

BUNRIKIGAKU

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

No.14 1986.5

目 次

• 卷頭言	勝木喜一郎	1
• 粒子工学と物理教育	篠原邦夫	2
• 電球からの熱エネルギーの散逸	三好康雅・峰友典子	7
• マイコンを使った物理実験・重力加速度の測定	峰友典子・三好康雅	10
• 定時制における物理教育はいかにあるべきか — 小人数を生かした体験的物理実験の試み —	穂積邦彦	15
• 熱電気現象に関する二・三の考察	一口芳勝	23
• 地域素材の教材化と課題研究	奈良英夫	28
• 昭和 60 年度支部研究会報告 .....	.....	30
• 実験室訪問 北海道大学医療技術短期大学部	飯田紀子	33
• 座談会 物理教育について語る — 女性と物理学 — .....	.....	35
• ていー・るーむ .....	.....	41
• 学会ニュース .....	.....	43
• 支部規約・会誌投稿規定 .....	.....	44

粒子工学と物理教育

篠原邦夫

1はじめに

世は、まさにハイテク時代。エレクトロニクスに触発された情報化社会で、新素材は、エネルギー、バイオテクノロジー、海洋や宇宙開発と並んで、来世紀を支える基幹技術の集積である。一方量より質、物より心が呼ばれる昨今、個人的にも学問的にも価値観の推敲を迫られている。

日頃、大学での教育と研究に携わる一人として、粒子工学の観点から物理教育の重要性を考えてみたい。そのため、あまり知られていない粉体の概念とその学問体系を紹介し、先端技術分野への展開と、それに伴なう物理教育への期待を述べる。

2 粉体の概念

2-1 身の回の粉

人は、この地上に生れ落ちてから、粉ミルクで育ち、米や麦を主食として成長する。成長すればインスタントコーヒーを好み、病気になれば粉薬を飲む。自然は雨、雪を降らせ美しい砂浜を与えてくれるが、人はごみを作り車粉塵を撒き散らす。人間は、まさに粉に囲まれ、粉に育てられている。

しかし、現代は何と言っても粉は「産業の米」であり、工鉱業、農業、牧畜、水産業を問わず、原料から中間、最終製品に至るまで粉の形態をとらない物は珍しい。粉を用途別に分類すると、表1のようになる。

表1 粉の用途別分類

自然環境	石、土、砂、雨、雪
食 品	穀物、精粉、調味料、醸農品、飼料
化 学 薬 品	医薬品、肥料、洗剤、農薬、顔料、化粧品、火薬、染料
無 機 材 料	鉱石、セラミックス、セメント、陶磁器、研磨材、耐火物
有 機 材 料	トナー、プラスチックス、ゴム、木材チップ
金 属 材 料	铸物、粉末合金、鐵鉱石、電子

材料、触媒

エネルギー源：石炭、コークス、タールサンド、核燃料

考えようによつては、人間も粗粒子である。ラッシュアワーの満員電車の乗降の混雑や路面の交通渋滞は、貯槽の閉塞現象に酷似している。石頭と言われる所以であろうか。確かに、飛行機やビルの屋上から見下せば、人も車も粒に見える。

2-2 状態の異なる粉体

粉といえば、通常、固体の粒子からなる集合体のみと思われがちだが、最近は1μm以下の超微粒子が先端産業で使用されるようになり、コロイドや分子の大きさに迫っている。また、スラリーやペーストのような固体と液体の混合物やエアロゾルと呼ばれる液滴粒子も気相で順に扱われるようになり、一般に微細化、混相化が進んでいる。従って、粉体の定義も気固系に限らず広義に解釈して、大は星粒からなる宇宙から、小は原子、電子からなる分子に至る混合物体と見ることもできる。しかし、これは概念としてはよくても、現時点では工学的価値はほとんどない。そこで、せめて直徑数mの岩石を粗大粒子とし、数nmのエアロゾルを微小粒子とした10桁の範囲の大きさの粒子集合体を、相の如何にかかわらず粉体と呼ぶことにす

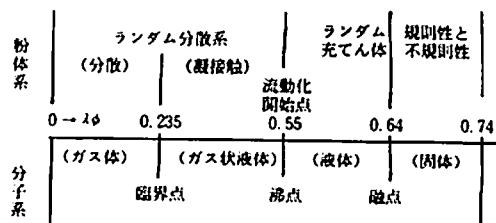


図1 液体と粉体の一般的な対応関係

φ = 粒子の体積濃度、λ = 形状係数
(球形粒子の場合はλ = 1)

卷頭言

日本物理教育学会北海道支部 副支部長 勝木 喜一郎

英・数・国・漢というのが旧制の中学校の主要科目で、この他に人文・社会及び自然科学に関する科目があり、さらに体育・武道・軍事教練というのがあった。人間の智能の分類では、語学と数学は同じ類にあるといわれている。科学についての才能はこれとは異った類にある。数学科が理学部に所属するため誤解されがちであるが、他の学科とは異質である。数学が得意であるから理・工学部へというのは必ずしも妥当でない。

数学が数学だけのためになっていて、道具として使えない学生が多い。物理の講義で、簡単な方程式が現れ、条件を入れて解く場合に、同じ式が数学の問題としては容易に解けるのが、物理では解けない。変数が量として具体的な意味をもつ物理では、式自身が現象あるいは法則を示しているが、その内容が掴めない。そのため、式を解くことの意味が曖昧になって手をつけられない。こういう現象があるといって、これを抽象化し、式を書くが、学生にはこの過程が現象自身の内容とともに理解しがたいようである。單なる暗記になってしまふと、先がなくなってしまう。

日曜日の夜、テレビのクイズ面白ゼミナールなる番組で、小学校の理科の問題が現れる。出演者はいくつかの解答の中から、正解を一つ選ぶのであるが、思考の過程なしに解を当てることになる。結果を見てなる程と思うだけで、クイズにすぎない。これが理科の教育と考えられては迷惑である。

以前は、対数にしろ、三角関数の真数にしろ、数表を用いて値を求めたが、今の学生はそれらの内容を理解せずに電卓で求め、有効数字の桁など全く考慮せずに電卓に表示された数字をそのまま書いて平氣である。パソコンに堪能な学生が多く、我々が教えられる状態である。彼等の中には、現れた式の計算はすぐできるが、問題を解くための式をどのようにして導くかがわからない者もかなりいる。新しい問題点の誕生ともいえる。

る。これは、あながち無理な話でもなく、分子系の沸点は流動化開始速度に対応でき、¹⁾ 気体の分子運動はエアロゾルの挙動や空気輸送を容易に想定させる。拡大解釈こそ学問の体系化の源泉と言えよう。しかし、夢は大きくても現実は厳しい、以下では固体粒子にしぼって单一粒子と粉体の基本物性について述べる。

