1) イントロダクション

1. 健康と医学(今日の医学、予防か治療か、世界の医学、トピックス)
2. 人口問題(イギリスの人口統計、生物学的人口増大、世界の人口統計、人口問題の力学、バスコントロール、人口政策)
3. 食糧と農業(世界の食糧供給、食糧とは何か、食糧生産の歴史、生態学と食糧生産、農業におけるエネルギー、農業と環境、生産工程、パッケージと分配、代替食糧、世界の食糧供給)
4. エネルギー(イントロダクション、世界のエネルギー、エネルギー需要、家庭のエネルギー、エネルギー資源)
5. 鉱物資源(建設産業用資源、産業用螢石、ごみ箱プロジェクト、金属鉱物、資源と維持)
6. 事実(事実とは何か、社会的背景と認識の発展、不確実性と信頼度、事実の表現)
7. 経済と産業(産業と経済、産業界の人々、方策の決定、産業の社会的責任)
8. 資源としての水と土地(土地資源、水資源)
9. 未来を目指して(指指数函数的増大、成長の限界、技術・科学と方策決定、20世紀の戦争、マイクロプロセッサーの衝撃、生活の質)

コースを利用する教師と学生

1976年より4年間に亘って50以上の学校やカレッジで試行されて来たもので、現場の教師からのフィードバックされた意見を盛り入れて手直しがなされた。読本等の資料は16~20才までの学生を念頭において書かれたが、成人教

育にも有效地に利用されるであろう。

A O レベルの試験に至るコースとしてこのプロジェクトが利用され、1年間で終了するのであれば、週3回の授業が割り当てられるものであろう。

はじめに述べたように、殆どすべての教師がこのコースを教えることができるが、試行した学校では物理・化学・生物・歴史や地理の教師達がとりくんだ。文化系と理科系の教師が協力して実施するのも面白い試みと思われる。数人の教師がチームをくんでするのも良いが、最も成功したのは理科の教師が一人で受け持ち、援助の手をのべる仲間に適宜参加してもらって実施した例であろう。学生は指定された読本を利用し、教師はガイドブックの他に参考資料を使用すべきで、ガイドブックの中で適宜資料を紹介してあるので目を通してもらいたい。

学生用読本

Aからしまで全部で12冊からなり、その中BとLの読本が96頁で、残りの10冊は各冊64頁からなる小冊子である。その内容は、A) 病気と医者 B) 人口問題と健康 C) 医学と保健 D) 農業 E) 食料 F) エネルギー G) 鉱物資源 H) 工業：人間、金及びマネージメント I) 工業：組織と責務 J) 科学の性質 K) 科学と社会の発展 L) 未来を目指して… となっている。

教師用ガイドブック

256頁のガイドブックの内容は、先に“コースの内容”に述べられてある通りであって、失礼乍ら高校の先生方にはそんなに苦労されなくて中味の理解は容易である。教師用ガイド

ブックと12冊の学生用読本の合わせて832頁には数式は只の1行も見当らぬのが特色であろう。（尤も読本の中、2冊が未着なので断定するのは避けねばならぬが、多分残りの2冊にも見当らぬことであろう。）出版案内のパンフレットにはガイドブックは400頁とあるが、1981年に出版された初版は256頁である。その辺のいきさつは不明である。1976年より試行されてきた過程では、A4版のタイプ印刷のテキストが使用されてきており、今回始めて成書として本印刷になった次第である。カリキュラム開発の過程では試行が充分、現場でテストされるまでは本印刷にかかるべきではないとルイス教授が序言で述べているので販数が大幅に減ったのも、その辺に何等かの判断がなされたのであろうと思われる。パンフレットからこのプロジェクトの概略を紹介してきたが、昨年出版された成書の序言の中からだぶらないよう著者の考えを新たに説明することにしよう。イギリスの大学入学資格には、OレベルやAレベルの指定された教科での成績の一定以上の合格点をとることが要求されるが、Oレベルの代替科目たりうるA O レベルというものがあり（Alternative Ordinary level）、このSISプロジェクト（小生のつけた仮称であるが）は general studies（一般教育）で A O レベルの試験科目となりうるものである。然しこれはOレベルの科学関係の専門科目、即ち物理や化学の代替となるものではなく、科学の基礎知識の必要性は依然として要求されるものであることを力説している。

コースの履修スケジュール

イギリスの中等教育の制度では、日本の中学校と高等学校とをつないだ形で中学に相当する

期間が 5 年間で義務教育を終え、それから先は日本の高等学校に相当する sixth form (シックス・フォーム) という名の 2 年間の学業を終えて大学に進むことになる。イギリスの教育制度については、森嶋通夫氏の「イギリスと日本 — その教育と経済 —」(岩波新書) に大変丁寧に紹介されているので、是非読まれることをお勧めする。シックス・フォームの初めの 1 年間でこのコースを履修するものとすれば週 3 時間みる必要がある。他には第 2 学年で或は 2 年間通して実施する等の実施例がある。週 3 時間授業で 1 年間で終える場合に、物理・化学・生物の 3 人の教師がきづつ担当するという試行例もあるようだが、これは望ましい例ではなくて 1 人の教師が主として担当しトピックスに応じて適宜に他の教師の助力を得るという方が望ましいとしている。標準的な授業計画をあげると表のようになる。日本の大学の単位制度では通年 4 単位の科目は週 1 回 2 時間授業として 30 週をみているから、一般教育科目に相当するものと言えよう。高等学校では 1 時間授業を週 3 回で 3 時間行うとして 30 週で 90 時間ということになる。大学で週 1 回 2 時間授業を年 30 週やるとすれば、表の配当時間ではオーバーするので各单元を適宜圧縮すればよいであろう。全体を眺めて感じられることは、エネルギーと資源としての農業生産と鉱物資源の問題にウェイトをおいていることに気がつく。これは明らかにローマクラブの報告書の「成長の限界」の影響が大きいことが言えよう。イギリスと日本は

表 単元の配当

単元名	授業回数(時間)
イントロダクション	2
1. 健康と医学	6
2. 人口問題	6
3. 食糧と農業	14
4. 事実: 事実とは何か 認識の発達	1 3
不確実性と信頼度	1
事実の表現	2
5. エネルギー	18
6. 鉱物資源	12
7. 産業と経済	9
8. 土地と水	4
9. 未来を目指して	6
余備の時間	6
合計	90

国家としてその存立の条件がよく似ているが、この S I S プロジェクトに資源の限界という問題が特に強調されている背景としては、先に引用した森嶋氏の著書の続編である「統イギリスと日本 — その国民性と社会 —」を合わせて読んでいただくと、その間の事情がよく理解できよう。一つの新しい科学教育のプロジェクトが開発されるには、その国の社会的背景からくる幾多の問題と哲学がひそんでいるのだから、皮相的な解釈から表面的に理解して安易にそのプロジェクトを模倣することはつてしまなればならぬことであろう。

授業の形態

イギリスの大学の特色である Tutor (個人指

専教授)の制度は既に御存知と思うが、日本の高等学校や大学での講義のように教師の方でしゃべり放っしで、学生や生徒はひたすらノートをとるだけという授業は考えられない。学生は指定された文献を充分勉強して出席し、自分の力で理解してまとめたものを教授の前で発表しなければいけない。教授は発表の合い間に適当に示唆をしてやるか質問をするだけで、あくまで学生が勉強を自らやってくる建前になつてゐるからなまけるわけにはいかない。イギリスの中等教育の最後の2学年のシックスズ・フォームでの学び方は、日本でいえば高等学校の第3学年に相当すると考えてよいが、勉強の中味ははるかに専門的で我が国の大学1、2年の教養課程に相当するレベルであるといわれる。このSISプロジェクトには12冊の読本が用意されているから、学生は各単元の読本を読んで授業に望まねばならない。読本はあくまで教材であって教科書ではない。クラスルームでは教師の指導によって、提起された問題についてディスカッションをし、自分の意見を発表することが大事とされている。

クラスルームでのディスカッションを活発に行うために別に用意した“方策決定のためのシミュレーション”練習問題が8題作られているのが著しい特色であろう。その内容は、単元によって次のように準備されている。

1. マリムビアン 保健サービス プロジェクト (健康と医学)
2. 歯の保健 プロジェクト (同上)
3. ヒルトッピング プロジェクト (食糧と農業)
4. セントラルヒーティング プロジェクト

(エネルギー)

5. パウワーステーション プロジェクト (エネルギー)
6. 代替エネルギー プロジェクト (エネルギー)
7. ブエナフォトナ鉱物 プロジェクト (鉱物資源)
8. 官庁(政府)のアセスメント調査 プロジェクト

以上の8課題には生徒用に小冊子が用意されており(2の歯の保健についてはカードが作られている)、課題毎に別に用意してある教師用ガイドによって、丁度軍隊で参謀本部が行う図上演習のように、プロジェクトの目的にそって方策を決定するゲームである。(資料は未入手である。)

各プロジェクトの内容を簡単に説明すると、1)は南アフリカに仮空の開発途上国マリムビアンを設定し、不備な環境条件下でこの国の保健対策を設定することであり、2)は水道水に虫歯予防のために沸素を入れる方策の是非を論じさせ、3)はヒルトッピング地区的農場について、経営のための肝要な方針を見つけさせ、農場をとりまく環境条件にも注意し経済上の諸問題にも気づかせ、4)はセントラルヒーティングの経済的効率や断熱材料について考えさせ、各自の家庭の設備について見直し、更に学生達を三つのチームに分けて新しく家を建築する際に、セントラルヒーティングの設置を請負って設計をさせ、5)はエネルギー源として有効な燃料を使用し、効率のよい経済的に引きあうステーションを建設するプランを作成させ、6)はス

コットランド沖に仮空の島を設定し、代替エネルギーとしてビートやソーラエネルギー、風力、潮汐や水力使用の可能性を検討させ、7)は南北アメリカに仮空の国フェナフォトナを想定し、鉱物資源の石炭・銅・ウラン等を採掘して積み出すまでに、地質や技術上の問題と、経済的に資本の投資効果や開発に伴う汚染等広範な問題を考えさせ、8)は既に日本でも原子力発電所や火力発電所の設置について地方自治体がアセスメント条令を作成する時代になっているが、プロジェクトとしては新たに石油プラント建設の認下を求められた官庁が、関連する方面に問題点を周知させ可否を決める作業のシミュレーションを実施させるものである。

以上8課題のシミュレーション演習の内容を概略紹介したが、クラスルームで活発な討論をさせるといつても目標が明白にされていないと、何のテーマに関して議論すべきか迷うことを考えればいかにもイギリスらしい方法と感心せられる。日本の大学や高等学校の現状からすればかけ離れたシステムであろう。このようなシミュレーション実験或は演習・作業等は日本では企業で新入社員の研修に実施されているものであろう。

ディスカッションの方法

学生・生徒を2人又は4人一組とし、必要に応じて二組を一緒にチームとしてスポーツマンを決めて意見を出させる。教師は議長として討論を導きまとめる役割を果たすことになる。更に細かな注意をすると、

1. 席の並び方は輪になってその中に教師も席をしめる方がよい。

2. 討論は時によっては始めに刺激を与えるのも良かろう。フィルムや新聞記事やTVのプログラムを用いる方法もある。
3. 討論は特殊な事柄から広げて一般論にもってゆくのがよい。例えば“原子力発電所を建設すべきか”というよりは“ウインドスケール計画の決定は正しかったか”とする方がよい。
4. 読本中の文献を教師が使いたいなら、前もって学生には、その文献を読むに当って後で討論の場で提起される質問を明示しておくべきである。
5. 論争となるような話題（バスコントロールとか原子力発電）の時は、学生は賛成と反対の二つの立場に分けて、お互いの意見を論じ合わせる。
6. 映画を見せてから討論をさせるということは、往々にして暗い部屋で映画を見て眠気をさそう場合があることに注意せよ。うまくやるためにには、先に短い質問を用意して学生に与え、後で答えさせることにしておけば、上映中学生は考えて見ことになる。勿論、教師は前もってそのフィルムを見ておく必要がある。別な手段としては上映後学生にその内容の要約を書かせる方法も考えられる。そうすれば思考を集中させることができ、その要約の結果から討論を始めることができよう。
7. クラスルーム全体として討議する質問（教師用ガイドブックに用意してある）を授業時間内に学生に問う時には、クラス討論の始まらない前に学生一人一人に考えさせて

おかねばならぬ。そのためには次の方法が考えられる。

- (a) 授業の前に学生毎に質問問題を与え特定の質問に答える準備をさせておく。
- (b) クラス討論の前に小グループに10分間程の時間を与えて答えさせる質問を教師の方で用意しておく。
- (c) “科学は人類にどんな利益をもたらしたか”というような大きな問題を論ずる場合は、大きなグループで論ずる方が良いだろう。16人の学生が二つか三つのグループに分かれて10分間論じ、次に二つのグループで討論を深め最後に教師にグループの考えを述べる。

以上原著の教師用のガイドブックよりそのまま訳出したが、一クラスの学生が20人そこそこのイギリスの学校で行われているクラス討論の形式が50人近い定員の日本の高等学校では、そのまま踏襲するわけにはいかないであろう。

大学でも教養課程の一般教育の授業は少人数では行われるのが普通であるから、完全にイギリス流の授業形態をとり入れることは難しいことではあるが、当今のやる気のない、大学に合格するだけでエネルギーを使い果してしまった生徒をみると、大学側としても他山の石として真剣に考えねばならぬ問題である。

II. モールバン・カレッヂ (Malvern College) のカリキュラム

S I Sプロジェクトの中味を細かに読んでみて最初に私の頭にうかんだことは、我が国で新たに始まる高等学校のカリキュラムの理科Ⅱで

ある。物理教育学会に積極的に顔を出される人達或は会員の方々で高等学校関係者の勤めておられる学校は、殆ど大学進学者ばかりで且大学入試（共通一次）の受験科目の理科選択の制度の枠では、物理をとる生徒が漸次減少傾向気味なことを歎かれていることであろう。現場では理科Ⅰの分担をどのようにしてやるかということが重大な問題のようで、とても理科Ⅱの話にはのってこられないと思う。何も高等学校の人達を責めるわけにはいかないことで、すべては大学入試の在り方が高等学校の教育を左右することは至し方ないことであろう。この点同じく大学につながるイギリスの中等教育のシックスズ・フォームの2年間の教育で、実際にS I SプロジェクトのDirectorでありモールバン・カレッヂの教授であるルイス氏のところでは、どのようにこのプロジェクトをカリキュラムの中にとり入れているものであるか少しく述べてみよう。イギリスで大学に進むためには自分の目指す専門領域に関係のある学科のAレベルの試験に普通は3科目合格しなければならず、そのレベルは高い。日本では大学の1～2年間は教養課程として一般教育科目を履修することが、とかく入学したばかりの大学生の勉学意欲を減退させる嫌いがあると言われて、大学はそれなりに一般教育の内容の改善に苦労しているところである。イギリスのAレベルの内容は、大学入試の資格であるが、日本での大学入学後の教養科目よりははるかに専門性が高いといわれている。モールバン・カレッヂで学生は2年間に英語・歴史・古代史・地理・ラテン語・ギリシャ語・フランス語・ドイツ語・スペイン語

- ・宗教学・政治と経済・数学・上級数学・物理
- ・化学・生物の中より適宜選んで勉強し、A レベル試験に備える。

大学進学のために特定科目で A レベルの力がつくだけでは片寄った知識だけになるから、一般教養科目として 1 年次から 2 年次にかけて、語学・歴史・美術・コンピューター・産業の科目と S I S (Science in Society) の科目が用意されていて選択するようになっている。上の科目を general course と称している。S I S は従って物理・化学・生物の代替科目となるものではない、一部の教師達にこのプロジェクトはオックスブリッヂの入学試験での一般教養 (general papers) の準備に利用する値があるとしているが、それは望ましいことだとルイス氏は述べている。若しこの S I S プロジェクトが日本での高校で理科Ⅱと対比できるとした場合、大学共通一次入学試験には主力としては採用されぬであろう。

II. 総合理科・総合自然科学の考え方

S I S プロジェクトについて大まかにその内容を紹介してきたが、日本の高校理科のⅠ、Ⅱとは明白に目標の立て方が違うことが理解できよう。理科Ⅰの目標としては大きく分けて二つの狙いがあげられる。そのⅠは自然科学の基礎的・基本的内容を習得させ、そのⅡとして自然についての総合的な見方・考え方を育成して、自然環境に関する科学的な認識を深めることにある。シラバスは、(1)力とエネルギー (2)自然界の平衡 (3)人間と自然 (4)物質の構成と変化 (5)進化の 5 項目に大別され、指導案の展開には

大きく二分野に分けて (A) 地球とエネルギー (B) 物質と生命とするのが普通であろう。更にいくらか細かく分けて、(A) 運動 (B) エネルギー (C) 環境としたり、(A) 地球の熱収支 (B) 物理的・化学的变化 (C) 地球の形と構造 (D) 地球の運動 (E) 物質の構成 (F) 物質量と化学变化 (G) 人間と自然とするか、(A) われわれをとりまく自然 (B) 物質の構成 (C) 地球の運動 (D) 自然の平衡 (E) 地球の歴史としたり、全体を一つの流れとして (A) 自然観の歴史 (B) 宇宙の進化 (C) 地球の進化 (D) 生命の連続性 (E) 生命の進化と生物の系統 (F) 自然界の平衡 (G) 自然と人間といったいろいろな立て方がある。〔「理科Ⅰ」をどう指導するか、東書〕

シラバスの立て方には小異があってもその狙いはあくまで、自然科学の基礎的・基本的知識を習得させることに力がそがれている。この理科Ⅰの上に物・化・生・地の一つが理科Ⅱとして上積みされるわけであって、目標の二番手である自然についての総合的な見方・考え方や自然環境に関する科学的な認識や理解を深めるということについては、無視されているわけではないが内容的には薄味にならざるを得ない。

現場の教師の人達の間では、理科Ⅰの内容は必然的に物・化・生・地担当の方々が自分の分野に関する部分を分割して教えることになり、Ⅱの物・化・生・地の足がかりを作るに終って了うような悲観的な声を聞くことが多い。確かに一人の教師が理科Ⅰについて総合的見地に立って担当することは、学問的にも無理であることは言うまでもないが、だからと言って機械的に自分の得意な分野の守備だけに終って了うこ