2-3 粒子径と充填構造

個々の粒子は、むろん一般的の固体物性（密度、摩擦係数、熱伝導率、抵抗率、拡散係数など）を有するが、粉体という粒子集合体を形成する上で最も基本的物性は、粒子径である。粒子の大きさは、球形ならば直径で表現できるが、一般には球でないから種々の粒子径の定義がある。大別すると、粒子の特定方向の寸法で代表させる長軸径、短軸径、定方向径、面積等分径、三軸平均径などと、幾何学的に等価な規則形状の寸法で表現する投影面積円相当径、立方体や球体積相当径、表面積球相当径など、更に、物理現象が等価な球の直径で表わす沈降速度径や散乱光径がある。これらは、一見便利だが、粒子形状を無視した定義で粒子輪郭と物理現象の結びつきはない。

そこで、画像処理装置の普及とともに粒子の形状解析が行われるようになり、筆者は運動解析に形状を組込んで物理現象を記述し実用操作に利用しようと試みている。粒子形状の表現は、今のところほとんど二次元投影像に限られているが、代表径に対応する形状指数には、三軸方向の軸比による均齊度、粒子投影面積や体積の矩形や直方体の充足度などがある。幾何学的等価径に対応しては、粒子の体積、表面積、比表面積を直接規則的形状の立体で表現する際の比例定数としての形状係数や、投影面積、周長をも含め、同一体積の球や円のそれらと比較する球形度などがある。更に、投影画像の輪郭曲線による各種代表径や平均径の比、統計量比などによる形状指標があるが、中でも次式による輪郭曲線関数 $R(\theta)$ のフーリエ係数群 a_4, b_4 が形状特性の表示や識別、特徴抽出に用いられるようになってきている。

$$R(\theta) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos k\theta + b_k \sin k\theta)$$

ただし、 R は粒子像中心からの動径半径、 θ は

動径の角で、 A_0 は平均半径である。

一方、粒子の集合状態を表わすには、巨視的に、取扱う容器全体の粉の見掛け密度がしばしば用いられるが、各粒子の固体密度に左右されるため、粉体層に占める粒子間空隙の体積割合である空隙率が一般的である。また、等径球の規則充填模型を四種類作ってみると、空隙率の減少により一粒子当りの接触点数の増大が明らかだが、この配位数により充填状態の目安にすることもある。しかし、実際には等球のランダム充填でも一様ではない。そのため、流体は粉体層の疎充填部分を通過しやすく、成型物は弱い所を縫って破壊する。従って、不規則形状の多成分粒子について局所空隙率の分布状態を知ることが、今後の課題である。

3 粒子工学への展開

3-1 学問分野

粉体は、単に粒子の集合組織として定義されており、構成粒子の組成や物質名を限定しないから、関連する学問は工学のみならず理学、薬学、農学、歯学など自然科学の広い分野に及んでいる。従って、研究機関も多岐にわたり、専門の教育組織としては、世界的にも英國の二、三の大学院のみである。日本では、粉体に関する教育はいろいろな学科や研究所で行われているが、化学工学関係の学科が一番多く、次いで資源や工業化学、薬学関係が多い。古くは、機械や土木工学系統が普通であったが、最近は先端技術がらみで、無機や金属材料工学、原子力、情報工学科でも教育している。そのため、粉体に関する知見は多くの学術雑誌に発表され、従来の粉体工学は、境界領域から今や総合科学・工学へと発展しつつある。

3-2 粉体プロセス工学

粉体に関する研究は、日本の粉体工学会や米国の微粒子学会を中心にして20~30年前から集約されてきており、その内容は表2に示すように三分類される。

表2 粉体プロセス工学

粉体物性論：粒子物性、形態学、凝聚性、充填構造、応力伝播、強度、流動性、透過性、吸着性、湿

潤性, 伝熱特性, 電磁気特性,
振動特性, 音響特性, 拡散性,
反応性, 光学特性

単位操作: 粉碎, 造粒, 成型, 分離, 分級, 混合, 搅拌, 貯蔵, 供給, 輸送, 流動化, 燃焼, 爆発, 乾燥, 接触反応, 計測, 制御

プロセス設計: 各種粉体処理, 製造プロセスの最適設計

第一は, 基礎となる粉体物性論であり, 前述の単一粒子物性とその測定法の他に, 集合体としての力学的, 熱的, 電磁気的, 物理化学的特性などがある。中でも力学的物性は古くから研究され, 測定値に基づく各種装置の設計や粉末成型材料の評価に使用されている。

第二は, 粉体を取り扱う各種単位操作で, 個々の処理目的に応じ粉の種類によらない最適な操作法や装置設計のための操作論である。従来は回分式装置が多く, それぞれ独立にノウハウが生れたため単位操作と呼ばれ区別されているが, 解明が進むにつれ同一の操作原理に基づく場合も少なくない。近年では, 物質収支と速度過程により共通に記述される一種の移動現象と見えられるようになり, エンジニアリング・サイエンスとして発展している。

第三は, 粉体のプロセス設計で, 取扱う粉体の物性値をもとに, 種々の単位操作や単位装置を組合せて, 生産目的に最適な工程の制御や設計を行なう。そのため, 自動制御理論や経営工学までも含んでいる。閉回路粉碎は小さいながらも, 多くの単位操作を含んだ粒度調整プロセスの一例である。

3-3 新素材としての粉体

先端技術分野における新素材には, 超電導材料, 太陽熱利用材料, 医用材料, 複合材料, 半導体, 高分子材料, 金属材料などがあるが, 中でも粉体に直接関連する材料として, ファインセラミックスと超微粉がある。粉体工学は, 化学工学の中でも機械的単位操作と呼ばれたように,²⁾これまでいわばソフトウェアに重きを置いてきたが, 新素材としての粉はハードウェアであるから, 学問的

にも転換期にさしかかっている。

これまでの粉体は, 固体の機械的粉体や液体の噴霧乾燥などにより製造されたため, 最小粒子径は $1\text{ }\mu\text{m}$ どまりで, 不純物の混入や粒子の歪みが問題になるが, 超微粒子は nm のオーダーで, 高純度に粒子形態も調整する必要があるため製造方法も大きく異なる。すなわち, 従来の微細化工程に對し, 図2に示すように, 原子やイオンから核生成し, 成長させる過程を経て物理的, 化学的に合成する方法がとられている。このような超微粒子は, 数個から数千個の原子からなり, パルクな固体と異なる性質を有する。例えば, 金属超微粒子は電気も熱も通しにくく, ニッケルや銅, 亜鉛などは非常に高性能な触媒になる。サブミクロン以上の粗粒子を作ることと量産技術の確立が当面の課題である。

また, セラミックスはもともと陶磁器類を指し, 天然の鉱物原料の簡単な高温固相反応により製造されていたが, 最近のファインセラミックスは高純度の合成原料を用い, 高次特性をもつ素材とし

気相: 気相化学反応法	单一化学種の熱分解 二種以上の化学種間の 反応
蒸発凝縮法	真空蒸発 ガス中蒸発
沈殿法	噴霧熱分解法 噴霧乾燥法 凍結乾燥法 共沈法 加水分解法 均一沈殿法 有機金属化合物の加水分解法 還元法
晶析法	

固相: 热分解法
固相反応法

図2 超微粒子の製造法

てのみならず、機能性材料としても大きく進化している。用途により大別すると、導電性、圧電性、誘電性、光電性を利用するエレクトロセラミックス、力学特性を生かした機械材料や耐熱性、耐食性、耐放射性、反応性を生かしたエネルギー関連材料などのエンジニアリングセラミックス、および生体の骨、歯、関節などに用い耐久性、耐食性、抗菌性にすぐれたバイオセラミックスがある。

用途が高度化するにつれ、製造プロセスもfine化をせまられ、従来の粉体プロセス工学にも大きなインパクトを与えている。原料が超微粉になると粒子が反応の進行を直接決定するようになり、粉体工学と反応工学が組合さった微粒子反応工学の展開が必要になる。また超微粒子は、既存の測定技術や分離法では取扱いが困難で、高温、高圧下の成型工程においても、反応性が高く、レオロジー的にも焼結機構としても今までにないプロセスの複合化と微視的な精密さが要求される。

4 物理教育への期待

4-1 発想の転換

粉は、昔から生活必需品であったが、産業界では「粉体魔物説」が飛び出す位とり扱いが嫌われていた。それは、高度成長期の大型、多量生産プロセスでは、粉体は流体のような一様で連続的取扱いがしばしば困難であったからである。その原因是、装置の寸法に対して粒子径が比較的大きく、流体の構成単位である分子の数に比べ粒子数が著しく少ないために統計的にも不確定な要因が入り易いことや、表面積の増大による物理、化学的作用力が個々の粒子に働く重力と似たようなオーダーになるためであろう。

しかし、古くからその粒子性を巧みに利用したものは多く、例えば砂時計や風船爆弾は小孔からの粒子の流出速度が層高によらずほぼ一定になる特性を生かし、ピラミッドの岩邱を支える砂が貝殻のふたですんだのは粉体圧が壁面により飽することを知っていたからである。このように鈍感な方が良いのは、研摩材や断熱タイルばかりではない。前述の新素材では少量、多品種、機能性が求められ、むしろ連続体にない粉体の特長が省みられてきている。これは、丁度、レベルアップした

マスプロ教育から個性、能力を重視する教育が唱えられ始めていることにも対応する。

更に、逆転の発想とも言えることが産業界には結構ある。例えば、半導体が不純物を利用している事は有名であるが、流動層が泡という不均一な吹き抜けで混合を促進したり、毒性の強い硫化水素をあえて触媒を通して反応性を上げる話も聞いたことがある。「逆も真なり」である。また、粉はいつまでも混合していると分離してくるし、分離状態は混合しやすい。自動車も安全すぎると車粉公害をひき起し、情報過多は独創性を萎縮させる。「過ぎたるは及ばざるが如し」である。

要するに、柔軟な科学的思考から数少ない一般性のある真理が見えやすく、創造性が生まれる。これは実社会や研究面からの見方であるが、文法的とそりある物理教育に根ざしていることは言うまでもない。

4-2 物理的思考の重要性

社会が高度化、多様化するにつれ、個人の役割も生き方にも少なからず変化を生じる。そのため、教育にも多くを求めるようになるが、各人の持ち時間（教育期間と人生）は昔とあまり変わらない。とすれば、重みのつけ方しかない。学問も社会も広域化、複合化が進む中で個人に求められるものは、理解より探究であり、知識より創造、評論より実務である。これは、教育と研究の関係と同じで、受動と能動の違いである。しかし、各学問分野は、ますますマクロよりミクロへ、定性より定量化へ進んでおり、個人的には自ずと応用より基礎へ、広域より専門を志向するようになる。その意味で、現在の理科Ⅰで広く、選択科目で深くの指向は高校教育としても妥当であろう。

中でも物理は、この種の論理的、方法論的思考に向いている。にもかかわらず若者に敬遠されるのは、無味乾燥な公式の羅列で、自然からの働きかけを感じとれないため難解だからであろう。その動機づけに、知識の種類は減しても、厳選された実験テーマで原理と現象を系統的に結びつけ得させては如何なものか。

今の子供達は、不連続さや意外性に面白さを感じ、機械的な昔の玩具より電子的なテレビゲームを好む。それが、粒子性—ディジタル—高性能と

analogus につながっていることに気づいていない。そのため、素朴な疑問を抱かず、諦めが先走る。マイコンも自分で簡単なプログラムを作つてみれば、その稚拙さと高速性に驚き、夢が実現できそうな自信がわくものである。受験は脳のトレーニングには良いが、身についていない知識は容易にフロッピーに置き換えられる。ダビンチいわく、「知識は経験の娘」。ならば「技術は経験の息子」である。

抽象化、一般化、合理化は物理の方法論そのものであり、生き方を決める人間の最も得意とする高等技術である。自然科学による豊かな物質文明を人文、社会科学による豊かな精神文明に翻訳できるのも、「物」の「理」を説こうとする人間性によるものである。

5 おわりに

ここに紹介した粒子工学は、いわば「原始」物理学の「粗」粒子論であるが、高校の物理の一応用例として産業界への少からぬ貢献の可能性を示したつもりである。また、化学は今まで度々夢を見させてくれたが、物理は目を覚させる。しかし、超微粒子の出現によって、学問の共通性とともに、夢と現実がますます近づいていることを教えられる。物理はそのスペースシャトルである。

文 獻

- 1) 後藤圭司：「液体と粉体—ランダム充てん構造としての比較」，粉体工学会誌，15, No. 4 (1978) 220 - 226
- 2) J. Schwedes, 篠原邦夫：「ブラウンシュハイク工科大学とカールスルーエ大学における操作工学のカリキュラム」，粉体工学会誌，20, No. 11 (1983) 692 - 694
- 3) 神保元二：「ニューセラミックス」，化学工学，50, No. 1 (1986) 10 - 14
- 4) J. Schwedes, 篠原邦夫：「ドイツにおける教育について—特に工学に関連して」，粉体工学会誌，20, No. 8 (1983) 521 - 524

電球からの熱エネルギーの散逸

三好 康雅
峰 友典子

1 まえがき

電球に対する電流-電圧特性がオームの法則を示さない事は良く知られている。これは電流の増加によりフィラメントの温度が上昇し、電気抵抗が増すためである。それでは電球で消費される電力と温度の関係はどうなっているであろうか。定常状態において、電球で発生したジュール熱はフィラメントに蓄積されることなく外界へ散逸する。散逸の形態は伝導、対流および輻射であるが、パイロットランプと呼ばれる小形の電球は内部が真空なので、これを使うと対流は考えなくても良い。フィラメントが比較的低温のときは輻射は非常に弱く、熱は主として伝導で散逸し、散逸する熱量は外界との温度差に比例すると考えられる。一方高温になると輻射が強くなり、伝導が無視できるようになると考えられる。輻射の量と温度の関係は、黒体の場合ステファンーポルツマンの法則に従う。しかし灰色体（全ての波長の光を一様に輻射する物体）の場合にも T^4 則が成立する。¹⁾本報告は、パイロットランプの熱輻射が高温域で T^4 則に従うことを示し、これを学生実験のテーマとした結果について述べる。