となるのも残念なことである。全部がそうときめつけるのも失礼とは思うが、理学部で専門教育を受けられて高校の教師となられた人々が、大学教育の場で総合科学として理科Ⅰを教授すべく教育を受けられて来たかと問うても現実にはそうなっていないのだから、問題は大学の姿勢にあろう。このことに関しては既に10年前に、支部会誌第1号に小生が問題提起をしているが、近着の「物理教育学会誌」のVol.29, No.4にも特集として「教員養成のための物理教育」の座談会の記事がのっており、改めて高校理科教師の養成が大学としては実質的にはされていない不満があげられている。理科Ⅰのレベルの内容をみてみると、私の考えでは物・地と化・生の二分野として2人の教師で担当するのが良いと思うのであるが、現場の空気には四つの専門分野の4人の教師の人々の間に相互不可侵の雰囲気があって、結局は細切れ的担当にならざるを得ない状況にあると思われる。甚だ乱暴な言とおしゃかりを受けることとは考えるが、この際お互いに自分の専門をとりかえて、例えば物理の先生が化学を、化学の先生が地学か物理を受けもつもの面白いことであろう。（理科Ⅰに関してである。面白いとは何だとおしゃかりにならないでいただきたい）当然、自分には不得手であるとして、真剣に勉強されることであろうし、そうすることによって生徒の立場でいろいろな問題点に気づかれることであろう。又、自分が苦労して理解したことを生徒に教えるのであるから、生徒にとっては判り易い授業になるであろうし、それこそ指導要領の狙いとする、総合的に自然科学を把握することになるのではなか

ろうか。このことは私1人の寝言かと思っていたら、昨年末に届いた日本科学教育学会の「科学教育研究レター」No.24には“教科・科目は変えることができないか（編集部）”という短文がのっていた。その趣旨は高校理科が総合的に扱われないといけないので、この際理科だけではなく教科・科目を決りきったものとして受け入れてきたことを考え直しては……というものである。

さて話を大学の一般教養科目に転じよう。御存知のように人文・社会・自然の3系列から学生は36単位を履修するのが普通だが（4年制）、自然分野について言えば、一般数学・一般物理学・化学・生物学・地学と私の大学では5本並べてあり、その中から3本とればよいことになっている。上の科目を担当する5人のスタッフの間に、大学の一般教育科目はどうあるべきかという話合いが持たれることはまずない。このことは私の大学の特異な事情ではなかろう。近頃は学生に評判の悪い一般教育科目の改善策として人文・社会・自然の各系列に総合科目として、それぞれの分野で学問的に総合された内容を持つ講義が開かれているが、ものによっては授業を聞く学生の方で、入れ替り立ち替る教師の話を自分達で総合しなければならないのでそういうのだと冗談を聞く場合がある。高校ばかりでなく大学でも自然科学を総合科学として教授するには困難な問題がある。苦労があっても高校・大学で自然科学を総合科学として教授することが出来たとしよう。この場合、総合科学であって社会科学でも人文科学でもない。近頃大学の理学部のカリキュラムの中に「自然科学

概論」をおいてあるのを見受けるが、その講義には人文系・社会系の教官が参加していることはまずなかろう。一度書店で「自然科学概論」の大学用テキストを手にとって眺めてみると判るが、著者はおおむね物理学か化学の専門家の場合が多いであろう。それはそれで良いとして、高校でも大学でも「科学と社会」という視点で学際的に物を見るという科目は日本では見当らぬようである。理科Ⅰで最後にとりあげる人間と自然のテーマも内容の量的ウエイトから言えばおまけ的感の方が強い。目を転じて社会の分野の内容を見てみれば、SISのような観点で科学・技術と社会とのかかわり方を論じてはいないようである。科学・技術の発展が公害や人間疎外という面ばかりを強調されでは問題であろうし、一方コンピューター社会になじまぬ人が脱落しようとも、科学・技術の急激なインベーションに目をうはれて人間社会の精神方面に関心が薄くなるようでは、人類の文化は跛行状態にならざるを得ない。

高校・大学へと進み実社会に出る人達の多くは科学・技術の専門分野とは直接的には無縁な方面で働くことになるであろう。共通一次入試のために理科Ⅰを学び、それだけで大学・実社会へと進む大多数の若人が、科学と社会との相互の関連性の重要さを認識する訓練を受ける機会が多くないとすれば問題である。

私大に進む人達の大半は文化系の分野を学ぶわけであるが、入試に数学と理科がないからと国立離れを起こしている現状をどう受けとられるであろうか。その人達のためにこそ、高校では理科Ⅰの次に用意される理科Ⅱの内容について

てはSISプロジェクトが貴重な指針となるものと考えられる。現実には共通一次入試で理科系の大学が二次試験に課するのは物・化・生・地の中からとして、理科Ⅱを指定から外すことが考えられるから、国立大学の理科系志望の生徒達には無縁のものとなろう。進学校でない高校で理科ⅠとⅡとを学ぶものとしても、SISプロジェクトの内容がそのまま転用されるものとは私も考えていない。理科Ⅱの狙いが理科Ⅰの知識を生かして、特定の課題について研究をさせるのであれば、その課題のテーマとしては有益な示唆となるであろう。

大学の一般教育科目で、人文・社会・自然の3系列で各分野の中で総合科目として開設されているもので、自然科学の分野について言えば、例えば「水の科学」とか「環境科学」とかいったものが既にあるが、それ等はあくまで自然科学の総合科目である。自然科学と他の人文・社会科学との系列を横断する総合科目といったものも考えられ、例としては「コンピューター社会」、「環境と社会」、「科学・技術・人間」とかいろいろな題目があげられる。これから学問が益々学際化していく時代に、大学時代の僅かな年限で狭い専門領域の学問をかいのぞいただけで、こり固って了うのではいけないと考えるのなら、特に教員養成（小・中）を主とする私の大学では、このSISの在り方は大いに参考となるものである。小学校の教師としては全教科、中学校の教師としては理科全体を受け持つのであるから、SISのシミュレーション演習を通して、クラスルームで活発にディスカッションを行う形態は、最近の発表能力の著

しく減退した学生の教育には最適であろう。前にもこの会誌で述べたが一般的に言って、大学での教授方法の改善という問題を、大学の教官全体がとりくまねばならぬという気配になっているかと聞かれると、残念乍らそうとはお答えできかねる。どうしても個々の教官は、自分が学生時代に大学で受けてきた授業形態から脱し切れない面がある。明確な目標もなく入学してくる学生が多い大衆化された大学に於いて、質的变化をした現在の大学教育の在り方をどうすべきか、真剣になやんで方策を考えておられる人達のあることも私は承知している。

イギリスのように大学が今尚、大学教育しさを維持している国に比べて、その10倍もの大学生を抱えている日本の大学も、マスプロ教育から脱し、在るべき姿を見つけだそうとする潮流の動きは小さくない。今回のSISに関する私の報告も、始めに述べたように徒らに盲目的にとり入れるのではなく、他山の石として考えていただければ幸いである。

尚、本文中にあげた資料を末尾に改めて記した。

文 献

A) Science in Society.

- (1) Teachers Guide (256pp) £10.50
- (2) Student Readers
- A Diseases and the Doctor (64 pp)
- B Population and Health (96 pp)
- C Medicine and Care (64 pp)
- D Agriculture (64 pp)
- E Food (64 pp)
- F Energy (64 pp)

G Mineral Resources	(64 pp)
H Industry: Men, Money, and Management	(64 pp)
I Industry: Organization and Obligation	(64 pp)
J Nature of Science	(64 pp)
K Science and Social Development	(64 pp)
L Looking to the Future	(96 pp)

A～L 12冊揃 £8.00

出版元

Association for Science Education
Coolege Lane, Hatfield, Herts AL10 9AA
England

シミュレーション教材

- (3) Decision-making Simulation Exercises
- 1. The Marimbian Health Service Project
 - 2. Dental Health Project
 - 3. The Hilltop Project
 - 4. Central Heating Project
 - 5. Power Station Project
 - 6. Alternative Energy Project
 - 7. Buenafortuna Minerals Project
 - 8. Public Inquiry Project

価格は不明

- B) Malvern College 入学案内。
- C) 「理科Ⅰ」をどう指導するか(東京書籍)。
- D) 日本物理教育学会道支部会報 A6.1
(1971)
- E) 日本物理教育学会誌, 29 (1981) 324.
- F) 科学教育研究レター, 28 (1981) 2.
- G) 森鷗通夫: イギリスと日本、統イギリスと日本(岩波新書)。

レーザードッpler速度計の試作

北海道大学工学部

吉田 静男

北海道大学工学部大学院 塚田 昌司

1. はじめに

振動数の安定度が極度に高いレーザー光源が製作されて以来、20年を経過したが、この間のエネルギーとしての、又は、計測や通信等への利用の例は驚異的な数に達し、今では、身近に応用されているにも拘わらず気付かず居るといった例も存在する様になってきた。この様な傾向は、理科教材においても例外ではなく、特に光の性質を、これまで以上に、理解させる上に、大いに役立っている様である。しかし、光学的応用という観点から見ると、ほとんど着手されていないのが現状であり、今後、様々な物理量の計測手法の開発の可能性は存在すると考える。

ここに紹介するレーザードッpler速度計(Laser Doppler Velocimeter : LDV)は、北海道大学工学部の物理学実験の教材として試作したものであるが、レーザーの特色を生かした、一つの計測手法を教える上に適当と考える。ただ、高等学校教材としては、少し、レベルが高すぎるとと思われ、原理にふれることなく、運動する物体の速度測定器として導入するのが適当と思われる。

2. LDV の測定原理

測定原理を知る上に必要な知識としては「ドップラー効果」と「うなり」があればよい。¹⁾今、図-1のような配置をした光源S、光検出器D、散乱体Pを考えよう。又、Pに照射される光束をB₁、振動数をν₁、Pで散乱された光のうちDに入射する光束をB₂、振動数をν₂とすると、Pで検出される光の振動数ν_pは、ローレンツ変換をほどこすことによって、次式で与えられる。

$$\nu_p = \nu_1 \sqrt{1 - \mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_1 / c} / \sqrt{1 + \mathbf{v} \cdot \mathbf{x}_1 / c} \quad (1)$$

ここで \mathbf{v} は P の速度ベクトル、 \mathbf{x}_1 は B₁ の進向

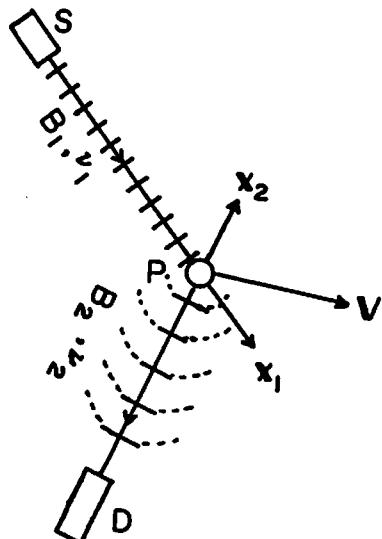


図-1

方向にとられた単位ベクトル、 c は光速度である。さらに、今後、

$$|\mathbf{V}| \ll c \quad (2)$$

の条件下の問題を取扱うことにすれば、(1)式は近似的に次式で表わされる。

$$\nu_p = \nu_1 (1 - \mathbf{V} \cdot \mathbf{x}_1 / c) \quad (3)$$

この(3)式は、(2)の条件下では、ガリレイ変換でよいことを示している。

P で散乱された B_1 のうち、 D の方向に散乱を受けた B_2 の振動数 ν_2 についても同様にして、次のように示し得る。

$$\nu_2 = \nu_p (1 + \mathbf{V} \cdot \mathbf{x}_2 / c) \quad (4)$$

ここで \mathbf{x}_2 は B_2 の進向方向にとった単位ベクトルである。さらに、(4)式に(3)式を代入すると次式を得る。

$$\begin{aligned} \nu_2 &= \nu_1 (1 - \mathbf{V} \cdot \mathbf{x}_1 / c) (1 + \mathbf{V} \cdot \mathbf{x}_2 / c) \\ &\equiv \nu_1 \{ 1 + \mathbf{V} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1) / c \} \end{aligned} \quad (5)$$

かりに、図-1 どうりの方向に P が運動しているならば、

$$\mathbf{V} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1) / c < 0$$

であり、 ν_2 は ν_1 より小さくなる。かくして、 ν_2 を、何らかの方法で知り得るならば、(5)式から \mathbf{V} を逆算することが出来る。なお、時として、波長で考察した方が便利な場合もあるので、(5)式の内容を波長で表現しておくと

$$\lambda_2 = \lambda_1 \{ 1 - \mathbf{V} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1) / c \} \quad (6)$$

ここで、 λ_1 、 λ_2 は、それぞれ、 ν_1 、 ν_2 に対応する波長である。

さて、次に ν_2 の検出方法について述べよう。いずれにしても、光の振動数は 10^{14} 程度であるから、 ν_2 と ν_1 の差異を直接検出することはむず

かしい。勿論、ファブリーベロー干渉計を用いた分光によっても、ある程度の測定は可能であるが、 25cm/s 以下の $|\mathbf{V}|$ に対応する ν_2 の検出は不可能という報告²⁾がある。又、この干渉計では、 $|\mathbf{V}|$ の時間変動を定量的に検出できないという欠点もある。この様な欠点を補い得る手法としては、 ν_2 に近い振動数を有する光束を干渉させ「うなり」を生じさせるものが考えられる。すなわち、干渉させる光の振動数を ν_0 とすれば、毎秒

$$|\nu_2 - \nu_0|$$

で与えられるうなりの数を生じるが、この数が光の振動数に比べてはるかに小さいことを利用した、通常、光ヘテロダイン検波と呼ばれる手法である。このうなりの数は、応答性が十分良好な光強度検出器があれば直接測定できる。

以下、少しの間、この測定原理について述べておこう。

干渉させる二つの光束を $A_0 \sin(2\pi\nu_0 t - \phi_0)$ $A_2 \sin(2\pi\nu_2 t - \phi_2)$ とすれば、 D で検出される光強度 I は

$$I = \frac{A_0^2}{2} + \frac{A_2^2}{2} + A_0 A_2 \cos \{ 2\pi(\nu_2 - \nu_0)t - (\phi_2 - \phi_0) \} + (0) \quad (7)$$

で与えられる。ここで A 、 ν 、 t 、 ϕ は、それぞれ振幅、振動数、時刻、位相で、添字は二つの光束を、そして、右辺最終項は光の振動数程度の変動成分を含む項の和をとったものである。現時点では、光の振動数に応答する検出器が存在しないので、結局、この最終項は、直流成分として検出されることになる。又、(7)式右辺の第1、2項も直流成分であるから、結果的には、

第3項の交流成分、すなわち、うなりの数の検出が可能となる。しかし、この検出において注意すべき一つの重要な問題がある。それは、 ν_1 、あるいは、 ν_2 が独立に求められないため、V の方向に関する情報が失なわれる点である。この難点は、うなりの数の情報しか得られない場合には、本質的に解決し難いものであるが、ある制約条件下で運動している物体に関しては、その運動方向を含めた速度を測定する方法がある。その条件は、運動物体の、ある特定方向の最大速度が、あらかじめ、分かっていることである。たとえば、図-2 の様な速度変化を示す運動体があって、その速度 V について次式

$$V \geq -V_0 \quad (8)$$

の成立することが分かっていれば次の様にして運動方向をも検出できる。

まず、 ν_2 を P で散乱された B_2 の振動数とし、 ν_0 を P の運動の影響を受けない、干渉させるための光の振動数として、 $V = -V_0$ のとき

$$|\nu_0 - \nu_2| = 0 \quad (9)$$

となる様にする。なお、 V_0 の値は少し大きめに設定してもかまわないが、ここでは一応、負の最大速度に一致させた場合を説明する。このようにすると、うなりの数と P の速度の関係は次式で与えられることになる。

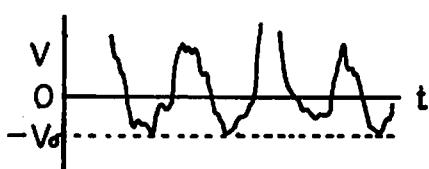


図-2

$$V = a | \nu_0 - \nu_2 | - V_0 \quad (10)$$

ここで a は、 B_1 と B_2 のなす角度等に關係する定数であり、後に、具体的に求められる。かくして、運動方向を含む速度の測定が条件付きで可能となる。

3. 試作 LDV の光学系

LDV は、今日、実用段階にあり、非常に高価ながら市販もされている。たとえば、流速を測定する装置の場合、製作当初は 800 万円であったものが、現在、400 万円程度で市販されている。試作した LDV は、測定原理を理解させる事に重点を置いたものであり、総経費は 46 万円程度である。その内訳は次の通りである。

- レーザー光源 (10 万円)
- 簡易光学台 (3 万円)
- レンズ (2 個) (1 万 5 千円)
- モーター (5 千円)
- スライドグラス 1 枚 (—)
- プラスチックファイバー (100 円)
- フォトマル (含電源) (30 万円)
- オッショロスコープ (10 万円)
- アンプ + フィルター (4 万円)

上記のうち、レーザー光源、オッショロスコープ程度は、大方現有していると思われ、フォトマルについても、フォトダイオードを使用すれば 2 万円程度で光検出器が完成するので、実質、8 万円以下で試作できると思われる。又、運動方向が自明な場合には、さらに、経費を要しないことになる。