2 実験と結果

2-1 フィラメントの温度の測定

フィラメントの材質はタングステンである。

温 度 (°C)	抵 抗
20	5.5
750	25.5
1200	40.0
2400	85.0

表1 タングステンの電気抵抗の温度変化

表1はタングステンの温度と電気抵抗の関係である。この関係を満足するように3次式

$$T = a(R/R_0)^3 + b(R/R_0)^2 + c(R/R_0) + d \quad (1)$$

の係数を求めたところ

$$a = 0.00156, \quad b = -1.17, \quad c = 207.3, \\ d = 86.84$$

を得た。これに R/R_0 を代入することにより温度 T (K)を求めることができる。

ここで R_0 は室温(20°C)における抵抗値であるが、これを例えればテスターで測ることは正しくない。それは抵抗を測ろうとして電流を流すと、温度が上昇するので、得られた抵抗値は室温のそれとは違ったものになるからである。このようなとき外挿法が有効である。

温度範囲があまり広くないとき、抵抗 R は

$$R = R_0(1 + \alpha t) \quad (2)$$

であらわされる。ここで t は室温を基準にした温度である。一方、温度が室温に近く、発生した熱 P の散逸が伝導で行われるとすると

$$P = \beta t \quad (3)$$

である。ここで α と β は定数である。式(2)と(3)から

$$R = R_0(1 + \alpha P/\beta) \quad (4)$$

を得る。すなわち R と P が1次式の関係にあり

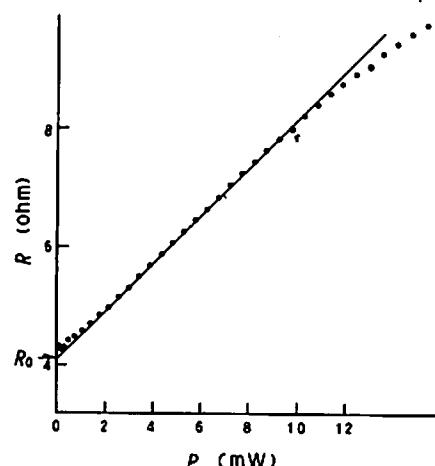


図1 R_0 を求めるためのプロット

$P = 0$ に外挿した R の値が R_0 に等しい。図1に式(4)の測定例を示す。グラフの中央部は良く直線に乗り、容易に $P = 0$ に外挿することができる。左下の測定点の乱れはメーターの感量不足による誤差のために生じたものである。右上の直線からの逸脱は式(2)または(3)の仮定が成立しなくなつたことによると考えられる。

2-2 消費電力と温度の関係

電球で消費される電力 P は単位時間に散逸する熱エネルギーに等しい。散逸が伝導で行われるならば

$$P = k_1 (T - T_0) \quad (5)$$

であらわされ、 P と T は直線関係となる。ここで T_0 は室温である。散逸が灰色体からの輻射で行われるならば

$$P = k_2 T^a \quad (6)$$

または

$$\log P = \log k_2 + a \log T \quad (7)$$

となり、 $\log P$ と $\log T$ の関係は傾き 4 の直線になる。

図2に P と T の測定例を示す。低温領域で

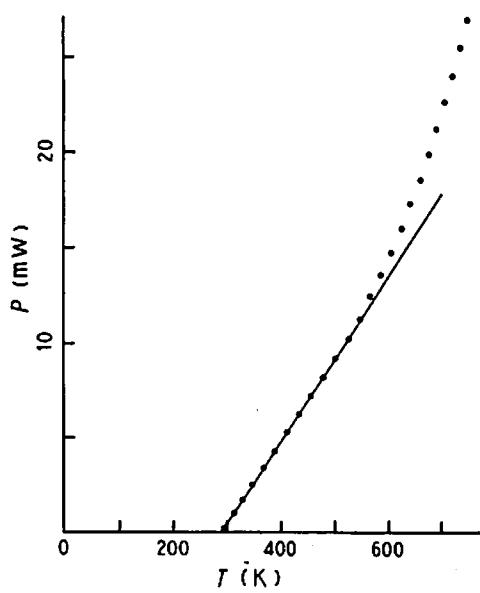


図2 $P-T$ プロット

は良く直線に乗り散逸が伝導で行われることを示している。高温域で曲線となるのは、輻射の影響が無視できなくなったためと考えられる。図3に式(7)の測定例を示す。図中の直線は傾き 4 の直線で、高温域で測定点は良く

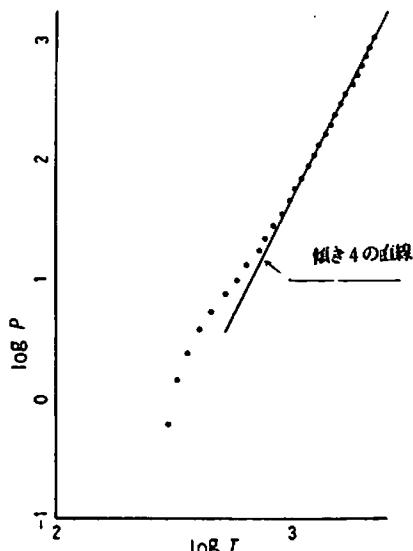


図3 $\log P - \log T$ プロット

この直線に乗っていることが認められる。すなわち高温域では伝導は無視でき、輻射は T^4 則に従うことが示された。

2-3 学生実験の結果

図4は学生が得た高温域における T の指数 a のヒストグラムである。分布の中心は 4.0

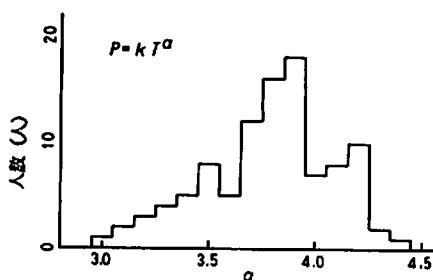


図4 学生が測定した指数 a の分布

より小さい所にあるが、3.5～4.0の間にあるものに対して傾き4.0の接線を引くことができるものが多い。3.5以下のものは粗雑な測定またはデータ処理のミスによると見られる。

考察 実験の結果、パイロットランプからの高温域における熱散逸は輻射によって行われ T^4 則に従うことが明らかになった。

任意の面の単位面積からの輻射は

$$P = \epsilon \sigma T^4 \quad (8)$$

であらわされる。ここで σ はステファンボルツマン定数、 ϵ は放射率と呼ばれ、物質およびその表面状態に依存する。図5はタングステンの研磨面からの放射率である。³⁾ 放射率

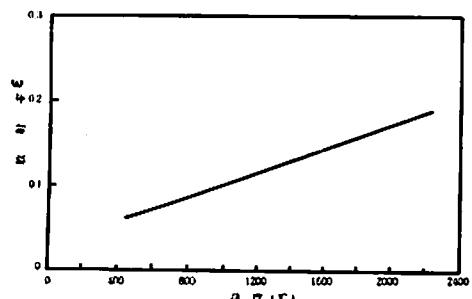


図5 タングステンの研磨面の放射率

は温度と共に直線的に増加しており、これらの輻射は T^4 則を満足しない。金属の表面は通常酸化膜におおわれており、金属化合物の放射率は一般に温度依存性が弱い。³⁾

以上の考察から、パイロットランプのフィラメントは酸化物またはその他の化合物でおおわれており、 ϵ はほぼ一定で灰色体の性質を示すと考えられる。

結び この実験は簡単な装置を用いた基礎的な測定結果を用いていろいろな物理的な考えにふれることができる。外挿や2種類の現象が混合しているとき、それの分離など技術的にも興味ある手法である。ステファンボルツマンの法則は量子力学の先駆的役割をはたした事を紹介したり、表面の状態が重要な意味を持つ事を示すこともでき、教育効果の大きいテーマであると考える。

参考文献

- 1) 伝熱概論 甲藤好郎 築賢堂
- 2) 東京カソード研究所 真空蒸着用素子資料
- 3) 機械工学便覧（改訂第6版）日本機械学会編

マイコンを使った物理実験・重力加速度の測定

峰 友 典 子
三 好 康 雅

1はじめに

動力学の初步である等加速度運動を学生に体験的に把握させるための物理実験として前13号において回転体の運動をテーマに報告したが、それに付随して落体の運動を取り上げ、重力加速度の測定装置を作成したので報告する。

学生は、落体の運動と回転体の運動の実験を兼ねさせて行うことにより、加速度、角加速度の概念を関連付けて理解することができると思われる。

実験装置は基本的に角加速度測定装置と同じ原理なので若干の改良を加えて使用した。

2原 理

図1に示す数個のマークを等間隔に付けたマーク板を用意する。本測定においては、ケント紙に

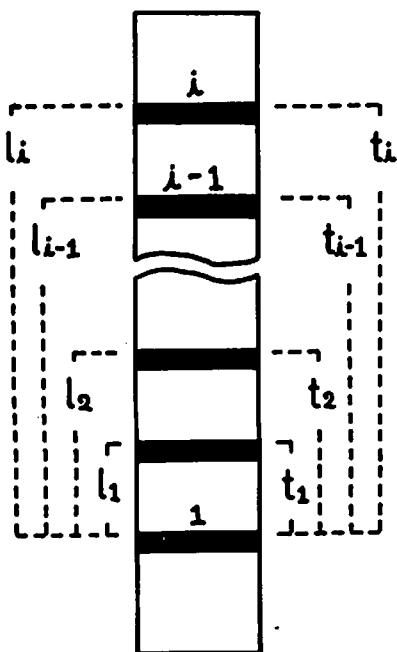


図1 マーク板

間隔15(mm)のマークを付けたシートを作製し、長さ30(cm)のスチール製物指しに張り付けて落下物体として使用した。

マークに光を当ててマーク板を落下させたときのマークの通過を光センサーで検出し、各マーク間の経過時間をマイコンに取り込む。

マーク板を落下させたとき重力加速度 g は一定で、マークの位置 l と時間 t の間に

$$l = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t \quad (1)$$

の関係が成立立つ。 v_0 は $t = 0$ のときの速さである。

マーク i 番目と $i - 1$ 番目の位置を l_i, l_{i-1} 、時間を t_i, t_{i-1} とすると(1)式より

$$l_i = \frac{1}{2} g t_i^2 + v_0 t_i \quad (2)$$

$$l_{i-1} = \frac{1}{2} g t_{i-1}^2 + v_0 t_{i-1} \quad (3)$$

となり、図2に示す2次曲線が得られる。

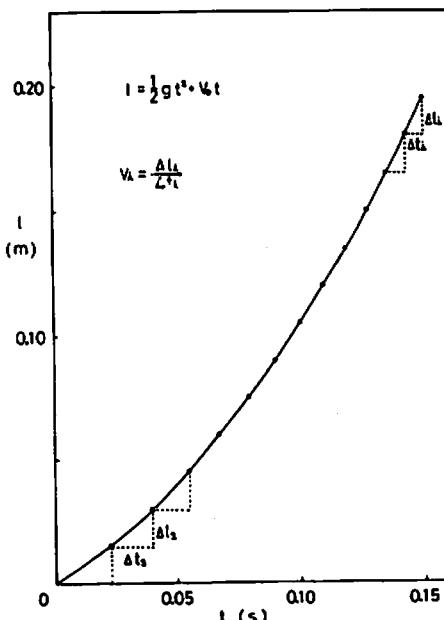


図2 $t - l$ の関係

(2), (3)式の差を求める

$$\begin{aligned} l_i - l_{i-1} &= \frac{1}{2} g (t_i^2 - t_{i-1}^2) \\ &\quad + v_0 (t_i - t_{i-1}) \\ &= (\frac{1}{2} g (t_i + t_{i-1}) \\ &\quad + v_0) (t_i - t_{i-1}) \end{aligned} \quad (4)$$

となる。ここで

$$l_i - l_{i-1} = \Delta l_i \quad (5)$$

$$t_i - t_{i-1} = \Delta t_i \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} (t_i + t_{i-1}) = \bar{t}_i \quad (7)$$

(\bar{t}_i はマーク i 番目と $i-1$ 番目の中間点の経過時間を意味する。)