試作した LDV は、原理的には Rizzo ³⁾ らの

発案によるもので、その光学系の概要は図-3に示すとおりである。以下、いかにして、うなりの数が検出されるかを述べておこう。

まずレーザー光源Sからの光束 B_1 を光学系の光軸(中央線)に平行、且、光軸から少しずらしてレンズ L_1 に入射させる。 L_1 で屈折した B_1 は集光しつつ、小型モーターの回転軸に直交して取り付けられた散乱板(S.D.)で散乱を受け四方に広がる。なお、散乱板は、スライドグラスを正方形に切り、これに散乱物質(歯みがきペーストを水でうすめたもの)をうすく一様に塗布したものである。S.D.の後方には二つのピンホール($\phi 0.7\text{ mm}$)を有するマスク(M)があり、 B_1 の直進光(今後、この光も B_1 と呼ぶ)がその一方 H_1 を通過できる様にしてある。又、他のピンホール H_2 は H_1 と光学系の光軸に関して対称な位置にあって、散乱光の一部 B_0 のみの通過を許している。この B_0 の振動数 ν_0 は B_1 がS.D.にどのような角度で入射するかによって変わってくる。たとえば、図-3(左下図参照)のように B_1 が入射する場合の ν_0 は次式で与えられる。

$$\nu_0 = 2\omega r / \lambda_1 \sin(\phi/2) + \nu_1 \quad (1)$$

ここで ω はS.D.の角速度、 r は S.D. 中心から B_1 入射点までの距離、 λ_1 は B_1 の波長、 ϕ は B_1 と B_0 が S.D.とMとの間でつくる角度である。この関係は、勿論、前節に述べたドップラー効果を考えると容易に得ることができる。又、(1)式の ν_0 は(10)式の ν_0 と考えてよい。Mを通過した B_1 、 B_2 はレンズ L_2 で集光され会合する。この会合領域が被測定空間ということになる。たとえば、この空間を散乱体が通過すると、ある特定方向の速度が測定できる。今回の装置では、この部分に内厚の塩ビ板Pが光学系光軸に対して直交して置かれている。このPには適当な散乱体が含まれているから B_0 、 B_1 はこの粒子によって散乱する。図-3では、 B_0 の進行方向にプラスチックファイバーFを設置し、光信号をフォトマルDに導いている。従って、FにはPの散乱体によって散乱を受けた B_1 のうちの B_2 光束と B_0 の直進光(今後、この光も B_0 と呼ぶ)とが同時に入射することになる。このときの B_2 と B_0 とは、S.D.上の塗料の濃淡調節によって、同じ程度の光強度を有する様に工夫されているから、Fに入射する光強度は毎秒 B_2 の振動数 ν_2 と B_0

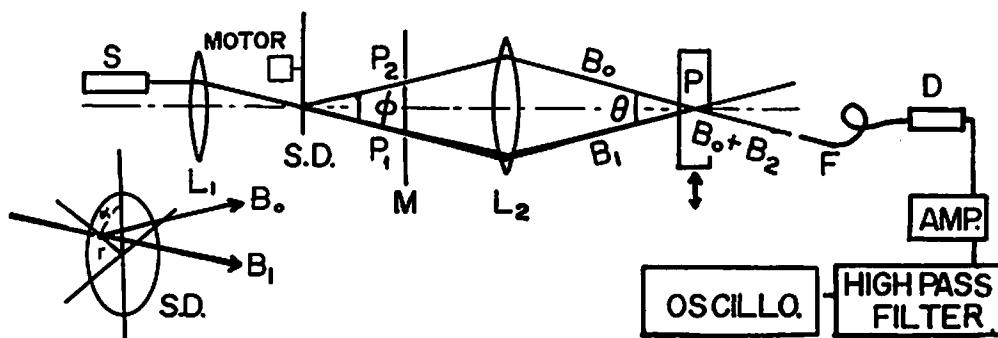


図 - 3

の振動数 ν_0 の差の絶対値に等しい数の変動を伴なうものとなる。従って、(8)式のように V_0 の値の分かっている場合には、 $-V_0$ の速度が測定できる様にモーターの角速度を変えるなどして ν_0 を設定すれば(10)式を用いて V を算出することができる。なお、今回の装置では(10)式の a は次式で与えられる。

$$a = \lambda_1 (2n \sin \theta / 2) \quad (12)$$

ここで n は B_0 と B_1 の会合領域内の屈折率、 λ_1 は 6328 \AA ($6.328 \times 10^{-5} \text{ cm}$) である。

4. 信号の解析

検出される光強度を D に導き、電圧に変換してオッショロで観測してみると、通常、図-4のように低周波成分にうなり成分が重畠した信号を得る。この低周波成分は、測定領域 2 つの光束の干渉光強度が中央部で強く端に進むに従って強くなるために生じるものである。なお、この低周波成分は、 P が静止していても生じるが、これは S, D が光軸に完全に直交していないこと等によって、 B_0, B_1 が時間的に変動するためである。上記低周波成分を除去するためハイパスフィルターに導き出力をとると写真-1に示される様な速度算出に必要なうなり信号を得る。 P を適当に動かすとこのうなりの

数も変化することが認められ、確かに運動方向を含む速度の測定が可能であることが分かるであろう。

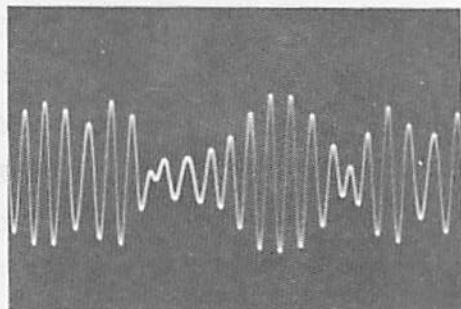


写真-1

文 献

- 1) 三品博達・朝倉利光：光ヘテロダイン検出法の計測への応用 — ドップラー速度計を中心にして —，応用物理，Vol.42，No.6，1973
- 2) Jackson, D.A. & D.M. Paul ; Measurement of supersonic velocity and turbulence by laser anemometry, J.Phys.E : Sci. Instrum. 4, 1971
- 3) Rizzo, J.E. & N.A. Halliwell : Multicomponent frequency shifting self-aligning laser velocimeters, Rev.Sci. Instrum. 49 (8), Aug. 1978

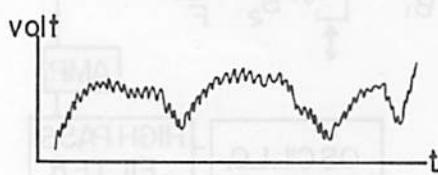


図-4

物理教育における教材抽象度調査と実体モデルによる完全習得学習方法研究の今日的意義について

札幌藻岩高等学校 山田 大 隆

1. はじめに——抽象度調査が何故 今日必要か

物理・数学のように概念の順次性に基く累積性、解発見の演繹性を本質とする学習領域は、社会情勢の情報化に伴う映像的認識が主体化では義務教育下生徒実態に年々適合せず、近年凡ゆる教育調査で、実力較差の増大、⁽¹⁾ 中学理科学習での第1分野の徹底敬遠、⁽²⁾ 高校・大学での物理履習者の激減、⁽³⁾ 国立大物理系履習者の質的低下⁽⁴⁾ を現出する物理・数学教育の将来にとって憂うべき現況となっている。

この難解である、基礎学力未定着、応用力不足、従って履習興味の減少・放棄、後輩への悪宣伝といった演繹性理科（物理）への不人気傾向を停止し国民的教養の学とするためにも、筆者は、従来流の注入型、自己飛躍型の秀才教師主導型教授法の伝統的物理教授観から、生徒認識実態主導型の教育調査先行、スマールステップ教授過程重視の形成的評価主体の教育工学的手法重視のものに移行、発想の転換をする（少なくとも物理教育研究会の研究主流をそこにおく）必要が今後一層必要と考える。⁽⁵⁾

以下の章で、筆者は、1.教育調査（特に教材抽象度調査、レディネス調査）の悉皆化（物理全教授項目と、全学レベルの生徒集団で）と分

析の統計的・認識論的・心理学的側面からの徹底分析の意義と具体的調査項目の例示、2.高抽象度教材の効果的教授に有効と思われる、下位概念のパターン的認識深化（分習法）と認識飛躍のトリガーとなりうる、教材構造中に見い出される理解コア（実体モデル）利用の教授法（完全習得学習）の意義と研究の現水準について提言したい。

本論考をまとめるに当り、香川県高松高校矢野淳滋先生、⁽⁶⁾ 北海道大学教育学部高村泰雄助教授、⁽⁷⁾ 札幌市立栄南中学校沢田敏夫先生、及び岐阜県教授過程研究グループ⁽⁸⁾（岐阜北・佐藤正明、岐阜県大垣北・竹中洵治、武義・山口義文、関義謙・稻葉一の各先生）の諸先生から多大の御教示を得た。記して感謝致したい。

2. 難度の規定要因

学習者が教材の具体的学習過程にあって、難解であると感ずる（従って成就度、定着率が低く、学習興味・意欲が低下する）要因を分析すると、次のものが挙げられる。

(1) 教材自体の抽象度が本来高い。

抽象度は、下位概念量（大であると習熟必要時間も大）、数式処理内容（量と質）、数式以外の情報内容（哲学性・予備知識量・実験手法

の基礎常識) 等で規定され、一義的には決め難い複合要因を有する。しかし、難度意識の本質的部分の第一のものであり、この実態分析と、理解成就へ至る教師側・生徒側の教授・学習技術の定立なくば、高抽象度教材個所で必ず落伍者を毎年出す(落ちこぼれの法則性)こととなり、教科の存続すら危ぶまれることとなり、この研究は今後の物理教授法研究上避けて通られない。その為には、理解度調査と、生気ある(成功度の高い)授業中での生徒反応の詳細な観察が最高の方法として実行される必要があり、⁽¹⁰⁾また、板倉の方法のように、科学史研究から誤謬の必然性、学説確立までの長時間性から高抽象性本質具有のヒントを得る、科学史的教材分析方法も極めて有効である。

(2) 教材の順序性が適切でない。⁽¹¹⁾

物理のように高度に概念の系統性が要求される科目では、下位概念に系統上不適切項目が選ばれると、学習者に多大の混乱を生ずる。現行教科書は、幾多の実践結果による小修正の産物とはいえ、高校物理では、旧物理Bの時代の系統性の完成度の高さが、現行物理Ⅰ・Ⅱではいまだに回復されているといい難い。これは、一つには、スパイラル方式の教授学上の、二つには、構造化による認識論の、いずれも現代化教授学理論(ブルーナー理論)の欠陥による。⁽¹²⁾この点の分析について、筆者は以前に指摘した。

(3) 下位概念のドリル(分習法)が不十分。

系統性・演繹性に基づく理解を学習方法の本質とする物理では、下位概念の定着度(基礎力の高さ)が重視され、この実現には、スポーツにおける練習階梯と同様、分習法による定着が

有効であるが、過密教材、不勉強習慣、訓練敬遠の時代風潮から、この実現が低水準なことが物理教授上の最大困難点とされる。心理学的要因も大なため、この改善は仲々困難である。

(4) 教材水準が生徒の発達段階に不適合

物理を教授する場合、高学年ほど能率が上る理由は、理解上の先駆・既存経験(レディネス)の豊富化による判断材料の高水準化と同時に、生徒の抽象思考力向上の発達段階の高水準化があげられる。中学教材の難解性を1年から3年に配列変更する事により定着度が改善される実態を示した矢野氏の研究は興味深い。⁽¹³⁾この視点は、新課程理科Ⅰで、物理的領域を1年次の何時におくのが妥当かの視点も与える。中高関連で、スパイラル方式のため、旧物理Bの静力学部分が中学理科Ⅰの1年へ下げられ、低定着性と大量の理科離れを生み問題化を生起させたが、これは、発達段階不適合の誤りの典型ともいえ、静力学未定着による高校の動力学不十分理解といった、前述(3)の問題点も併せ生起させている。この知能発達過程に基づき教授法の必要性⁽¹⁴⁾については、筆者も前に強調した。

(5) 教授速度が生徒追隨限界を超えている。

現行の中學或いは高校の教材は過密(教授速度が大)であるとの指摘が多い。中学新課程で多少緩和されたが、大学入試でレベルの上限不变の高校(特に理科Ⅰ)では、逆に、過密度の激化が予想され、良心的教案作成者は一様に理科Ⅰ8単位説を唱えている。⁽¹⁵⁾高校で定着度が最低となる実態は石黒氏の研究に詳しいが、これは、教授速度が大学教養課程と並んで最大(大学の定着率大は自学時間の余裕性)に起因する。

教授速度は、教材量（抽象度・難解受感度も含む）と教授時間との関係で決るが、各校の実情は、特に受験校では少なからぬ生徒理解実態無視の機械的のものがあり、この教授速度が生徒追随限界を越え、急速に能率を落し、学習無気力化状況を生じている状況が少なくない。教授速度不変更で能率を上げるには、生徒側のレディネス高度化、ドリル十分化（即ち主体的学習による受容力の高度化）に待つよりないが、これには、要因(3)(4)が関与し、問題解決は単純ではない。

(6) 教科科目の性格が生徒適性と不適合

系統性十分、ドリル十分、教授速度適切、教材水準適切であっても、最後に残る成果関与上の要因が適性で、近年情報化時代の獲得的資質付与としての後天的のものも含めて、物理学習上の不適性者が急増し、北大教養部での実態指摘¹¹⁷⁾にも詳しい。この解決には、教授者側が水準を落さず成就者減少を黙認するか、逆に譲歩して、物理教授目標を変質させ、生徒学生水準への妥協を計るかのいずれの道よりないであろう（共通一次廃止論など）。しかし、筆者は、公教育の意義から見て、高校教育では後者の立場に立ち、HPP等文系物理教授法開発普及といった道にこそ、問題解決の本質があると考える。HPPの意義については、筆者も前に強調した。¹¹⁸⁾

3. 高校物理における高抽象度教材の具体例

生徒の難解受感の本質である抽象度は、十分な調査によっては、その高低を純対数値化することが可能であると筆者は確信する。その根

拠は、科学史における概念確立までの時間、誤認の度合の調査がまず第一の手掛りを与え、ついで、均一集団を利用した既習事項調査（高校ならば中学内容、大学ならば高校内容）で測定されうることに依っている。

詳論（数値提示、棒グラフ化）は次の機会に譲るが、定性的（直観的）には、不十分であるが筆者は次のように項目を挙げる。当然、教授技術的には多くの工夫（モデル化や実験 VTR 多用）が必要で、教師・生徒ともに壁の突破に緊張感を持って臨むであろう個所である。

<物理Ⅰ領域>～難中易ほぼ同数

○最も抽象度の高いもの

相対速度（2次元）、運動方程式（2・3体問題）、衝突、力学的エネルギー保存の法則（綱ばね振り子、衝突との組合せ問題）、単振動一般公式、円運動の加速度、波動方程式、電界の表示と合成、コンデンサーの網状接続と誘電体挿入時の合成容量。

○やや抽象度の高いもの

加速度、平均と瞬間速度、等加速直線運動公式（加速度負）、運動量変化と力積、運動量保存則、単振動の位相差（波動）、投げ上げ運動、運動摩擦力、力の合成分解（解析的）水平及び斜方投射、ドップラー効果、電気力線、開平計算、熱量保存、熱力学第1法則

○通常の抽象度

力の本質（作用・反作用）、慣性、気柱共鳴波の反射・屈折、クーロン則、放射性崩壊

<物理Ⅱ領域>～全体に平均以上の抽象度

○最も抽象度の高いもの

回転の運動方程式とエネルギー保存則、気

体分子運動論諸公式、ポアモデル計算、物質波、高流回路（インピーダンス）

○やや抽象度の高いもの

慣性力、倍率器分流器、フレミング左右手則光干渉式（ニュートンリング含む）、光量子説。

○通常の抽象度

万有引力運動、ボイルシャルル則、オームの法則、トランジスター

4. 教材理解コアによる完全習得 学習方法

抽象度の高い教材のこなし方の教授法及び教授技術上の最近の注目すべき研究として、北大教育学部教育方法研究室でなされたものに、教材中の理解飛躍要素（コア）を実体モデルとして抽出、理解方法を法則化し、授業書として確定、普遍化する、ブルーム流とは異なる完全習得学習方法研究がある。⁽¹⁹⁾

これは、文部省科研費奨励B（科学教育）研究として行なわれたものだが、数学教育における位取り数えのタイル法、水道方式、小中学校理科での板倉氏による仮説実験授業の方法に範をとり、電磁気学学習で展開したものである。⁽²⁰⁾ 磁気の本質は難解であるが、理解コアを分子磁石で分子のループ電流に基づく右ねじ法則の進行方向極をN極と定義し、これにより磁気現象と電気現象の統一を運動の相対性により行う。電磁気学で難題である電磁気の統一的説明に一応は成功し、生徒の理解上の評判も良い点、概念優先で現象論的公式の運用上の難点といった総合性での多少の弱点はあるものの、教授学上

の試みとしては、形成的評価手法で完成度の高められた授業書（188枚B5）の製本化とともに成功したものといえよう。

この理解コアを教材構造中に発見し、実体モデル化し、教授過程を法則化していく試みは物理の他の領域、特に抽象度が高く指導技術上の工夫で要求される前述のような項目で多数開発・集積される必要がある。これらの開発結果が実体モデル集、教授指導書として成文化された時には、物理教授過程は最適のものとなり、前述の難解規定要因の技術上の困難点は抽象度問題で大きく改善を見ることにより、総体として解消の方向へ向い、公教育としての物理教育の実現に寄与することになると思われる。この試みは、多くの高校間、高大間の協同研究とデータ蓄積・分析を要する大がかりのものとならざるをえないが、最も物理教育研究らしいものと筆者には思われる所以である。

（1982.1.15）

注（引用文献）

- (1) 北海道高校入試では、数学において上下校の開きが著しい。
- (2) 昭和57年度北海道高教研大会理科Ⅰ分科会での札幌市栄南中沢田氏の指摘（1982.1.8）
- (3) 北海道都市部普通科高で、物理Ⅰ履習者は選択で、上智大でも女子の物理離れは著しいという（上智大笠耐氏の指摘）。
- (4) 北大教養部中島春雄氏の指摘。
- (5) 抽象度調査は意義がこのように高いにもかかわらず、今迄系統的総合的には行なわれていない。これは驚くべきことである。教授過