とおくと(4)式は

$$\Delta l_i = (g \bar{t}_i + v_0) \Delta t_i \quad (8)$$

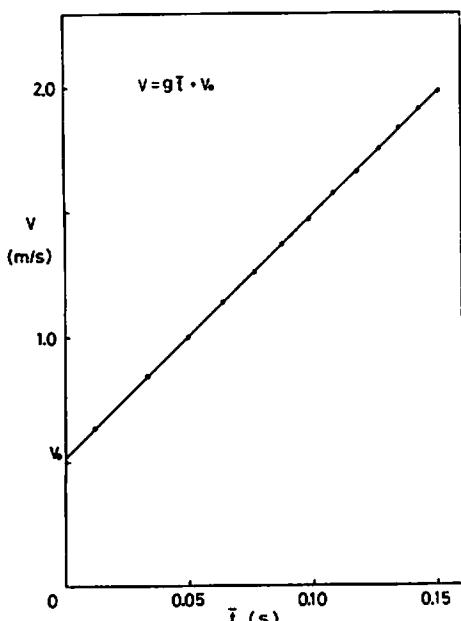
となり

$$\frac{\Delta l_i}{\Delta t_i} = g \bar{t}_i + v_0 \quad (9)$$

を得る。 $\Delta l_i / \Delta t_i$ は時間 \bar{t}_i における速さを意味するので v_i とおくと(9)式は

$$v_i = g \bar{t}_i + v_0 \quad (10)$$

となる。図2において各マーク間の速さ v_i と時間 \bar{t}_i をそれぞれ求めてグラフを書くと、図3に示

図3 $\bar{t} - v$ の関係

す(10)式の直線が得られ、その傾きが重力加速度 g である。

3 測定方法

図4のようにマーク板の上部を磁石で固定し、下部に光源からの光を当てる。光の媒体として光ファイバーを使用した。

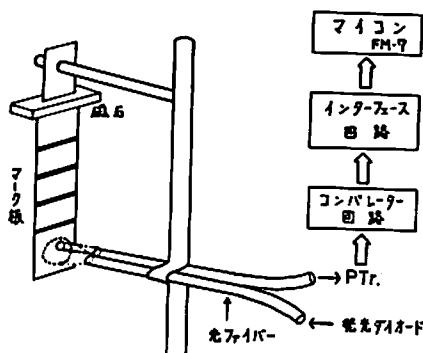


図4 測定方法

光ファイバーは2本1組になっていて、一方はマークを照射する光源用として発光ダイオードに接続され、他方はマークに当てた光の反射光を検出するためのものとしてフォトトランジスタ PTr. に接続されている。

マーク板が落下して光のスポットを通過するとき、マーク部分と白い部分でフォトトランジスタが取り込む反射光の明るさが変化する。図5に明るさの変化の過程を示す。マーク部分から白い部

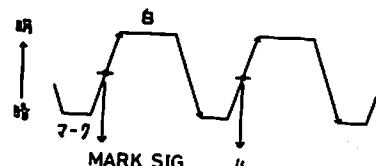


図5 マークの通過の判定

分へ徐々に明るくなつて行き、次のマークへ徐々に暗くなつて行く。この明るさの変化をコンパレーター回路において電圧変換して、ある電圧にな

ったときにマークの通過を判定するマーク信号が発生するように判定電圧(ストシホールド)を設定する。

マーク信号が発生すると、マイコンはデータ取り込みのための回路を経てデータを取り込む。

4 インターフェイス回路の説明

図6にマイコンがデータを取り込む過程を示す。

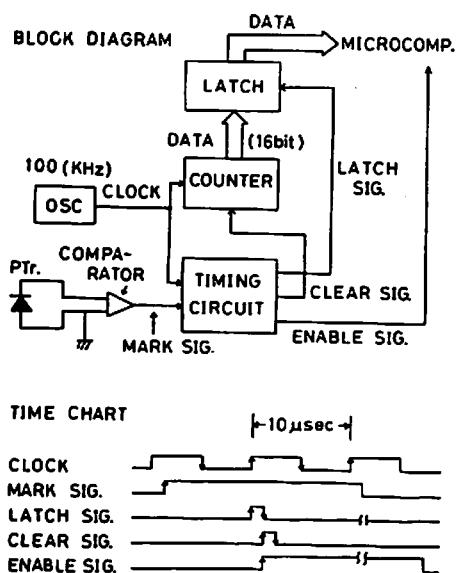


図6 データの取り込み過程

- ① マイコン内蔵の水晶発振器 OSC から発生するクロックの数をカウンターで数える。カウンターはクロックの立上がりで1カウントUPする。
 - ② フォトトランジスタ PTr. がマークの反射光を検出してマーク信号が発生するとその直後のクロックの立上がりでラッチ信号が出てカウンターの内容をラッチへ送る。
 - ③ ラッチ信号の立下がりでクリア信号が発生し、カウンターをクリアする。カウンターは新たにクロックの数を数えはじめる。
 - ④ クリア信号の発生と同時にEnable信号が出てマイコンに知らせ、マイコンがラッチのデータを取り込む。
- 以上のようにマイコンが取り込むデータは、

マーク信号の発生から次のマーク信号の発生までの間のクロックのカウント数である。本回路ではクロックの1カウントを $10 \text{ } (\mu\text{sec})$ に設定しているので、カウント数を時間に換算すると各マーク間の経過時間 Δt が得られる。

5 マーク間隔の補正

重力加速度の測定精度に及ぼす誤差の最大要素はマーク間隔のバラツキによる系統誤差であると思われる。そこで読取顕微鏡を使用してマーク間隔 Δt の補正を試みた。

マーク板はX-Yプロッターにより Δt が $15 \text{ } (\text{mm})$ の等間隔になるよう作製したが、読取顕微鏡で測定すると表1の数値を得た。図7に示す実線は表1の数値をグラフ表示したものである。

マーカ番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Δt (mm)	15.25	15.03	14.86	15.12	15.02	14.89	14.99	15.12	15.07	15.17	15.15	15.06

表1 読取顕微鏡によるマーク間隔の測定値

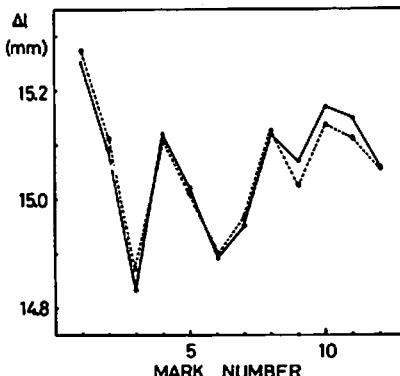


図7 マーク間隔の測定

更に、読取顕微鏡による測定値の精度を把握するため、最小二乗法により(1式)を求めて各マーク間距離 Δt を算出し、その処理結果を図7の波線で表示した。

図7において両者を比較すると、全体に多少のずれ（マーク9番目で最大0.05 mm）を含みながら同様の傾向を示している。

ずれの原因は読み取ったマークの縁とマイコンが判断したマークの縁とのずれであると考えられる。マークの縁がインクのにじみや色むらなどで一様な直線になっていないことによるためであろう。

しかし、ずれの平均を求めると0.02 (mm)程度で、読み取ったマークの測定限界(2/100 mm)に相当するものであり、これ以上精度をあげることは無理なので表1に示す数値をマーク間隔 Δl の補正值とした。

6 重力加速度の測定結果

図8に最小二乗法により(10)式から求めた重力加速度 \bar{g} のヒストグラムを示す。

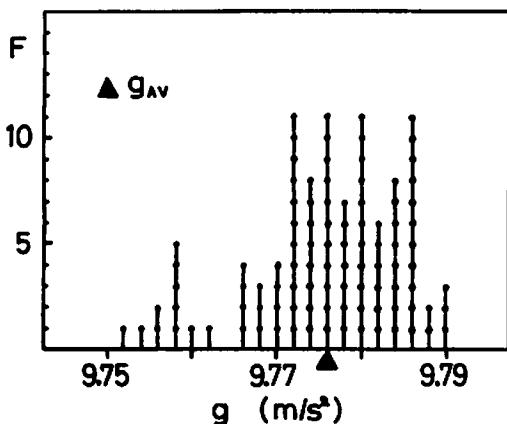


図8 (10)式から求めた \bar{g} の分布

\bar{g} の分布範囲は9.75～9.79 (m/s^2)で、分布の平均は9.776 (m/s^2)であった。

7 データ処理方法に関する考察

本測定では、図2の2次曲線から速さを求めて図3に示す直線を得、その傾きから重力加速度を求める処理手順を踏んでいる。

ここで、本処理方法における問題点として、速さ v を求める際にデータの有する相対誤差が影響

して v のバラツキを誘発するという欠点があげられる。

図2において、マーク間隔に関してみると Δl は等間隔なので測定により生じる Δl の相対誤差はどの測定点においても同じであると考えられる。

一方、マークの経過時間 Δt は t とともに減少するので Δt の測定により生じる相対誤差は t とともに増加する。したがって、 t とともに v のバラツキは大きくなり、図3において求める v の精度が低下する。

測定データから最小二乗法により直接(1)式を求めて重力加速度を算出すると、このような精度の低下を除くことができると考えられる。

図9に直接(1)式から求めた重力加速度 \bar{g} のヒス

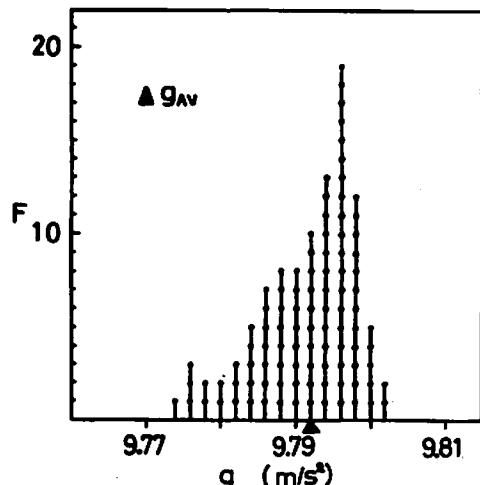


図9 (1)式から求めた \bar{g} の分布

トグラムを示す。 \bar{g} の分布は9.77～9.80 (m/s^2)で、図8に示す \bar{g} に比べて分布範囲が狭くなっている。

このように(1)式から直接 \bar{g} を求めた場合の方が(10)式を用いて \bar{g} を求めた場合よりバラツキが少なく、単に \bar{g} を求める目的には前者が適切である。

しかし、後者の方法においては一連のデータ処理を手順を追って行うので、特に速度から加速度への概念が把握しやすい利点がある。さらに先の欠点も学生実験においては、学生がデータ処理をする際の誤差が大きいため、吸収されてほとんど

影響は現れない。

以上の考察結果により(10式から) g を求める方法は学生実験用として適切であると判断するに致った。

8 おわりに

実験装置の製作における基本姿勢としては、再現性のある装置であること、精度的要件が整っていること等があげられる。特に理論値が予め判っている場合には、実験結果と理論値との一致をみると学生はより大きな満足感を得るであろう。その意味から重力加速度 g の測定精度を検討してみた。

図9において、 g の分布の平均は $9.792\text{ (m/s}^2\text{)}$ で $9.80\text{ (m/s}^2\text{)}$ に対して 0.08% の誤差であった。又、平均値の標準偏差は $0.0006\text{ (m/s}^2\text{)}$ で、危険率 4.6% として平均値のバラツキをみると、 ± 0.12 となり $9.80\text{ (m/s}^2\text{)}$ は平均値のバラツキ範囲内に含まれる。

従って、誤差の最大要素であると思われるマーク間隔の測定に読取顕微鏡を使用していることを考慮すると、本装置により得られた重力加速度の精度としては満足できるものであるとの結論に到了。

更に光の当て方を、光ファイバーを使用した反射型にすることにより、周囲の光の影響を極力おさえて光源からの光を効率よくフォトトランジスタに取り込むことができ、より再現性の高い測定値を得ることが可能になった。

定時制における物理教育はいかにあるべきか

— 小人数を生かした体験的物理実験の試み —

穂積邦彦

1 はじめに

高校進学率が94%を超え、経済的にも豊かな社会となってきた今日、定時制の姿・役割は大きく変わりつつある。都市部では全日制の下に位置づけられ全日制夜間部といった感さえある。一方、本校も含めて郡部においては、過年度卒業の勤労青少年という定時制本来の姿をもつ生徒から、学力や生徒指導上の問題で全日制へ進学できなかつた生徒、或いは全日制からの転編入生徒までと多様を極めつつも、生徒数の激減に伴い、毎年募集停止の危機にさらされている。

学力は総じて低いものの、学力差となると輪切りの進んだ全日制に比して相当なものがある。能力的に中学レベル以下の者がいる反面で大学進学を志す者がいるといった具合である。こういった状況の中で小人数のクラスが形成されており、その中で教科としての目標が設定される。“落ちこぼさず、浮きこぼさず”と言うは易けれども具体的になると学力差・クラス間較差・出席状況等さまざまな困難が伴う。教科としての目標をふまえつつも、毎年レベルを変えざるをえないなど、その場に応じてかなりの妥協を余儀なくされる場合も少なくない。

2 本校における理科教育

現在、本校では理科Ⅰ（1、2年各2単位）、物理（3年3単位）、地学（4年3単位）を実施している。担当は当然1名であるので、物理は4年間の中の3年目、または科学全般の中における物理という意識で授業を展開することが容易である。授業は、座学のみではその本質に迫るのは難しいので、作業学習の意味も含めて、教科書を再構成する形で自作プリントを使用している。そしてその中に身近な現象を教材とした具体例や実験を多く取り入れ、生徒ができるだけ納得できるようになると、多方面からのアプローチを心掛けている。

3 物理実験

実験は最も身近な具体例である。定時制の生徒は洞察力・応用力が低く、器用さに欠けるといったようなことから、複雑そうな実験、高級そうな（別に高級でも何でもないのだが）器械を使った実験などの間接的な実験は別世界の印象が強く、自分のこととして受け取れない傾向にある。

ところで、理科教育での実験の目的をよく考えてみると、良い実験結果を出す事が目的なのではなく、その結果から現象に対してのイメージを作りあげたり、考えたりすることの方が重要である。本校の生徒の実態からすると、現象・結果・考察がすぐ結びつくような実験が望ましい。そのような理由で、教科書にある実験のみにこだわらず、簡明で目に見え、身体で実感できるものをその場その場に応じて取りあげている。また、地域性を生かした教材も生徒の興味・関心を大いに引くものである。幸い、一クラス数名という小人数は、小回りが効き、実験が手軽にできるという大きな利点がある（逆にその辺にあるもので簡単に済ましてしまうという、やっつけ仕事的な面がないでもない）。わずか5年間の教職経験ではあるが、その中で実施してきた実験の中から、(1)身体で感じとれるものと、(2)地域性を生かしたものについて以下に発表したい。