- 程の電算機使用（C M I）を教材作成（プログラム物理）まで発展させて現場還元型の教育工学として注目を得ている岐阜大カリキュラム開発センターのグループは、まず、教育調査から研究の開始に取組んでいる。この視点は重要で、普及させる必然がある。岐阜グループにより、最近・抽象度調査の興味ある結果が出された(9)。
- (6) 昭和51年日本理化学協会総会年会（於四日市市）での発表資料（1976.8.20）
- (7) 「完全習得学習をめざす教育方法の開発に関する実証的研究」（代表・鈴木秀一、昭和53年度科研費研究成果報告書）
- (8) 沢田敏夫「新課程を実施してみての問題点—中高関連を中心として—（第19回北海道高教研大会理科I分科会発表資料、1982.1.8.）
- (9) 竹中洵治「地区研究活動をとおしての生徒のつまづきと具体的指導法」（昭和55年日本理化学協会総会、資料集P 56～59）、山口義文「物理の基本概念の中・高校における学習状況の分析」（Ibid, P 94～97）、同「学習者のまちがいの類型による学習項目の系列化」（昭和56年日本理化学協会総会、資料集P 82～85）、佐藤正明「学習状況に適した個別学習教材の提示について」（Ibid, P 96～99）、稻葉一「教育実践・研究成果の活用について」（Ibid, P 216～219）
- ⑩ 板倉聖宣『科学と方法』（季節社）中の誤謬論に、科学史分析の教育的意義が詳述。
- ⑪ 沢田氏（Op.Cit (2)(8)）は、中学新課程教科書中の記述の混乱が、生徒つまづきの一要因であることを挙げている。
- ⑫ 抽稿「現代化教授学理論の批判的考察と今後の発展への展望」（『札幌藻岩高校紀要』Vol. 3, P 25～37, 1979.3.）
- ⑬ 矢野淳滋 Op.Cit (6)
- ⑭ 抽稿「現行物理教育における実践上の諸問題についての考察」（『北海道の理科』Vol. 19, P 9～25, 1976.3.）
- ⑮ 昭和57年度北海道高教研大会理科I部会での討論及び昭和56年度物理教育学会北海道支部研究会（1981.12.13）での筆者の発発内容。
- ⑯ 石黒浩三「高校教育科目としての物理解体論」（『物理教育』Vol. 23, No. 3, '75. P 1.）
- ⑰ Op.Cit (4)
- ⑱ 抽稿「ノンサイエンティストのための物理指導法について」（『北海道高教研紀要』Vol. 16, P 53～62, 1979.3.）
- ⑲ Op.Cit (7)、形成的評価を中心としたブルーム流の完全習得学習は、「特集・理科の完全習得学習とは何か」（『教育科学・理科教育』No. 82, 1975.10.）に詳しい。
- ⑳ 筆者との共同研究の形で進められた。報文は、抽稿「電磁気学学習における形成的評価及び総括的評価導入の試み」（昭和54年日本理化学協会総会・年会・資料 P 102～105）

電流による熱の仕事当量の測定

名寄高等学校 松 村 勲

1. はじめに

水熱量計中にジュール熱を発生させ、熱の仕事当量を測定するこの実験は高校・大学の基礎物理実験として定着しているようであるが、今まで本校で行なった生徒実験の結果をみても非常に誤差が大きく、30 %を越える場合もあり事後指導で苦労も多かった。そこで 4.2 [J/wt] にいかに測定値を近づけるか、その方法を考察し、実験をしたので報告する。

2. 実験装置

使用する実験装置はすべて高等学校理振の器具を原則にした。

(1) 電圧計・電流計

電圧計は 3 V 15 V 300 V、電流計は 50 mA 500mA 5 A で 2.5 級である。15 V の電圧を測定した場合、その値は 15 ± 0.375 V となるが、7.5 V の電圧を測定すると 7.5 ± 0.375 V と誤差が 5 %にも達する。従って電圧計、電圧計は針を出来だけ振らせて測定する方が誤差が少ない。この 2 個のメーターで 5 %誤差が生ずる。この誤差だけでも、仕事当量の値は 0.21 J/wt と小数第 1 位にひびいてくる。そこで電圧計・電流計をフルスケールで使用することを考えてみた。

(2) 抵抗線

グループ数 11 で、各グループが 5 A の電流を使用すると、55 A の電流が必要で本校の電源ではまにあわない。そこで電流を 500 mA とし電圧を 15 V に決めた、11 グループの合計電流は 5.5 A で、直流安定化電源 2 台あれば十分まにあう。また配線用電線も太めのものが不要ない。抵抗は $30 \sim 32 \Omega$ を使用するが、ラジオ用の巻線抵抗等も考えられるが、生徒に馴んでいるニクロム線を使用した。

100V、100W の巻ニクロム線を三等分して使用したところ、15 V で 470 mA 前後の電流が流れた。このニクロム線は電気屋より購入したが、オームの法則、ホイートストンブリッジ等の測定用抵抗に利用でき 10 本で 300 円である。

(3) 水熱量計

理振の水熱量計についている抵抗線 ($1 \sim 2 \Omega$) をはずし、直径 3 mm、長さ 5 cm のボルト 2 本に 32Ω の抵抗線をとりつけ、水中にニクロム線が入るように水熱量計を改良した。すなわち、熱量計の蓋に 3 mm の穴 2 個をドリルで開けるがくはん棒、温度計にニクロム線が触れない位置をさがす必要がある。温度計を容器の隅に取りつける島津の製品は作業しやすいが、内田の

熱量計は、中央に温度計を取りつけるので注意が必要である。

容器は始め、厚手のビニール製、ビーカー、発泡スチロールの容器等を考えたが、水当量の概念の定着とこの実験が大学入試問題として出題されることを考え、熱量計を使用した。使用した水熱量計は内田のDW-Mと島津のWK-100で島津の製品は比熱測定用のものであるが、金属球を入れる蓋の穴を利用してこれにはまるゴムセンを用意し、直径4mm長さ7.5cmのボルト2本取りつけ、ナットでニクロム線をボルト間に取りつけた。このボルトは細い方が良いが、上記のものしか手に入らなかった。

(4) 温 度 計

上昇する温度は熱量計に入れる水の量により異なるが[※]8分目入れて[※]2~3Kであり、有効数字を考えると^{1/10}Kの標準温度計が必要になる。が、高価な物であるから11本そろえることはむずかしい。今回は熱量計に附属している^{1/5}Kをもちいた。温度を正確に測定するためには攪拌を上手にする必要があり、一定の回数でかきまぜる必要がある。

熱量計より失なわれる熱を攪拌による発熱でおぎなう方法も考えてみたが実験がむずかしくなるので今回は実施していない。

温度をより正確に測るには温度と時間とのグラフをA5判以上のグラフ用紙に書き、始めと終りの温度をグラフより推定すれば^{1/100}Kまで読みとることが出来るが、線の引き方でかなり変化するので移動平均法を活用する必要があ

る。が、高校生にそこまで要求するのは無理と判断して、各点よりもっとも短い距離に直線を引かせる指導をしている。^{1/100}Kの精度は無理としても、有効数字^{1/10}は期待できるのでなかろうか。

(5) 電 源

この実験は電源にかかっている。今回は調節のむずかしいスライド抵抗器の使用をさけたので、直流電圧15Vの安定した電源が望まれる。バッテリーは6Vか12Vと電圧がたりず、実験室備えつけの大型電源装置は交流をブリッジ整流した脈流でこれまでの測定結果は^{※※}3.32J/talと21%の誤差を含むものもあり、使用をさけた。この実験では直流安定化電源をもちいる必要がある。本校にはバッテリー代わりに使用するため、物理と化学に内田のKD-5Aを3台ずつ用意しているのでこれを使用したが、ない²⁾場合は16V, 3Aのトランス、整流用シリコンダイオード(P1V 300V, 3A)でブリッジ整流し、トランジスタ3個とツェナダイオードを使って、15V3Aの定電圧電源の自作は可能である。

なお、電源装置でフィルター回路をつけた製品も発売されているので、電源出力に160μFのコンデンサーを接続して実験してみたところ測定値は、4.05J/talで誤差は3.5%であった。

^{※※} 内田のTY40Sを電源に3回の測定をしたが、J=3.48J/tal, 3.33J/tal, 3.78J/talと誤差が17%, 21%, 10%であった。

^{*} 測定時間は5分間。

3. 補 正

(1) 失なわれる熱

抵抗線で発生したジュール熱がすべて熱量計に伝われば問題ないが、熱量計から失なわれる熱は問題になる。ニュートンの冷却の法則をもちいて求めることは出来るが、冷却直線を求めるとなると、50分の授業時間内では無理である。³⁾科学の実験編集部による「先生と生徒の物理実験」によると、22.6°Cから40.0°Cまで17.4Kの温度変化に対して補正值が1.5Kあり、これを無視すると8.5%の誤差になるが、温度上昇をおさえて室温と水温をほぼ等しくして実験すれば無視できると考えた。すなわち、室温の±2Kとの範囲の水温で測定すれば良いのであるが、実際には実験者の体温で室温が変動するので室温と水温をほぼ一致させて5分間測定した。

(2) 温度計等の水当量

⁴⁾水中部分のHgに対する補正であるがHgの質量 $0.48 \times 13.6 g$ 、比熱 $0.333 cal/gK$ として水当量が $0.22 g$ であり、水の質量 $150 \sim 240 g$ に対する最大相対誤差は0.15%で無視できると判断した。同様にニクロム線を取りつけるのに使用したボルトとナットの質量は $10 g$ で、真ちゅうの比熱 $0.925 cal/gK$ であるから、水当量は $0.925 g$ であるが水中に入っているナットとボルトで算出すると $0.37 g$ でこれも無視できると判断した。

(3) 電圧計・電流計の内部抵抗

本校の直流電圧計は内田のTR3で15V端子の内部抵抗は測定したところ $315 K\Omega$ 、電流計は同じメーカーのTR50、内部抵抗は 0.2Ω

である。

この実験を始める

前に、電圧計12個を並列に接続し、15Vの電圧をかけたところ、測定値が $15 \pm 0.1 V$ の範囲におさまる電流計も12個直列につないで500mAの電流を流したところ、 $500 \pm 2 mA$ の範囲であった。購入後7年たつが納入時に厳しくチェック

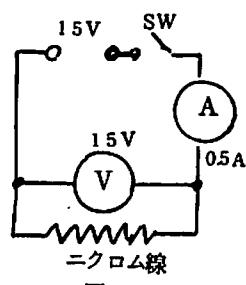


図 1

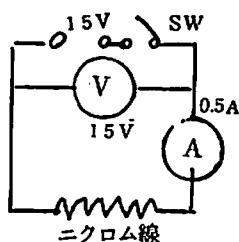


図 2

した効果であろうか。0.5級の精密電圧(電流)計がないので目盛の校正は出来ないが、この実験では12個のメーターのうちほぼ中間的なものを使い使用した。

抵抗線を流れる電流と電圧を測定する回路は図1と図2が考えられるが、図1での電圧計の内部抵抗による誤差は計算上0.2%、図2の電流計の内部抵抗による誤差は0.6%である。従って、この実験には図1の回路が適している。電圧計を流れる電流は1mAでこれは無視できる値である。

4. 実 験

熱の仕事当量の測定は一斉生徒実験として本校では3年生に実施している。実験で注意することは水温を一様にするための攪拌であり、上昇温度を正確に測定することである。

今回は生徒が実施した結果を予想するために、

表 1 実験結果一覧表

整理起号	A1u	A2u	A3u	A4s	B1u	B2u	B3u	C1u	C2s
電圧 V	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.1	14.9
電流 mA	463	469	462	464	463	461	462	462	469
時間 s	300	300	300	300	300	300	300	300	300
消費電力 J	2083.5	2110.5	2079	2088	2083.5	2074.5	2079	2092.9	2096.4
水の質量 g	239.8	213.9	197.0	171.8	239.8	234.5	234.5	197.0	106.5
容器の水当量 g	9.8	9.8	9.8	8.9	9.8	9.8	9.8	9.8	8.9
室温 始め °C	19.5	18.9	15.0	15.6	20.6	19.8	20.1	16.3	17.9
室温 終り °C	20.6	19.2	16.2	18.9	19.6	20.1	21.8	17.8	19.6
水温 始め °C	17.6	17.6	14.0	15.3	20.4	18.0	21.8	18.0	16.0
水温 終り °C	19.55	19.9	16.3	18.0	22.8	20.55	24.05	20.5	20.4
上昇温度 K	1.95	2.3	2.3	2.7	2.4	2.55	2.25	2.5	4.4
グラフより 始め °C	17.58	17.58	14.01	15.25	20.46	17.98	21.81	18.04	15.94
推定した 終り °C	19.56	19.91	16.32	18.04	22.81	20.59	24.02	20.50	20.40
上昇温度 K	(1.98)	(2.33)	(2.31)	(2.79)	(2.35)	(2.61)	(2.21)	(2.46)	(4.46)
発生した熱量 cal	486.7	514.5	475.6	487.9	599.0	623.0	549.7	517.0	507.7
(グラフより) cal	(494.2)	(521.2)	(477.7)	(504.2)	(586.6)	(637.6)	(539.9)	(508.7)	(514.7)
熱の仕事当量 J/cal	4.28	4.10	4.37	4.28	3.48	3.33	3.78	4.05	4.13
(グラフによる) J/cal	(4.21)	(4.05)	(4.35)	(4.14)	(3.55)	(3.25)	(3.85)	(4.11)	(4.07)
相対誤差 %	2.03	2.10	4.18	2.00	17.2	20.7	9.9	3.48	1.60
(グラフによる) %	(0.48)	(3.50)	(3.72)	(1.31)	(15.4)	(22.5)	(8.3)	(1.95)	(2.93)

A1u～A4sの使用電源は内田洋行の定電圧回路をもちいた直流安定化電源 (KD-5 A)。

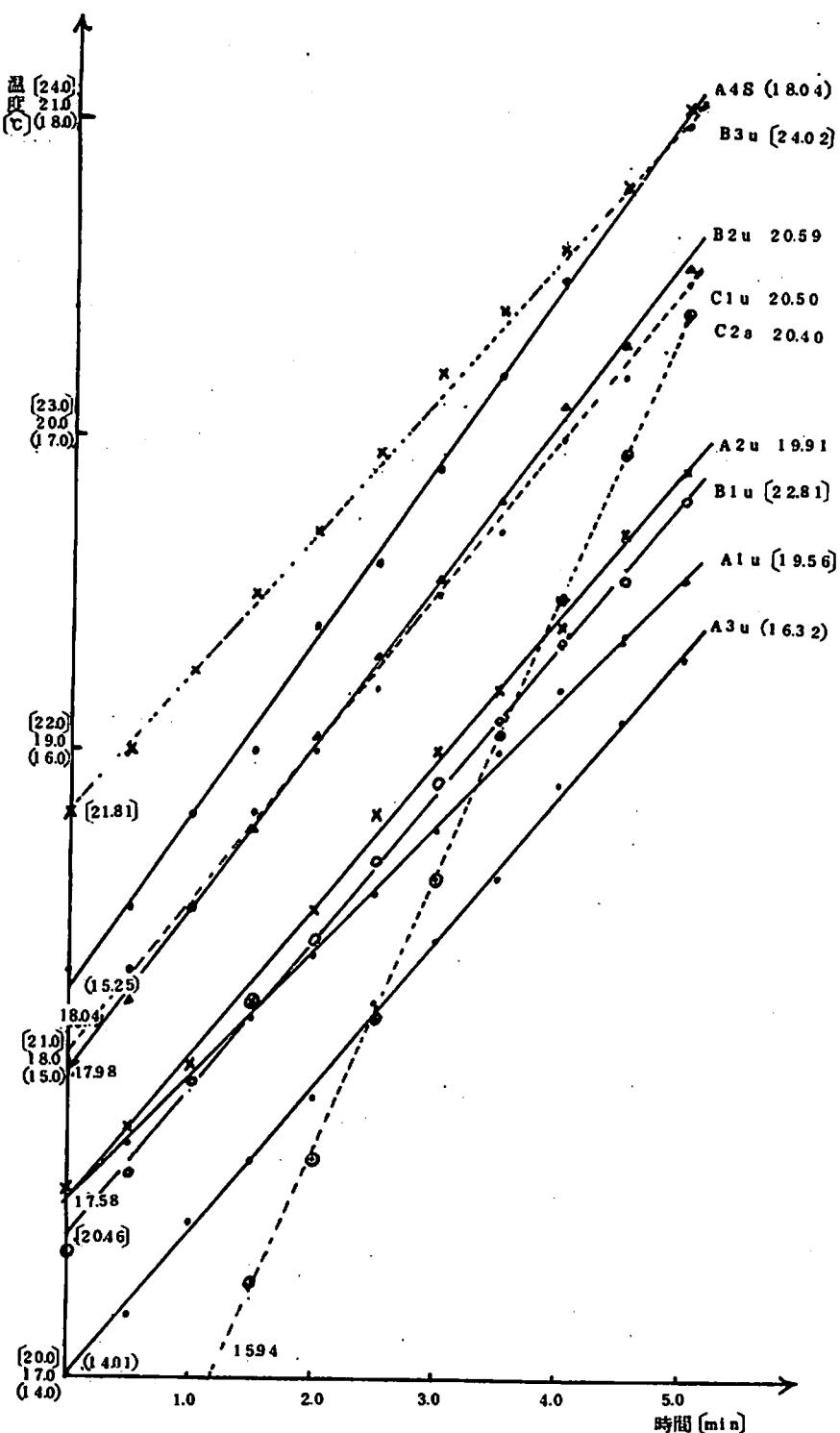
B1u～B3uは交流をブリッジ整流した脈流、使用電源は内田洋行のTY-40 S。

C1uとC2sはB1u～B3uの出力端子に160μFのコンデンサーを接続した電源。

整理記号の中のuは内田洋行の水熱量計DW-Mを使用、sは島津のWK-100を使用した。

()はグラフより水温を推定しそれを用いたときの測定値。

表 2 溫度と時間との関係



本校実習職員に依頼した。水熱量計の質量等は物理天秤（内田KB-500）、時間はストップウォッチを使用した。電圧・電流は安定していたので、実験中の調節は省略した。

実験は全部で9回実施したが、その結果をまとめたのが表1である。また温度と時間の関係を表2のグラフにまとめた。表2のグラフの温度軸は三つの温度を目盛ったが、これは測定値と上昇温度を推定する目的からである。

5. 考 察

電圧V、電流i、時間をTとすると抵抗で発生するジュール熱は $V \cdot i \cdot T$ であり、水と水当量をM、温度上昇をt、水の比熱を1.0として熱の仕事当量Jは

$$J = \frac{V \cdot i \cdot T}{M \cdot t} \quad [J/\text{cal}]$$

で求められる。この場合の相対誤差は

$$\left| \frac{dJ}{J} \right| = \left| \frac{dV}{V} \right| + \left| \frac{di}{i} \right| + \left| \frac{dT}{T} \right| + \left| \frac{dM}{M} \right| + \left| \frac{dt}{t} \right|$$

で表わされ、今回測定値等を代入して相対誤差を求める

$$\begin{aligned} \left| \frac{dJ}{J} \right| &= \left| \frac{0.375}{15} \right| + \left| \frac{0.0125}{0.460} \right| + \left| \frac{0.1}{30} \right| + \left| \frac{0.01}{100} \right| \\ &\quad + \left| \frac{0.1}{2} \right| = 0.106 \div 0.11 \end{aligned}$$

となり、11%に達することが解かる。従ってJの値は3.73～4.65 [J/cal] になるが、温度をグラフより読みとて1/100の精度にしても6.1%即ち3.93～4.45 [J/cal] である。温度測定の誤差を少なくするのはむずかしいが電圧・電流変化を計器の誤差を含めて1%以内におさえると3%以下の誤差が可能である。従って、今回用いた電圧・電流の誤差を少なくす

る発想は理論的にも、測定結果をみても正しかったと判断できる。又温度を求めるのにグラフを用いて推定する方法も有効であることが確認できる。

さて、今回の実験でB1u～B3uの結果は6%以内におさまらないので脈流電源の使用はさけた方が無難である。室温と水温の関係も考えるべきであったが、この両者の差が大きいほど誤差が大きくなることが予想される。一般に室温より水温が低いので室温より2K低い状態より実験を始めれば、良い結果が期待できるのではないか。

6. おわりに

高等学校生徒用理振器具をもついて、熱の仕事当量の値を4.196 [J/cal] にいかに近づけるかを考えたのであるが、今回の実験では熱量計に入れる水の量、室温と水温の関係等を考慮せずに測定をしたが、水の量は温度変化に関係し、室温は失なわれる熱に關係するので追求してみる必要があろう。又11グループで生徒実験をした場合、はたして6%以内の誤差におさまるか疑問が残るが、今回は時間の関係で出来なかった。

最後に、この実験の測定を行なっていただいた本校実習職員、渡辺まゆみ氏に深く感謝を表します。

参考文献

- 1) 物理教育研究 A6.8. 1980.5 P51～52
- 2) トランジスタ活用ハンドブック CQ出版社 P316
- 3) 先生と生徒のための物理実験
1960. P18 共立出版
- 4) 吉田卯三郎・武居文助著 物理学実験
1961. P234 三省堂

素粒子理論の近況について

北海道大学理学部 金沢 昭

はじめに

この十数年程の間に高エネルギー実験の数々の成果に支えられながら理論の分野でもグラシュ・ワインバーグ・サラムの電磁弱統一理論の成功に象徴される著しい発展があり、自然に対する我々の認識も大いに深まりました。以下に紙面の許すかぎりその概略を述べることにします。

1. もともと素粒子物理学は「物質の窮極構造である“素粒子”とはどんなものか、またそれらの示す現象、相互作用を支配する法則を深り、これにより素粒子の全体像とこれを正しく記述する統一的な理論を見出すこと」を目的とするといってよいでしょう。勿論いつの時点でも我々の実験的知識は限られていますので、これを基に立てられた“最終理論”も眞の理論のその時点における最も近似にすぎないのは止むを得ません。素粒子に関する代表的な古典論である崩壊についてのフェルミの理論や核力の湯川理論も、各々弱及び強相互作用についての1つの近似理論がありました。

今1つ古典的な理論でしかも眞の理論に対する重要な手掛りを与えていたと考えられているのは量子電磁力学(QED)です。これは荷電粒子と光子の相互作用を記述する量子場の理論で、不思議なことに1つの例外もなしにしかも実験精度が増すにつれて益々理論の予言と実験結果

は完全に一致し、またクリコミ処法を認めるかぎり内部矛盾のない理論でした。従って素粒子の最終理論もおそらくはQEDによく似た型式の理論であろうと考えられてきました。このQEDの大きな特徴はゲージ場の理論であるということです。素粒子間のすべての相互作用をいづれもゲージ理論の形にまとめ、さらにこれらを1つに統合して大統一理論にしたいとする考えには残念ながら多くの障害があつて永い間夢物語でありました。しかしこの10年程の学問の急速な進歩がこの夢を現実化しつつあるといえます。理論の詳細を述べる前に、現在我々のもつている“素粒子”的描像について見ることにします。

我々が通常の粒子観測機器である乾板、スパーク箱、泡箱、カウンタ等で直接確認できるか、または運動量保存則等を通して確かめ得る粒子はレプトン(電子、中性微子等)、ハドロン(核子、 π 中間子等及びそれらの励起状態)と光子に大別されます。これらの粒子の関与する相互作用もその特徴によって3つの型に分類されます(本論では重力に関することは除きます)。第1は光子と荷電粒子の電磁相互作用で、粒子はレプトン、ハドロンの種類を問いません。第2は崩壊を例とするレプトンやハドロンの弱い相互作用、第3はハドロンのみに見られる強

い相互作用で核力はその例です。所でハドロンはその励起状態も含めると種類が極めて多く(100種以上)、原子核が核子の多体系であった故知にならって、これらもまたより基本的な粒子であるクオークの複合系と考えられています。現在クオークとして認知されているのはu, d, s, c, b の5種類のもので、その属性は表1に掲げてあります。実際、核子属はクオークの

表 1

クオーク	呼 称	スピン	荷電	核子数
u	up	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
d	down	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
s	strange	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
c	charm	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$
b	bottom	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$

3体系、中間子属はクオークと反クオークの2体系であると仮定すると、多様に存在するハドロンをその属性も含めて規則的に再現することができます。なおs, c, bは各々ストレンジネス、チャーム、ビュタインなる量子数をもち、これらは強い相互作用による反応では保存します。

2. 若しもクオークが単に便宜的なものでなく実在するのであれば、我々の世界はスピン $\frac{1}{2}$ のディラック粒子であるレプトンやクオークとそれらの間に働く3種類の力である電磁、弱・強相互作用を媒介する光子、弱ベクトル粒子とグムオンと呼ばれるいづれもスピン1の粒子から創られていると考えることができます。多様なハドロンを含む素粒子の複雑な世界をこのような単純な描像で正しく書き得るとすればこれは素晴らしいことです。これを可能にするには然る可き数学的道具立ても必要ですが、まずはクオ

ーク自身の存在を確かめねばなりません。

今まで謂ゆる“クオーク探がし”と呼ばれる実験が数多く行われてきました。クオークを発見出来ればノーベル賞は間違いないしといわれています。クオーク探がしの眼点は、ハドロンやレプトンの電荷が全て陽子の電荷eの整数倍であるに反し、クオークのそれは $\frac{1}{3}$ 倍か $-\frac{1}{3}$ 倍であることです。この為乾板や泡箱での飛跡の濃度が通常の粒子より薄くなります。またミリカン流の電荷の直接測定によても、若しクオークが単独に存在するならそれを確かめることが出来るはずです。しかし今まで行はれた信頼すべき実験の全ては1つの例外を除きクオークの存在を否定しています。この例外とは極低温の著名な実験家フェアバンクス等のミリカン法による実験です。彼等は霧滴の代りにニオブやタンゲステン粒を使ってこれに附着したクオークの電荷を注意深く測定し e/3の-1倍または2倍の値を得たのです。ただ残念なことに、このクオークはニオブは好むがタンゲステンが嫌いで、またフェアバンクス以外の人を避けるらしいといわれ、クオーク存在の確証とはされません。

クオークが単独ではこの世に存在しないとすれば我々は全てを振出しに戻さねばならないのでしょうか。若し前に述べた最終理論への筋書きを諦めないとすれば、クオークはハドロンという複数個の結合状態でのみその存在を許されることになります。つまりクオークがハドロン内に閉込められるうまい理屈が必要です。このクオーク閉込めの問題は素粒子論の中心課題の一つで、第5節にその解決策の一端を述べます。

3. 前節で述べた素粒子描像の理論的型式化はいずれも Q E D と類似のゲージ理論によっていますので多少難解とは思いますがその簡単な説明をします。電子の量子電磁力学を例にとりまると、理論の基礎になるこの系のラグランジアンは電子場 $\psi(x)$ と光子場 $A_\mu(x)$ で書かれています。ここに x は 4 次元時空の 1 点を表わし、 μ は 0 から 3 まで走る 4 次元ベクトルの指標です。このラグランジアンは電子場の位相を

$$\psi(x) \rightarrow \exp\{ieA(x)\}\psi(x) \quad (1)$$

と変えてやっても、同時に光子場（電磁場）を

$$A_\mu(x) \rightarrow A_\mu(x) + \partial_\mu A(x) \quad (2)$$

と変えてやると不变に保たれます。ここで e は電子の電荷ですが相互作用の強さを表わす結合定数でもあります。変換(1)の位相 A は時空点 x の関数であってよいので、この変換を局所ゲージ変換と呼んでいます。この理論を量子化したとき、エネルギーの最低状態である真空はこの変換に対して変化しないので、全ての観測量のゲージ不变性が保証されます。光子の質量が零であるとか、光子は 4 成分のベクトル A_μ で表わされるにも係わらず横波に対応する 2 つの自由度しかもたないこと等はこの不变性の結果です。

一般に粒子場 ψ の局所ゲージ変換に対するラグランジアンの不变性を保障するために導入された電磁場のようなベクトル場をゲージ場と呼びますが、これに対応する粒子（ゲージ粒子）は光子と同様に質量を持ちえません。またこの不变性のため粒子間の相互作用の形が強く制約されるので、理論のクリコミ可能性が保証されます。この事は“最終理論”のための重要な資格と考えられています。

複数の粒子場が共存する Q E D ではゲージ交換に対して各々の場がその電荷に比例した位相変化を受けるだけですが、一般にはいくつかの粒子場 $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$ が組になって互に入り混りながら位相を変えるゲージ変換を考えることができます。この場合、(1)で ψ を場 ψ_1, \dots, ψ_n を縦に並べた n 行ベクトルとすれば A は $n \times n$ 行列になります。2 つのゲージ変換を連続して行えば結果はある 1 つのゲージ変換を 1 回行ったのと同じになりますのでこの変換は数学でいう群を作ります。Q E D の場合は変換の積は単に各々の変換の位相の和に対応する変換になりますから 2 つの変換の順序をかえても答は同じです（可換群）。しかし A が行列になる場合は順序を変えると結果は異ります（非可換群）。またこの群（ゲージ群）の性質に応じて定まる複数個のゲージ場が必要になります。このようなゲージ理論をヤング・ミルズ場の理論と呼び、我々の素粒子像を記述する主役になっています。

4. さてレプトンやクォークの弱相互作用は重い荷電ベクトル粒子 W^I により媒介されることはかなり以前から知られていました。しかし W が質量をもつためこの理論はクリコミ不可能で現象論の境をでませんでした。ゲージ理論にすればクリコミ可能になるわけですが W の質量が零となって実験と合いません。この矛盾は 1967 年グラショーやワインバーグ、サラム等によりヒグス機構と呼ばれる巧妙な方法により解決されました。しかもこの理論はレプトン間の弱い相互作用と電磁相互作用を統一的に記述した画期的なものになっていました。これは“最終理論”への重要な一步といえます。

彼等の理論はある行列群 ($SU(2) \times U(1)$) をゲージ群とするレプトンに関するゲージ理論で四つのゲージ場 (荷電士と中性 2つ) をもっています。さらにこの理論にはヒグス場と呼ばれるスカラーアー場が導入されていて重要な働きをしています。このヒグス場はゲージ変換を受けるにも係わらず真空期待値が零にならないのです。この事は、系のラグランジアンはゲージ不变という対称性をもっているが真空がその対称性 (不变性) をもたない事を示しています。このため理論全体としてはゲージ対称性が破れてしまいます。この事情は強磁性体の自発磁化の機構と全く同じで、自発的な対称性の破れといわれています。このように対称性が破れるときには一般には質量のないスカラーパーティクル (南部ゴールドストン粒子) が現れ困ることになるのですが、この理論の場合これが変じてゲージ粒子の質量になるのです (ヒグス機構)。またこの理論では対称性の破れは部分的で、結果として 4 つのゲージ粒子のうち 3 つが質量をもち (W^{\pm} と Z^0)、1 つが質量零のままで残って光子になります。ここで大切なのは理論のクリコミ可能性が対称性の自発的破れにより損なわれないことです。この理論の特徴の 1 つは重い中性ゲージ粒子 Z^0 が現われることで、これが媒介する新しい弱相互作用 (中性流相互作用) の存在は最近実験的にも確かめられこの理論の正当性の強い証拠になっています。

この理論は後にクォークを含むように拡張されましたが、標準的な方法によればこの拡張には新たな理論的困難を避けるためクォークを (u, d) (c, s) のように 2 種づつ組にして最低

2 組以上導入する必要がありました。1970 年前半に電子陽電子散乱でみつかった J/ψ パーティクルがチャームクォーク c とその反粒子の束縛状態であることが認められて、それ以前に知られていた u, d, s と合わせてクォークが少くとも 4 つになったのは、この理論にとって好都合なことでした。今日すでにやはり束縛状態として b クォークがみつかっていますのでこれに対応する t (トップ) クォークの “発見” が待たれています。

5. 次にクォークの強い相互作用について述べます。ゲージ粒子であるグルオンを媒介にしてクォーク間に強い力が働くこと、これらの束縛状態 (ハドロン) ができると考えます。核子の仲間の Δ^{++} パーティクルはスピンが 3 ですがスピンによる質量差を無視すれば核子 (スピン $\frac{1}{2}$) と同列で核子属では一番軽い (基底状態) パーティクルです。 Δ^{++} のスpin 上向きの状態はスpin 上向きの u クォーク u_{\uparrow}^+ 3 ケでできています。クォークはフェルミ粒子ですからパウリの原理によって Δ^{++} の波動関数は u_{\uparrow}^+ の入れ換えに対して反対称でなければなりません。所が u_{\uparrow}^+ のスpin はいずれも上向きですから Δ^{++} 波動関数のスpin 部分は対称です。また Δ^{++} が基底状態であることから空間部分波動関数もまた対称で、全体として対称になってしまいパウリ原理に矛盾します。

この困難を避けるため、クォークはどのクォークも全て赤黄青の 3 色の色 (実際の色でなく抽象的なもの) の自由度をもつと考え、 Δ^{++} の波動関数は色自由度の部分が反対称になっていればよいことになります。色自由度部分が反対称化されているので Δ^{++} について “色” の測定を

やっても平均化されて無色になって観測にかかる仕掛けになっています。△⁺⁺にかぎらずすべてのハドロンについて同様のことがいえます。

クオーク α は3色ですからそれを $\alpha_R, \alpha_Y, \alpha_B$ と書けば、これらを重ね合わせる位相変換を考えることが出来ます。これに対するゲージ不变性を要求すると8ヶの色附グルオン($G^{RR}, G^{RY} \dots G^{BB}$, ただし $G^{RR} + G^{YY} + G^{BB} = 0$)をゲージ粒子としてもつゲージ理論ができます。これが量子色力学(QCD)と呼ばれるもので、ハドロンの強い相互作用の基礎理論として最も有望視されているものです。

QCDはQEDとよく似ているのですがゲージ群が非可換であるために、いくつかの点で重要な差異があります。例えばQEDでは電荷 e_0 の粒子が空間のある点に存在すると周りの真空が分極を起して e_0 を中和する傾向を生じ、十分離れた所からこの粒子を見ると正味の電荷 e は $|e| < |e_0|$ となってしまいます。所がQCDの場合は電荷に対応するのは“色”または色電荷になるわけですが、光子とちがって力を媒介するグルオン自身が色電荷をもっているため真空分極の様子が異り、分極が逆方向におこります。このためクオークの正味の色電荷は遠方からみれば大きく、逆に接近すればする程小さくなっています。

高エネルギーでハドロンを衝突させると結果はクオーク同志の衝突になるわけですが、衝突エネルギーが高ければ高い程クオーク間の平均接近距離が小さくなり、衝突の際に働く力もクオークの正味の色電荷が小さくなるため弱くなります。これを漸近自由性といって、グルオン

を媒介役とする力は強い力であるにも係わらず、関与するエネルギーが大きくなれば力が弱まり摂動論が使えるようになります。従って定量的な計算が可能になり理論の実験的検証を容易にします。この方面的研究は目下進行中です。

クオーク同志やクオーク・反クオーク間の相対距離が大きくなると各々の正味の色電荷が増大するため結合力もふえてゆき、ある距離以上離れると相対距離に無関係な一定の強い力で引き合うようになります。この場合実際には途中にクオークと反クオークの対がいくつも出来て、鎖がちぎれるように多くのハドロンが生成することになります。ともかくクオークは単独ではハドロンの外に脱出できないのです。これがクオーク閉込めの定性的な説明ですが、ここでは強い力を直接取扱かわねばならないので数学的にも高度の技術が必要で厳密な証明は今一步というところです。

6. 予定の紙面を越えてしましましたので最後に一言。ワインバーグ等によってレプトンやクオークの弱い相互作用と電磁力の統一が実現しました。一方強い相互作用の理論であるQCDも同じ型式のゲージ理論ですから、これらすべてを統合する大統一理論を作りたいと考えるのは自然なことです(Grand Unified Theory)。実際このような試みも目下進行中で、これらの理論は宇宙創成期の出来事から陽子の寿命、つまりはこの世の終りまでを論題とする野心的で規模雄大なものがですが、詳細はまたの機会にゆることにします。

昭和 56 年度支部研究会の記録

期日 昭和 56 年 12 月 12 日 (土) 午後 2 時より

会場 北大工学部

内容 研究発表 (原著講演) 7 件

[1] C A I 用の教材作製

北海道大学工学部 北 村 正 直

今日我国においても、多数の学者、教師が C A I に興味をもちその研究に従事している。一方国内の電算機メーカーも C A I 機器を開発している。しかし、C A I が実際の教育の場面で使用された効果をあげている例は極めてまれであるし、近い将来においても C A I が普及する見込みは全くない。その理由としてはいくつもかぞえあげることができるが、今回は、C A I 教材のプログラム作製の方法の問題をとりあげ、筆者の考えている C A I 教材の作製の概念を紹介する。

現在、実際に使用されている C A I の教材は皆 FORTRAN, APL 等の高級言語または、ASSEMBLER 機械語で組まれている。これらの教材をプログラム化するのには、これらの言語に可成り習熟した者でなければならない。いわゆるソフトの専門家のみが C A I の教材のプログラムを作ることができるのである。米国の大 学の教育工学センターともいべきところには、この様な専門家があり、C A I 用の教材を教官

と協力して作製している。しかし、米国においても、この様な方法で教材を作っている限り、C A I の教材の製作費は高くつき、作られた教材が余ほど多数の人々に利用されない限り採算はとれないであろう。まして日本のように、大学に教官はいるが技官のほとんどいないところでは C A I に関する研究はすゝんでいるが、実際の教育の場面で用いることのできる教材を作ることは殆んど不可能のように思える。教育工学の専門家でない教官は教育それ自身に興味があり、C A I に興味をもっていても、自分自身で複雑な C A I の教材のプログラムを作製するほどそれに打込む気もなければ、実際そのための時間的余裕もない。また教材をソフトウェア会社に頼んでプログラム化してもらう予算もない。ソフトの専門家は、最初の幾つかの C A I プログラムを作成するときは興味をもって仕事を打込むであろうが、ルーティン化してしまうと、C A I の教材のプログラム化も専門家としての誇りを持って取り組む意欲をそるものではな

くなるであろう。

前段で述べた C A I のプログラムに用いられている言語は、 C A I 教材化のための言語ではない。従って C A I 教材のプログラムをこれで書くときには、それにとり便利な機能は少なく、従ってプログラムは複雑になり、教材作製には、経験をつんだソフトの専門家の能力が必要となる。これらの高級言語のなかでも、 A P L という言語は少しは便利で、筑波大学はこれを用いて、現在 C A I システムを開発中と聞いている。一方あるメーカーは、 C A I 用の特殊な機能をもった言語を開発し、 C A I の機器を作製しそれにこの言語をのせて市販している。これは非常に便利な機械であるが、高価なことと、この言語をあらためて習得せねばならぬわづらしさと、個々の教材ごとに複雑なプログラムを組まねばならぬということで、このメーカーが、最初に作成した二、三の教材以外に教材はできていない。すなわち、この優れた言語でもメーカー自身以外は誰も使用していないといつてよい。

私の発想の原点は、いかにこのプログラム作製のわづらしさをさけるかということである。現在私は、客観テストの回答を、マークカードに記入させ、これを電算機で処理している。そのためのプログラムは、採点者が数個の手順さえおぼえれば、電算機とプログラムのことを何も知らなくとも使用できるように組んである。 C A I の教材作製も同じ様にすることが可能ではなかろうかと考えるようになった。

私の研究室には現在、英文ワード・プロセッサーがある。これは電算機そのものであり、

F O R T R A N , C O B O L , B A S I C 等の言語を用いることもできる。そこで、英文ワード・プロセッサーで、教材のテキスト、問題文、解答、指示文を、タイプライターを打つと同様にして作製することを教材作製の第一段階とする。この教材を、適当の大きさのページとして、ページ番号をつけて、フロッピーに格納する。このページを我々はファイルと呼ぶ。次にこれを、他の言語、我々の場合は B A S I C で呼び出せる様式に変換する。これが第二段階である。次に C A I コース発生プログラムを電算機に呼び込む。このプログラムは“コースのタイトル、レッスン数、各レッスンのテキスト、問題、指示の頁数、その配列順等を、コースの作製者にたづねる。同様に各問題の様式、正答等もたづねる。コースの作製者はたゞそれらの質問にこたえてキーを打てばよい。プログラムは、それに従って種々の記号の表をファイルとして作製していく。 C A I のコースは、テキスト、問題、解答、指示等のファイルとこの記号のファイルとより成っている。これで C A I の教材は完成したことになる。

このコースの学習者は、学習プログラムを呼び出す。このプログラムは、学習者の打込んだコース名より、そのコースを教材の記号のファイルを読みはじめる。その記号を解釈しながら、テキストを C R T 上に表示し、学習者に問題を提示し解答を求め、解答を探点し、評価文を C R T 上に出し、学習者をはげましながらコースを開拓していく。学習評価は、また別なファイルに記録することになる。

この様な方法の利点は、一つのプログラムを

書けばあとは教材をつくるのにプログラムを書く必要はない。しかもこのプログラムにコースを準備する者に電算機、とその言語の知識をほとんど要求しない。従って誰でも教材を作製することができることである。

現在、私の研究室には英文のワード・プロセッサーのみであり、従って教材は英語教育を念頭において仕事をすゝめている。さらに、テキストの読み込み方法等、また、いくつかの C A I に必要な特殊な機能を付加することも必要である。

以下に C A I コース発生プログラムと教材作製者との会話の例をのせよう。コースは 15 課とする。また、各課は 3 ~ 8 頁のテキストと 1 ~ 3 頁の評価問題、1 頁の解答と指示、2 ~ 3 頁の指示文とから成っていると仮定する。プログラムを開始させるとこらから始めよう。C はコンピューターの問であり、A は作製者の応答である。

C : What is the title of the course ?

A : G R 1 - 2. (Graded Reading, level 1, text No. 2 の意味)

C : How many lessons ?

A : 15

C : How many text-pages in the lesson ?

A : 5 (ここでテキストの 1 ~ 5 頁が G R 1 - 2 - 1, 2, ..., 5 として登録される。)

C : How many problem-pages in the lesson ?

A : 2 (問題の最初の 2 頁が G R 1 - 2 - 6, 7 として登録される。)

C : How many direction pages ?

A : 2

C : How many problems in the lesson ?

A : 10

C : What type is problem 1 ? Indicate the type by the num of the following list.

1. Multiple choice
2. True or False
3. Connection
4. blank filling

A : 2 (T or F type の問題作製のサブプログラムに飛ぶ)

C : Give the collect answer

A : T

C : Will a direction be given ? (Y or N)

A : Y

(例えば、T と答えたときには、Good / You are right.
F と答えたときは、No ./ You are wrong. として何故 T が正しい答えであるかを英文で説明する。その説明文はあらかじめ問題のファイルに納めてある。)

このようにして作製者はプログラムと会話をつづけていく。プログラムは作製者の応答によって、記号の表をファイルとしてつくっていく。私はこの様な形式を File handling の方法と呼んでいる。すなわち、あらかじめつくられたファイルを読みとり提示・比較・評価をする記号 (key words) の表を作製することがプログラ

ムをつくることに相当する。このコースを動かすのには、この記号を読み取って解釈し、それに従ってテキスト、問題のファイルを取扱うという方法である。この様な方法では最初は、非常に限られた機能の C A I 教材しか準備できないかもしれない。しかしどんなに優れた機能を

持つ通常の教材でも大半はこの様な簡単な機能のみを用いているのであるから、最初はできるだけ単純な機能を持つだけにしようと計画している。将来はソフトとハードの進歩を期待し、優れた機能を利用できるものと楽観している。

[2] 室蘭工業大学の入学試験に関する一報告

室蘭工業大学 勝木 喜一郎

- (1) 共通第一次試験の配点変更について
- (2) 二次募集の採用について
- (3) 推薦入学の中止について

[3] 高校入試に関する一考察（その二）

札幌東高等学校 秋山 敏弘

§ 1 はじめに

公立高等学校入学者選抜学力テスト（学テ）は毎年3月初旬に実施される。昭和55年6月、北海道札幌東高等学校の第一学年生徒42名（男子28名、女子14名）に55年度学テ理科の問題を再テストした。入試の際には正答できた問い合わせの中には、今回は正答を与えることができないものが生ずるであろうし、またこの逆に、今回は正答できるようになっているものもあるであろう。しかし、その変化の状況も、物理・化学・生物・地学の4つの科目の間には差異があ

ろう。これを調べてみたいと思った。

目的は、「高校入試問題に対する高校生の正答率」⁽¹⁾の内容の細部検討資料を得ることと、この調査結果をもとにして生徒と話合うことによって、生徒の理科学習についての基本的な考え方を確かめておきたかったこととの二つである。

§ 2. 方 法

① 高校入試の際の答案と再テストにおいてのそれとを一人一人について比較し、一問ごとに正誤の変化の有無、方向について記録する。昭和55年度の学テ理科は、小問数では物理8、

化学8、生物10、地学9の計35問である。

② 高校2年生20名に対して、①の結果を提示し、因ってきたる原因について意見をもらい、これをまとめる。

§3. 結 果

答案数は42組である。物理のべ解答組数は、 $8 \times 42 = 336$ で、このうち入試の際の正答数は232、誤答数は104であった。再テストにおいては正答の16%にあたる36問が誤答に、誤答の41%にあたる43問が正答に変わった。この変化を科目ごとに表示したのが下の表1である。

表 1

	物理	化学	生物	地学
A	16	12	6	11
B	41	54	65	29

A……正答から誤答へ(%)

B……誤答から正答へ(%)

正答から誤答への変化には科目間の差は少ないが、誤答から正答への変化には科目間の格差が存在するようである。

表1についての生徒の意見は次の通りである。

1. 学テを頂点とする中学校理科は暗記教科である。暗記しにくい科目がきらわれる。
2. 物理は数値関係が複雑で覚えづらい。それには、量関係を式化することが苦手なことが手伝っている。

§4. おわりに

以下に述べることは、陳腐な意見である。しかし、これを繰り返さざるを得ない。

理科教育において暗記は不可欠である。全面的にこれを排斥はできない。だが生徒は余りにも、暗記にのめりこんでいるように見える。このようになったのには学テの出題方針がかなり影響しているように思われる。かっての出題側の一人として責任を感じないわけにはゆかない。今後は入試問題一問ごとの精査研究が必要であると考えさせられた。

文 献

- 1) 秋山敏弘：日本物理教育学会誌29 (1981)、4.

〔4〕 理科Iの成立背景と展開・評価上の問題点

札幌藻岩高等学校 山 田 大 隆

資料1、国内外における総合理科研究の現況

(初出：拙稿「英米の総合理科研究を通してみた理科Iの意義と発展の展望」『北海道の理科』Vol. 22, P 32 ~ 42, 1979, 7)

資料2、理科Iにおける教授内容と評価 —

自然科学概論的手法と形成的評価 —

(初出：拙稿「現行物理教育における実践上の諸問題についての考察」『北海道の理科』Vol. 19, P 9 ~ 25, 1976. 3. および拙稿「英米の総合理科研究を通してみた理科Iの意義と発展の

展望」『北海道の理科』Vol. 22, P 29 ~ 49,
1979. 7. および拙稿「理科Ⅰの形成的評価シ
ステム開発の試み（Ⅰ）」「第51回日本理化学
協会年会総会、予稿（資料）集第2巻、P 256
~ 259, 1980. 7.』

1. はじめに — 現在における理科Ⅰ 理念再検討の必要性 —

昭和57年度から理科Ⅰが実施されるが、準備最終年度の昭和56年は、東北・北海道地区文部省伝達講習会（9月福島）、理化学協会年会（8月岐阜）、北海道理研研究会年会（7月旭川）教育課程研究協議会（11月札幌）、北海道高校研究会年会（昭和57年1月札幌）の、官制・民間の各研究会で活発な協議がなされた。しかしながら、筆者が実際に参加（福島は伝聞）し分析をする限りでは、これら各研究会での論議は技術論（教科書・カリキュラム決定・担当人数）が主で、この教科のもつ文化社会史的背景、総合理科（Combined Science）としての国内外教育思潮上の意義や指導評価技術上の特徴本質を明らかにした総合性に立脚した本質論のものは少ない。筆者は、新しい教科創造の意義を支持し、またこの立場（一人で教え評価すること）がなくば、理科Ⅰの発展・存続はないとの確信から、この時期での理念再検討（今後の実施でも底流となる）を提唱したものである。（新教科創出とは、理念確認、具体的教案の累積、新発想による教授法、新評価法（形成的評価）の全面使用を総合した理科Ⅰ参考書を書くことに他ならない）

2. 総合理科として理科Ⅰを実施す る意義

理科Ⅰに先駆する総合理科として現行課程での基礎理科があり、この科目の理念的背景となつたのが英米で1960年代より教育の現代化運動の一貫として研究された総合理科（Combined Science - 英、 Integrated Science - 米）である。前掲資料1により、その概要は概観できるが、成書として、 Nuffield Combined Science, Newtrends in Integrated Science (Unesco) がよく、論文としては、 Klopfer, Schowalter (The Science Teacher に掲載) のものが中心で、これは、総合理科教授内容を、自然から教育目標へ至る何本かの基本的概念に付与された学習単位として把え (Schowalter)、筆者はその基本的概念を、資料2により、四大基本概念（原子論、エネルギーの保存と互換性、進化論、自然の階層性）に設定、総合化の基本構造とする。採択の決った理科Ⅰ教科書（筆者勤務校では実教出版）で、通常の教授法で4領域教案作成をすると8単位となり、標準4単位実施では2倍の教授速度となり、学習効果の激減を招来する（資料2）。従って、中学までの学習事項を念頭とした自然科学概論としての理科Ⅰを定立する為には、このような総合化と、教授法における大膽なモデル化がどうしても必要で、理科Ⅰは創造的教科として指導法、内容構成の独創物の集積したものとなるであろう。その教育効果の追求には、次に述べる、電算機利用の形成的評価法による教案修正と理解度調査が要となる。

3. 理科Ⅰの定着・発展のための教育工学的手段の活用

— 形成的評価の導入 —

既成教科の教授法改善・理解度調査用分析装置として C M I , C A I があり、近年の技術革新でミニコンからマイコンベース化し、利用し

やすくなった。北大工学部(北村研)開発のもので S P 表作成マークカード入力式で一式 600 万円、北教大教育工学センター開発の同様のもので一式 90 万円(但し C - B A S I C 不可)で今後の現場普及で理科Ⅰの形成的評価進展に威力を發揮するであろう(資料 2)。

[5] 理科Ⅰ教科書の物理的領域の実験の扱い方について

札幌工業高等学校 池田 城修

1. 教科書の構成のされ方

23種類の教科書のうち、21種類は4領域がはっきり分かれた構成になっている。その構成のされ方は、表Ⅰの通りである。この表で注目すべきことは、地学的領域が最初に来る教科書が一つもないことである。

理科Ⅰを2人で分担することを考慮して2分冊にしたもののが3種類あるが、他の教科書もこれと同様に2分(前後で割る)と、表からわかるように物地12、生地9という組合せ方になっている。

物理的領域の構成は、速度・加速度—運動の法則—落体の運動(Aタイプ)と、速度・加速度—落体の運動—運動の法則(Bタイプ)の二つがある。23種の教科書について調べると、Aタイプ13種、Bタイプ10種である。

表Ⅰ

構成順序	冊数
物化 生地	2
物地 化生	1
物地 生化	2
化物 生地	4
化生 物地	3
生化 物地	6
生地 化物	3

2. 生徒実験の扱い方

物理的領域の生徒実験についてまとめる表Ⅱのようになる。

表Ⅱ

	実験項目	実験項目数	*冊数
a	速度・加速度の測定	12	11
b	自由落下運動	15	14
c	運動の法則	21	18
d	力学的エネルギーと仕事	4	4
e	力学的エネルギーの保存	11	11
f	熱の仕事当量	9	9
g	固体の比熱	12	12
h	その他	2	2

実験を詳細にみると、実験 a で、テープをはるのと、計算によるのとは、半々であり、いわ

* 1種類は実験が明確でないので表から除く、実験の詳細は発表資料を参照されたい。

** 2項目が1冊に入っていたり、2つに分けて実験項目を設けているため一致しない。

ゆるやさしい方に実験として少ない。実験 b では、計算によるものが約 60 秒である。また実験 c では、テープをはるのが 5 割強である。b・c はどの種類にもでている。実験 d は、やさしい方に多く、実験 e は、むづかしい方によくでている。

これらの実験の扱い方で問題になるのは、速

度・加速度の単位の扱い方である。テープをはる方法では、 $\text{cm}/5\text{打}$ 、 $\text{cm}/(5\text{打})^2$ 等を用いているが、同一教科書で、a, b, c の実験では $\text{cm}/5\text{打}$ 、 cm/s が入り乱れてでてくるものが 2~3 見られた。どちらの単位がよいか今後研究する必要があろう。

[6] 加速度計を自作して

札幌西高等学校 加藤誠也

I. はじめに

加速度を高校レベルで実測したい（その精度にはあまりこだわらない）。特に単振動のそれは板書により等速円運動の成分として導出している場合が殆んどであるが生徒に押しつけていく感が深く、その辺を定性的でもいいから体得させたい。これが本器作製の動機である。

II. 器 機

回転運動を測定することを考慮して、器機は加速度の検出部と記録部の二部に分け、その間を無線（ラジコン）で伝達する方式をとった。

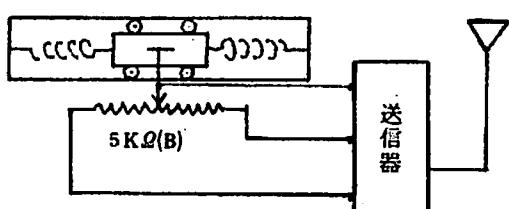
情報が一種類なのでチャンネルがひとつでよく自作を考えたが部品が思うように手に入らず、市販の二チャンネルラジコンを使用することにした。（回路はメーカー秘で不明）

1) 検出部

ラジコンの送信部を用いて不要なチャンネルはニュートラル状態で固定し、残りのチャンネ

ルを、ペアリングを 8 個つけた台車に作用する慣性力によって線形可変抵抗を動かして変調し送信している。この場合、台車に働くフリクションが問題となるが台車の質量を大きくし（300g）抵抗の摺動部を動かす力と台車に作用する慣性力の比が大きくなるよう配慮した。又ペアリングはグリスを抜いて使用しており、満足ではないがバネの復元力によるニュートラルは保たれている。尚、検出部台車のもつ個有振動数と、外部の振動による共振の問題は、現在のところ近づけないように実験することでその影響から逃れている。

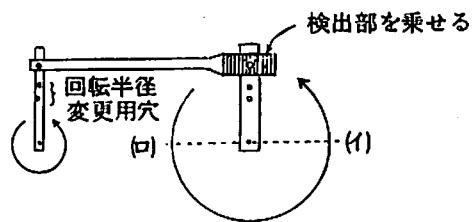
（下図）



2) 記録部

検出部からの情報は受信部のサーボモーターにより、検出部の変位に比例する回転角として得ることが出来る。当初、メーターの針をサーボモーターに直結し目モリをよむ方針であったが「加速度-時間」の関係を測定するため、加速度を記録紙に記録する方式をとった。台車の変位が記録部でリニアに記録されるようサーボモーターにブーリーをつけ、これにかけたベルトによって記録ペンを動かし記録している。尚サーボモーターはペアリング入りのバックラッシュの無視出来る、応答性の早いものを使用し、記録紙走行用モーターは、テープコーダーに使用していたシンクロつきのもので回転は安定しており、記録紙の走行速度は一定とみなすことが出来る。

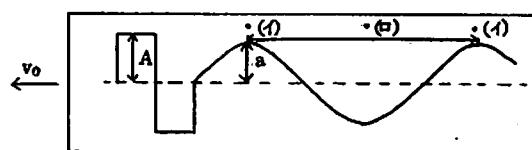
(下図)



- 回転数は可変。
- (1), (2)の位置でテープにマーカーを打つ。

2) 実験・データ解析

実験は、補助装置の一部が未完のため回転半径 $r_0 = 20 \text{ cm}$ 及び 30 cm の 2 種類で回転数は任意（5 段階に変化）にしてデータをとった。記録紙の解釈は以下のようになる。



A : 重力による変位

a : 单振動による最大変位 (a の加速度の大きさは $\alpha = a/A \times 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$)

ℓ : 回転周期を T とおくと記録紙の走行速度

$$V_0 \text{ (一定)} \text{ より } V_0 \cdot T = \ell, T = \ell/V_0$$

$$\omega \text{ (角速度)} = 2\pi/T = 2\pi V_0/\ell$$

これ等より以下の関係が導かれる。

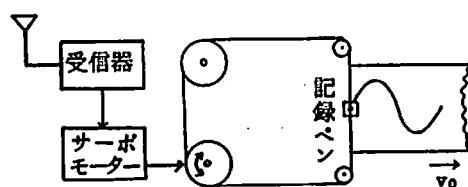
振巾 r_0 、角速度 ω の单振動の加速度の最大値は $r_0 \cdot \omega^2$

$$\text{従って、 } \alpha (= a \cdot g/A) = r_0 \cdot \omega^2 =$$

$$4\pi^2 r_0 V_0^2 / \ell^2$$

$$\text{故に、 } a \cdot \ell^2 = 4\pi r_0 V_0^2 A/g (= \text{一定}) \cdots ①$$

すなわち ① より $a \cdot \ell^2$ が一定であることが実証出来れば、波形及び最大加速度の位置を含



III. 実験

1) 补助装置

検出部を乗せて单振動運動をする装置が補助装置として必要であり多くの教科書の導出法のように等速円運動を利用する次図の装置を設計した。

検出部の台車は、リニアにのみ運動するため、次図の装置で单振動の加速度が測定出来る。

めて単振動の加速度が検証されたことになる。

(生徒実験の場合は、 $r_0 = \text{一定}$ における $\alpha - \omega^2$ $\omega = \text{一定}$ の場合の $\alpha - r_0$ の関係をグラフ化することになる。)

今回は補助装置が完動しないためデータに不満があったが、実測の結果は以下のようになった。

$$r_0 = 20 \text{ cm}$$

	1	2	3	4	5	
a	1.4	1.45	1.25	1.1	0.9	
ℓ	9.05			9.4	10.4	
$a \cdot \ell^2$	115	120	106	97	97	<107>

$$r_0 = 30 \text{ cm}$$

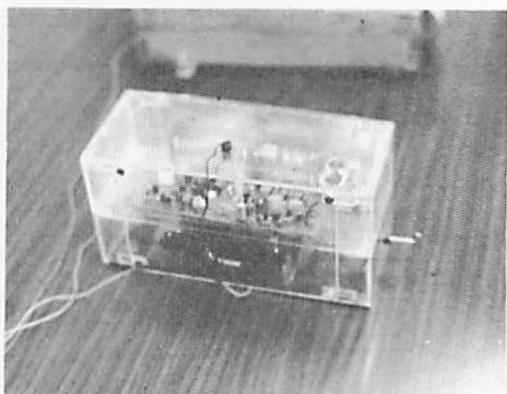
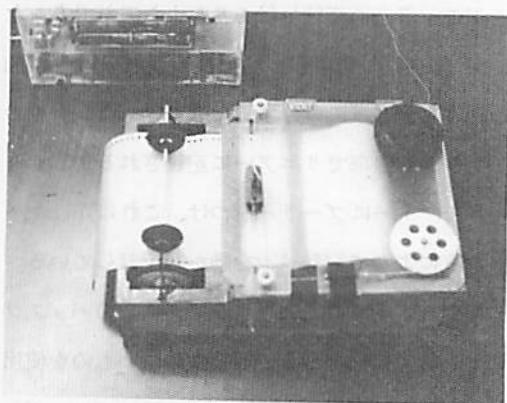
	1	2	3	4	5	
a	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	
ℓ	8.7	9.0	9.7	10.3	11.4	
$a \cdot \ell^2$	144	146	150	149	156	<149>

$$(<149>/<107> = 1.4, \text{理論上は } 1.5)$$

IV. 結びとして

試行錯誤を重ねた実験装置ではあったが、当初目標とした単振動の加速度は、正に高校レベルではあるが検証することが出来た。時間の関

係もあって、ランニングテスト及び補助装置が不充分のまゝ報告することになったことをおわびし、諸氏のご指摘、ご助言をお待ちする次第です。

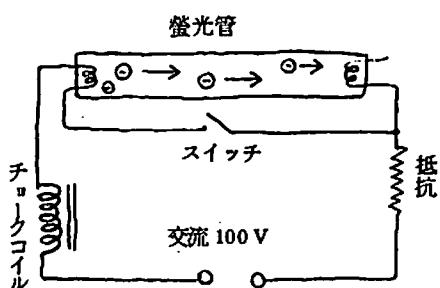


[7] 授業でのちょっとした工夫

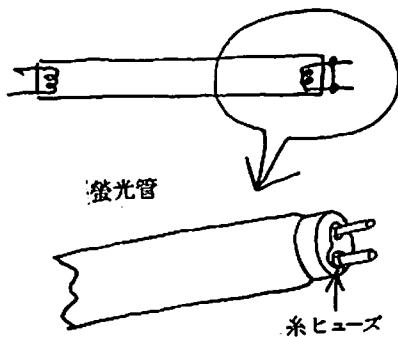
札幌北高等学校 斎藤 孝

蛍光管を二極管として使い整流作用を生徒にみせる
次図のような回路にすると左側のフイラメントから熱電子がでて右側の極へ飛ぶことになる。

ただし、点灯してからしばらくすると管内があたたまり、通常のように交流の点灯になる場合があるので、それを安定させるためには電源の100Vを90~80V程度下げるとよい。



家庭にある蛍光灯スタンドをそのまま利用するには、下図のように一方のフィラメントを短絡するとよい。

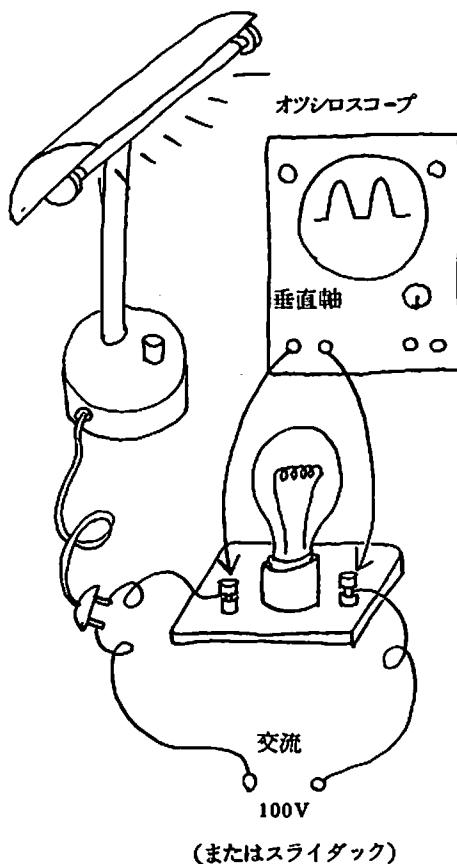


短絡するのに糸ヒューズや、細いエナメル線の被覆をはがしたもののがよい。

一方を短絡した蛍光管を点灯するためには、十分一方の極が熱するのを見てから点灯するとよい。

しばらくして通常点灯になってしまふ場合は次図の 100V を 90 ~ 80 V に下げるといよい。

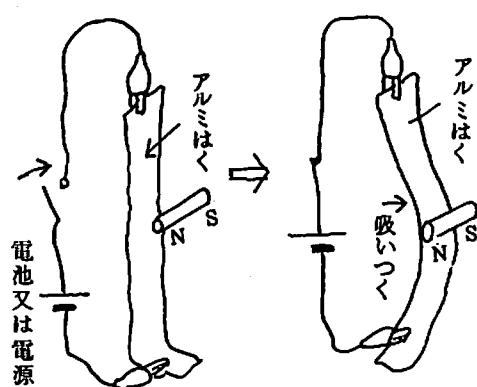
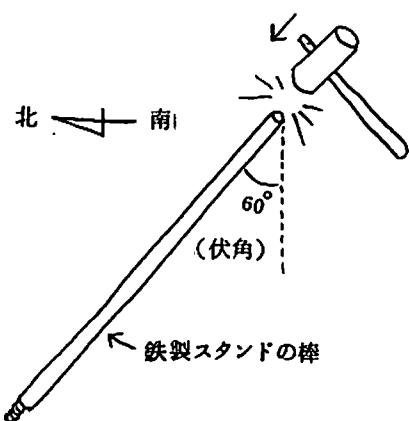
抵抗は 100 W の電球でよい。十分安定した脈流をオシロで見ることができる。



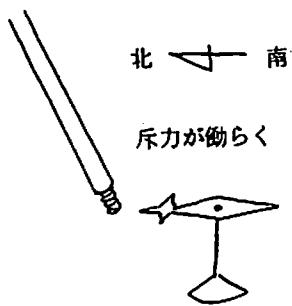
スタンドの棒を磁石にする

実験室にある鉄製スタンドの棒をはずし、次図のように、ねじのない方を金づちでたたく。ねじをたたくとねじ山を破損し困るので図のようにするのがよい。ただし伏角の方向に合わせる必要がある。分子磁石の原理で図のようにたけば、ねじのある方が N 極になる。

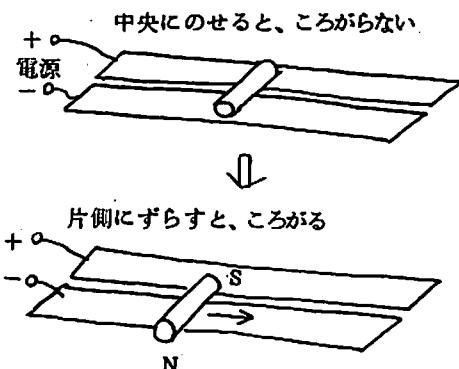
生徒に見せる時には、前もってスタンド棒が軟鐵だから磁石に吸いつくことを示しておき、しかるのち金づちで数回たたいて、斥力にかわることを示すのがよい。本校ではすべての生徒に見せている。



毎年スタンド棒をたたいていると、すでに磁気を持つ棒や、金づちができるのでその時は磁気の方向と逆にたたくとか、棒の横からたたくとかして磁気を抜いて軟鉄棒にもどしておくことが大切である。



② 下図のように二枚のアルミはくを平行に敷き、それぞれ一の電源につないでおき、上図のように中央におくと動かないが、下図のように片側にずらすと磁石はころがりだす。なぜだか生徒に考えさせるとなかなかおもしろい。



台所用のアルミはくを利用して

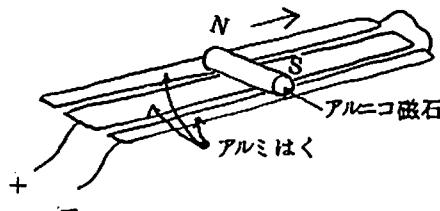
① 電流と磁石の相互作用

最近は丸棒のアルニコ磁石が多い。図のようにアルミはくを吊るし、アルニコ磁石を図のようく置き、アルミはくに電流を流すとよく吸いつく。磁石の磁力線とアルミはくを流れる電流の磁力線が互に打ち消し疎になるためである。

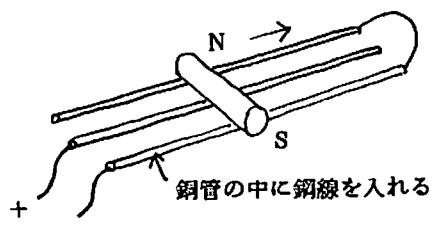
③ 棒磁石の磁極から垂直にでた磁力線はしだいに棒磁石と平行になり、やがて他方の磁極に垂直に入る。よって磁極のすぐ下を流れる電流の磁界との相互作用は、左右に働くのみで引力や斥力の作用はない。よって磁石の中央の下を流れる電流とのみ引力や斥力の作用をする。このことを利用して次図のようにすると、中央のアルミはくを流れる電流と磁石の相互作用で

磁石はころがる。

ただし、使用する磁石はアルニコ磁石のよう
に電流の流れる磁石であることが必要。



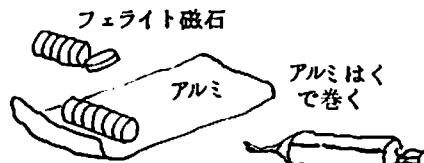
④ この実験はアルミはくでなく下図のよう
に三本の銅線でもよい。磁極の下に使う線を銅管
にして内部にピアノ線を挿入すれば、磁石が線
からはずれずにころがることができる。



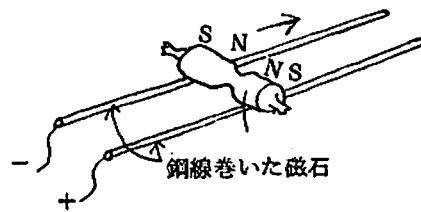
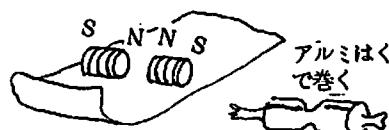
⑤ 電流の通らないフェライト磁石などで行う
時には、下図のようにアルミはくで上手に巻い
て使用するとよい。かえって重さが軽いのでよ
くころがる。

アルミはくは何回も使用すると接点での火花
のため、ボソボソになりなめらかでなくなるの
で注意すること。

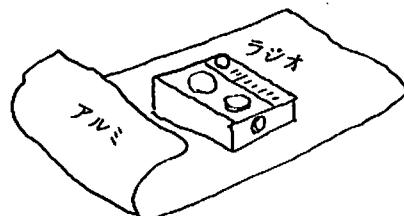
アルミはくは通常使うきれいな面よりも裏側
の方が電気的な接点としては良好である。



⑥ 卷く際に次図のように、磁石を対極させて
巻くと、図のような二本の線の上をころがすこ
とができる。理由は電流の磁界と、磁石の磁界
とが、図の場合では密になるので反発されころ
がるのである。



⑦ 金網の中にラジオを入れると、静電しゃへ
いにより聞えなくなるが、波長の小さいFMな
どは聞えてしまう。下図のようにアルミはくで
一回り包むと完全に聞えなくなる。生徒は面白
がりますのでぜひやってみて下さい。



でるむ

—— 支部会員の近況 ——

浦河高等学校 大井 哲哉

浦河は日高支庁の所在地でもあり、町として一応の体をなしております。高校は、昭和11年に浦河実践女学校が開校されて、昭和23年に浦河高校と改称、以来現在までつづいてきました。その間25年からおかれている水産科が44年に廃止になるまで、実習船アポイ丸の勇姿が浦高のシンボルだったようです。40年には、工業科（電気・機械）が設置され現在も引きつがれています。日高名物の地震によって、27年に校舎全焼、43、45年にはかなりの破損があったりして、ボロボロの校舎だったのですが、遂に寿命とみられて55年によくやく全面改築にこぎつけました。現在、工業棟を除く鉄筋四階建ての校舎で日夜勉学に励んでおる次第です。しかし、同窓生1万数名を出している浦高も、ここ2、3年のうちに生徒の変わりようがすさまじく、毎日毎日事故つづきです。暴力、万引、喫煙、その他、非行のるつぼのようです。地方の高校がかかえている矛盾や問題を代表している感です。だから浦高で耐えられれば、どこに行ってもやってゆけると自負しているわけです。このようなわけで、「新カリ」も、もみにもんで、ようやく、つい最近できました。理科Ⅰについても長い長い議論がつづきましたが、結局のところ、中学で落とされた部分を含めて、次の各

分野をこなすための基礎をやるのだという理解に落ちついたようです。総合的自然観というのは、ほゞことばの問題だけで、実質的には何もないというのが大方の見方のようです。しかし、実際にはやってみなければ、何もわからないというのが本音でしょう。会議の連続で「田舎でのんびり」どころか、教材研究もじっくりやれない実状ですが、今までため込んで来たものが、そろそろ底をついた感があり、なんとかしなければと焦っている今日このごろではあります。

「近ごろ思うこと」

八雲高等学校 武田 和男

物理教育に携って、7年目に入りましたが、最近、3つの壁に当り苦しんでいます。

1つは、法則確立に到る過程を生き生きと再現したいと思いつつ、実現できぬ苦しみ。

2つに、正しい自然認識・自然観に到る教材の開発が遅々として進まぬ苦しみ。

3つに、生徒の多様な要求、すなわち、進学要求と教養程度に考える生徒とを同時に満たし得ぬ苦しみ。

すべて、暗中模索です。

とはいながら、自分なりに、去年は仮説実験授業のテキスト「熱力学」を拝借して、生徒より教師のほうが「おもしろさ」を感じ、しか

も、多くの生徒も満足していたようですが、一部の進学者から「レベルが低い」との評価を受けてガッカリしてみたり、パソコンブームに遅れまいと、コンピューターゲームを創ろうと計画してみたりしています。

多くの皆様方のお智恵を拝借したいと思っています。

湧別高等学校 寺 沢 修

昨年4月、想い出の多い北見柏陽高校から現在の湧別高校へ転勤しました。本校は間口4、生徒数520名の全日制普通科単置校で、通学区は上湧別町、湧別町、遠軽町、丸瀬布町、生田原町、白滝村の6ヶ町村に亘ります。したがって8割の生徒は列車及びバスで通学していることから、名寄線、湧網線を欠くことはできま

せん。

卒業生の進路の大半は道内各企業への就職であり、大学への進学は僅かです。これに応ずるカリキュラムの編成は2年次から4つのコースに分かれて9単位分の選択履習がなされています。

新教育課程で理科は1年次理科Ⅰ4、2年次生物3、化学3、3年次物理4の必修と地学3の選択を準備しています。

今年の本校理科部会の目標“理科の好きな子をふやそう”のもとに身近かな教材集めに取り組みつつあります。

1月10日の月食には9名の生徒が湧高天文台に集まり、道東の寒気の深夜昏天の空にひたすら欠けてゆく月を追い続けました。

(1982. 1. 12)

学会ニュース

○ 第25回北海道高等学校理科研究大会

期日 昭和57年8月3日(火)
～5日(木)(予定)

場所 帯広三条高等学校

主題 理科教育の充実と発展をめざして
副題 ①生徒の興味と意欲をほりおこす
理科Ⅰ学習指導内容の展開
②生徒の経験を発展させる理科指
導はどうにしたらよいか

○ 第43回応用物理学学会学術講演会

期日 昭和57年9月28日～30日
場所 福岡市

○ 物理学会第38回年会

期日 昭和57年9月30日～10月3日
場所 北海道大学

支部評議委員 柏村正和氏が昭和57年2月22日逝去いたされました。謹んで哀悼の意を表します。

支部理事 清水清氏が昭和57年3月14日逝去いたされました。謹んで哀悼の意を表します。

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 本支部は、事務所を当分の間、札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部内におく。
- 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 本支部に次の役員をおく。
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、本支部会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) 事業計画及び収支予算
 - (2) 事業報告及び収支決算
 - (3) その他、支部理事会において必要と認めた事項
- 第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

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

支部会誌「物理教育研究」投稿規定

1. 内 容

支部会員からの自由投稿及び編集部の依頼にもと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。

2. 原稿用紙の書き方

- (1) 支部所定の原稿用紙（横書き2段、1344字詰）を使用するものとし、1編の標準の長さを所定原稿用紙5枚（原稿用紙1枚は刷上り1ページに相当）とする。これは、表題のスペースを除くと、図版などのスペースも含めて約6400字分に相当する。
- (2) 最初の1枚目は、上から7行分（2段共）をとって論文題名（副題名）、所属機関及び著者名を書き、本文は8行目から書く。
- (3) 文章中、ゴチック、イタリック等の指定が必要なときは、赤字でその旨を示すこと。
- (4) 引用文献は通し番号1)、2)を文章中該当字の右肩に付した上、一括して論文の末尾に著者名、書名、ページ等を示すこと。
- (5) 脚注は文章中該当字の右肩に米、米の印を付し、そのページの下に横線を引いた下に書くこと。
- (6) 英字2アルファベットは和字1字は相当する。また、数式は2行分を使用すること。
- (7) 論文中の図・表・写真については、著者が製図したものをそのまま原寸大で写真製版する。図や表（活字で作成する表につい

てはその旨指定すること）は必ず黒インクで白ケント紙、トレーシングペーパーまたは青色方眼紙等にかくこと。また、写真はできるだけコントラストのよいものを用いること。

- (8) 図・表・写真の場所指定は、支部所定の割付用紙（1ページ分、原寸大）に見やすく（直線で囲む）表示し、かつ、原稿用紙中では、それらに対応する場所に、相当字数分だけの余白をとっておくこと。

3. そ の 他

- (1) 校正等のため、原稿の控を手許に保存しておくこと。
- (2) 校正は初校を著者が行ない、再校以後は編集理事会で行なう。校正は赤字で明瞭に記入すること。
- (3) 別刷は申し出により、必要部数を実費作成する。
- (4) 本誌は毎年1回3月に発行予定。
- (5) 投稿及び原稿用紙等の申し込み、ならびに会誌編集に関する連絡先

（060）札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学部工業力学第2講座内
日本物理教育学会北海道支部
電話（011）711-2111（内線6723）

昭和57年4月30日発行
日本物理教育学会北海道支部
第10号
編集責任者 石上 形幸
発 行 （060）札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学部工業力学第2講座内
日本物理教育学会北海道支部
電話（011）711-2111（内線6723）
印刷所 北真出版（札幌市東区北31条東17丁目）
TEL 781-6582



東芝CAIシステム

CAI(Computer Assisted Instruction)システム

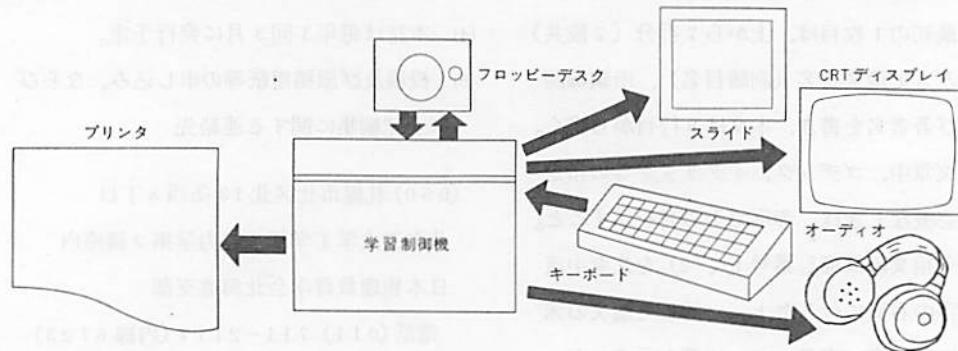
マイペースの学習に……
パーソナルCAIシステム



●こんなにコンパクトになりました

パーソナルCAIはすでに豊富な実績のある汎用CAIシステムTERACOをそのまま使用。内蔵されているマイクロコンは当社ミニコンTOSBAC-40をベースにしているのでミニコンなみの性能です。

●学習効果をいちだんと高めるシステム構成



●定格・仕様

■学習制御装置(CPU)

- 学習の流れをコントロールする心臓部
- メモリ 64KB

■ディスプレイ装置(CRT)

- 問題提示や指示、答が出ます。
キー入力で文字が書けます。

■キーボード装置(KB)

- 回答を入れます。
- 文字種 英数字、カナ文字、特殊文字
テンキー、ファンクションキー
- キー数 93キー

■フロッピーディスク装置(FDD)

- 1時間分の教材が入ります。
- 記録容量 243KB/ユニット×2
- 記録形式 FM方式
- データ転送速度 250Kビット/秒
- 平均待ち時間 83ms

■プリンタ装置

- 教材の記録をファイルから取り出して印刷ができます。
- 最大印字数 40字/行
- 印字方式 放電ドット・マトリクス
- 印字速度 2行/秒

■ランダム・アクセス・スライド装置(RAS)

- カラーの図や写真的な教材が明るい画面に表示できます。

●枚数 80枚

- スクリーン・サイズ 260×260mm
- 使用フィルム 便利な35mm

●アクセス・タイム 7秒以内

■ランダム・アクセス・オーディオ装置(RAA)

- 再生音声長 30分(C-60)/45分(C-90)
- アクセス方式 ランダム・アクセス



東芝



新教材基準関連品

トスマディア

新しいCAIシステムを創造するトスマディア

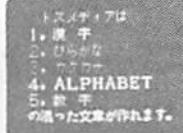
東芝は、コンピュータを利用した教育システムの開発における豊富な経験と実績を基に、マイコンでは従来困難とされてきた画像処理を可能としたマイクロコンピューターと、カラーテレビとを結合した新しいCAIシステム“トスマディア”を開発しました。

トスマディアは、漢字やかな混在した文の表示から、簡単なアニメーションの制作まで、数多くの有効的な特長を備え、幅広い応用が考えられます。

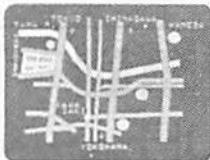


●特長

1. 漢字・かな混在した読みやすい文章が作れます。
2. 文字の色指定、たて／よこ書きの指定、行間／文字間の指定ができます。



3. 図形の製作、組み合せ、彩色が手軽にできます。



4. 文章と図形を組み合わせたカラー表示の画面が容易に作れます。



5. 簡単なアニメーションが描けます。



6. 図形の入力には、テレビカメラ（デジタル）、ジョイスティック、タブレットの3つの入力手段があります。

7. プログラムは容易な汎用言語（BASIC）を使用して記述できます。
8. 作成された画面を多数収容できます。（例）

- 漢字・仮名混り文の場合

約600画面

- 絵と漢字・仮名混り文がはんはんの場合、約160画面

- 9. 画面情報は、ランダムアクセスが可能で、アクセスタイムは約数秒です。

●仕様

機器概要

- 本体(500W×400H×450Dmm)
 - CPU…8ビットマイクロコンピュータ
 - メモリ…64KB
 - 外部メモリ…1MB (フロッピーディスク)
 - カラーモニタ(14")…R・G・B方式
 - * CAIの場合、規機・子機とも同じ
- キーボード(500W×60H×240Dmm)
 - キー配列…JIS配列 (規機)
 - 順次配列 (子機)
 - キーデータ…数字、英字、かな文字
 - ファンクションキー、-
 - 教材作成用特殊キー (規機のみ)

キーボードにはジョイスティックも含む

- フロッピーデスク (150W×400H×450Dmm)
 - ユニット数…1連
 - 記憶容量…1MB
- タブレット (400W×700I×700Dmm)
 - 方式…磁歪線方式
 - 分解能…0.1mm
 - (漢字タブレットとして使用の場合…専用漢字約2200字)
- デジタルイザ (450W×890H×600Dmm)
 - カメラ…モノクロ ITVカメラ
 - 機能…ビデオ信号のスライス
 - レベル調整 白黒反転

オプション機器

- プリンタ (328W×132H×173Dmm)
 - 機能…インパクト ドット マトリックス印字
 - 文字…5×7ドット 英、数、かな、記号
- 日本語ワードプロセッサー (1050W×1020H×760Dmm)
- ランダムアクセスオーディオ
- カラーエンコーダ(NTSC方式)
- モニターテレビ
- ビデオプロジェクター
- ランダム・アクセス・スライド
- 合成音声発声装置

東京芝浦電気株式会社／電波機器事業部 特定情報機器営業部

* 詳しいお問い合わせは下記東京事務所電波機器事業部又は支社・支店・営業所へご連絡下さい。

東京事務所 〒100 東京都千代田区内幸町1-1-6(日比谷電電ビル) 電話 (03) 501 5411(代)

北海道支社 〒060 札幌市中央区北三条西1丁目(東芝札幌ビル) 電話 (011) 214 2481-9



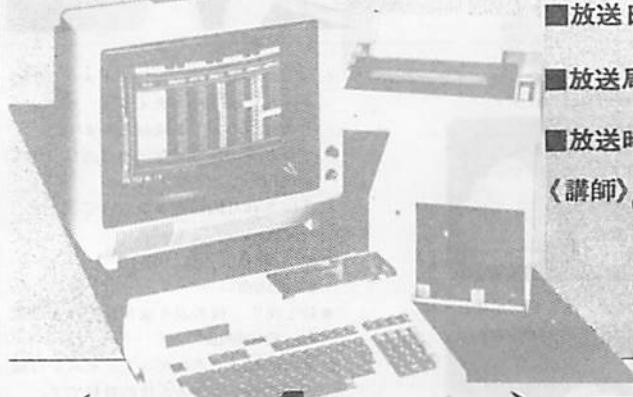
東芝

お知らせ

プログラム不要の〈PIPS電プロ〉を使った

ラジオ・パソコン実務講座

（提供）ソード札幌・ほくさん商事



■放送日 4月4日から毎週日曜日

■放送局 **STVラジオ** ☎241-1181

■放送時間 AM6:05～AM6:45

■講師 北海道大学教授
(工学部電気工学科演算工学講座、波動情報処理研究室)
北海道マイクロコンピュータ研究会代表
工学博士 青木由直先生

(株)クリエーティブ・マネジメント代表取締役
北海道自動車短大工農経営科講師
北海道嘱託・中小企業診断士 原田盛夫先生

（4月4日から）
STVラジオで放送開始

どなたでも気軽に
パソコンが使えるようになる
ラジオ講座です。

すでに数千人の方が第一回放送を聴講し、仕事や日常生活でコンピュータを使いこなしています。この講座は、コンピュータやプログラムのことについて全く知識のない方でも理解できるよう、日本企業が初めて日本人のために開発し、それでも自由自在にコンピュータを使いこなせる時代を創り出した画期的なノンプログラミング言語「SORD-PIPS」を素材に制作されています。

- こんな方にぜひ、お聴きいただきたいのです。
- BASICなどのプログラム言語の勉強を始めたが、難しくて行き詰まってしまっている方。
 - パソコンの導入を考えながら、忙しくて勉強する時間のない方。
 - コンピューターはどうしてもプログラムが必要で難しいと思いつぶやいている方。
 - パソコンを買ったが結局仕事には使はず悩んでいる方。
 - OA（オフィス・オートメーション）を考えている方。

テキスト

■1部 3,600円 (送料含みます)

■お申込み方法

現金書留又は郵便為替にて、住所、
氏名、年齢、職業(勤務先)、TEL
(自宅・勤務先)、購入部数を明記のうえ、下
記へお申込みください。

尚、整理の都合上、記入事項にはすべてフリガナ
をおつけ願います。

■お申込み先

〒060-91
札幌市中央区北1条西8丁目1-1
STVラジオ「パソコン事務局」宛

株式会社 **ソード札幌**

札幌市北区北9条西4丁目 ☎731-6107
(エルムビル)

ほくさん商事 (株) 情報機器課

札幌市中央区北3条西1丁目 ☎212-2891
(ほくさんビル)



奥行きの深さ、128KBならでは。

縦横無尽の使い勝手、人も、仕事も選ばないM23markIII。

カラー化で情報量がアップ、先進の《SORD-PIPS》

独創的なシステム開発に挑戦する、ソードの努力がいま次々と実りを迎えています。《SORD-PIPS》の前進もその一つ。この画期的なノープログラミング言語で、カラーの使用を可能にしました。これによって、ディスプレー上の情報量がいちだんと豊かになります。年間使用料は、変わりなく3万円です。

持ち運び自由の液晶ディスプレイ、「スクリーン・サーチャー」誕生。

M23がどこでも自由に使える、画期的な表示装置です。幅38cm×高さ10cm×奥行6cmとコンパクト・サイズながら、表示文字数は80字×8行

(640字)。グラフィックや漢字も出力可能。M23の活躍の場がさらにひろがります。

パソコン初のマイクロフロッピー、M23markIが新登場。

ミニフロッピーやウインチエスター・ハードディスクを日本で初めてパソコンに導入したソード。さらに一步進めてマイクロフロッピーディスクを導入しました。M23markIです。このクラス最大のメモリ空間192Kバイトに加えて、2ドライブのマイクロフロッピー。直径約9cmのマイクロサイズに280Kバイト。小型大容量化を実現した、画期的パソコンです。

(高度技術のニーズに応える 《システム・セールス・センター》)

パソコンについてのハイテクノロジー情報を手に入れたい、パソコンを自社の業務システムに組み込みたい…こんな要望にお応えする、いわばプロ・ショップ、高度の知識をもつテクニカル・スタッフがご相談にのります。(わくは、☎03(295)6322(東京・お茶の水)へどうぞ。

M23series

M23markIIIカラーシステム
¥688,000

[330Kバイト×2台フロッピー×2台カラーCRT,SORD-PIPS,CBASIC付、メインメモリーは128Kバイト実装]

コンピュータは—

S O R D
株式会社ノード電算機システム

● 東京営業所／〒104 東京都中央区八重洲2-7-12虎橋K-1ビル☎03(281)8111 ● 本社／〒124 東京都葛飾区西新小岩4-42-12虎門第2ビル☎03(696)5611 ● 営業所／ノード札幌☎011(731)6107 仙台☎022(21)1664 福岡☎029(52)3121 名古屋☎052(562)1663 大阪☎06(533)1737 広島☎0822(21)1501 ● ソード・システムセールス・センター☎03(295)6322 ● ソート・ビジネス・コンサルタント☎03(342)7401 ● エレクトロ・オフィス☎03(238)5601 代理店
● 東北ブロック☎02(236)132616 ● サービス開発(新潟)☎(0277)715005 ● 三真電機(秋葉原)☎(03)253 2685 ● 西武百貨店(大崎)☎(03)381 0111(大宮)☎(048)5142 0111 ● フジテレセーニング(川崎)☎(03)262 8500 ● ベンシックイン(東京)☎(03)3436 3091 ● ベンシックイン(神奈川)☎(045)541 0985 ● 金澤エヌニアソング(金沢)☎(076)243 8156 ● ベンシックイン(福井)☎(062)71 6521 ● 山形電子(山形)☎(026)223 7183 ● 沖縄計測器(那覇)☎(092)441 3200



小型・軽量・低価格
ハウハウが結集された新鋭機
高調波の影響、大幅低減。位相調整不要

ロックイン・アンプ

MODEL LI-570 ¥338,000 計測理研サービス株式会社

〒001 札幌市北区北6条西6丁目 光明会館
電話 代 742-0755番

理化学用器械器具
硝子器具及計量器



有限会社 サンプク久商会

〒001 札幌市北区北6条西6丁目

☎ 札幌 (011) 711-0448番

マルチターミナルとして



データ通信への対応

「ABC-24,26」にはデータ通信のためのハードウェア機能として、CCITT V.24勧告に準拠した国際的データ通信標準仕様のASYN, BSYN, SDEC, HDLCなどデータ通信用ハードウェア（プログラマブル・セカンダリ・チャンネルを含む）が標準装備されています。

また、「ABC-24,26」のデータ通信のためのソフトウェア機能として、言語カプラまたはモデムを接続することにより、公社回線、特定回線を利用したデータ通信ネットワーク用のインテリジェント・ターミナル、RJEターミナルなどとして、各種通信制御用プログラム・パッケージが用意されています。

例えば、TTY手順によるプログラム・パッケージの機能としては次のようなものがあります。

通常の端末装置として

インテリジェント機能をもたない通常のキーボード／ターミナル（プリンタ）として使用できます。

カナ文字の送受信

JISキー・ボードの「ABC-24,26」ではカナ文字の送受信機能があります。

株北海道クリアパルス

〒001 札幌市北区北16条西4丁目

吉江ビル

電話(011)741-8235番

放送番組から精選

なるほどと思わせる
説得力

■ビデオテープなので利用
が容易です。

■テープは4種の方式をそ
ろえました。

■1巻約10分で効果的な内
容を精選。

U方式用 1巻 ¥19,000

V·βI·βII用各1巻 ¥18,000

全20巻

高校物理

NHKビデオ教材



島津から新発売

- 1 落下運動
- 2 惯性
- 3~6 運動の相対性 1~4
- 7 重心の運動
- 8 円運動
- 9 運動量
- 10~11 波動 1~2
- 12~13 光の干渉 1~2
- 14 光の回折
- 15 偏光
- 16 色
- 17 水レンズ
- 18 フレネルレンズ
- 19~20 電流と磁界



教育をとおして未来をつくる
島津理化器械

理化学器械で社会に貢献する



実験台・ドラフトチャンバー・汎用理化学機器

Yamato

ヤマト科学株式会社

共通摺合器具・分析機器・環境測定器



柴田化學器械工業株式會社

高感度記録計・pH計・電導度計・温度滴定装置

TOA

東亜電波工業株式会社

テフロンダイヤフラム・ペロースポンプ・ケミカルポンプ



株式会社 イワキ

サーミスター温度計・調節計・サーミスター風速計



株式会社 芝浦電子製作所



津元理化産業株式会社

札幌市東区北6条東2丁目札幌総合卸センター

TEL 直通 (011) 711-4117 1 FAX 060-91

大代表 (011) 721-1161 内線 365-7

テレックス 933-290

苫小牧営業所 苫小牧市末広町1丁目11番地

TEL (0144) 34-5585 FAX 053