3-1 身体で感じとれるもの

(ア) 速度と加速度（図1）

各人の30m走を、5m毎にその通過時刻を測定して、区間毎の速さを求め、更に加速度を計算して皆で比較・検討する。（一人一人の結果がデータとして比較されることで参加意欲を喚起する。また、グラフ上での比較を通して、グラフの見方に慣れさせる。）

(イ) 落下運動

ボールを真上に投げあげてその滞空時間

を測定して初速度を求め、落下運動について考える。(プロ野球等で使用されるスピードガンの結果との対応をねらったもの。)

(ウ) ポイルの法則

シャルルの法則

注射器に閉じ込めた気体の $P - V$ の測定、 $T - V$ の測定。 $(T \rightarrow 0 \text{ で } V \rightarrow 0)$ をグラフ上で確認すること。指の感じで温度がある程度推定できること。)

(エ) 大気圧(図2)

ストローで水を何cmまで吸いあげられるか。(「水を」となると、たいがい息の続く限りにおいては最限なく吸いあげられると思っている所から大気圧について考えさせる。)

(オ) 光の屈折

レーザー光線の経路を黒板消しをたたくなどして可視化し、水などの空気に対する屈折率を入射角を変えながら測定し、屈折の法則に対する理解を計る。(一般には虫ピンが重なるように立てて光の経路とするが、実際にその経路を可視化して納得させる。)

(カ) 電気抵抗・半導体

電流計等を使わず、豆電球と発光ダイオードの組合せにより、それらの点滅を利用して抵抗、半導体、ダイオードのイメージを作る。

3-2 地域性を生かしたもの

冬、流水が接岸し、海もまた白一色の原野と化す当地においては、雪氷は最も身近な、地域性豊かな自然のひとつである。その雪氷の教材化を試み、本校の物理において第3学期に実施している。それらは見ることに力点をおいて教材化したものであり、身の回りにある雪氷の理解を目的とする一方で、科学の方法の習得も目的としている。

(ア) 雪結晶

雪結晶の写真や紋様を目にする機会は少なくない。しかし、その大部分は六花や角板であって、そしてそれのみが雪と思っている生徒が殆どである。様々な形の雪結晶

の実物やレプリカを見せてることで、雪氷への興味づけをはかるとともに、科学を身近なものに感じさせることを目的とする。

＜教 材＞ 天然の雪、雪のレプリカ、雪のスライド

＜方 法＞ 観察、スケッチ

＜まとめ＞ 成長条件の考察(結晶形と小林ダイヤグラム)

降雪過程の考察(結晶形の変化と小林ダイヤグラム)

雨滴の形成(雪結晶と付着雲粒との大きさ比較)

(イ) 積雪の断面観察(図3、図4)

地味ではあるが、積雪調査の一端を見せる。一見すると何の変哲もない真白な積雪断面であるが、ちょっとした工夫でその歴史が読みとれたり、模擬実験ができる事を示す。グループ同志の測定結果を集積すれば広範囲の積雪分布が得られる。また、素手による測定も場合によっては有効であることを示す。

＜教 材＞ 積雪の鉛直断面

＜方 法＞ メジャーによる測定

＜まとめ＞ 積雪の各層の降雪月日の同定

ある地域の積雪分布

地層形成との対応

積雪水量の推定

(ウ) つらら

その形成過程が容易に推察できるつららを取りあげ、以後の薄片観察の方法を習得するとともに、科学者の特殊撮影とも思われる偏光像を見せてことで、科学の身近さを示す。

＜教 材＞ つらら

＜方 法＞ 偏光板によるつららの薄片の観察、スケッチ

＜まとめ＞ つららの形成過程 偏光像との対応

(エ) 湖氷と海水(図5)

塩分の効果を考慮しながら、淡水と海水の凍り方の違いを考察させる。特に海水の結氷は視点を変えながら多方面からの検討

が必要である。ここでは、科学の考察の面白さを体得させる。

＜教 材＞ 湖水、海水

＜方 法＞ 外観の観察

偏光板による薄片の観察・ス

ケッチ

＜まとめ＞ 最大比重の温度、結氷温度と
塩分について

湖と海の冷却過程の違い

湖と海の結氷過程の違い

凝固点降下について

(オ) 総合実験・観察

今まで得た知識をもとに、教材を自分で選択し、その氷の形成過程の推察と実証を行う。

＜教 材＞ 天然氷（採集）、人工氷（製造）

＜方 法＞ 氷の形成過程の推定

実物の外観察、薄片観察

＜まとめ＞ 予測と実際との対比・考察

4 おわりに

講義形式の授業において眠そうな顔をする生徒でも、自分にできる実験、自分に関わる実験においては実に生き生きと活動する。それは、その差異はあるにしても、自分の目で確かめたい、新しいものを発見したいという気持を誰もが持ち合わせているからだと思う。学力の低い定時制においては、その気持を大切にしていかなければならぬ。ただ注意すべきは、面白かったで終わらせないよう、教師がその本質を見失わないようにすべきことである。

ここに発表した実験は、生徒の素朴な質問から始まったものも少なくない。今後とも、素朴な声を大切にして生徒とともに授業に取り組んでいきたいと考えている。

尚、雪氷に関しては、北理研の北方圏理科教育推進委員会の研究の一環として、著者が教材化を試みたものである。

実験 直線上の運動

氏名 _____

目的 自分が直線上を走る様子を観察して、速さの変化について考える。

準備 卷尺、ストップウォッチ

- 手順 (1) 卷尺で30ロの直線をとり、5ロ毎に印をつける。
 (2) 5ロ毎に生徒を配置し、走者の通過時間と秒の単位で小数第2位まで計時する。(各人1回必ず走者となること)

- 整理 (1) 固定した通過時間を表のt欄に記入する。
 (2) 各区間の中間時間Tを次式で求め記入する。

$$T_1 = \frac{t_0 + t_1}{2}, T_2 = \frac{t_1 + t_2}{2}, T_3 = \frac{t_2 + t_3}{2}, \dots$$

- (3) 各区間の平均の速さを求める。

$$\text{速さ (V)} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} \text{ から } V_1 = \frac{s}{t_1 - t_0}, V_2 = \frac{s}{t_2 - t_1}, \dots$$

- (4) 加速度を求める。

$$\text{加速度 (a)} = \frac{\text{速度変化}}{\text{時間}} \text{ から } a_1 = \frac{V_1 - V_0}{T_1 - T_0}, a_2 = \frac{V_2 - V_1}{T_2 - T_1}, \dots$$

- (5) 時刻 (t) ~ 距離 (x) を A のグラフに記入する。

- (6) 時刻 (T) ~ 平均の速さ (V) を B のグラフに記入する。

- (7) B のグラフにおいて、折れ線から下の面積を数えよ。1マスは0.2 (m)であり、不完全なマスはすべて0.1 (m)とする。

面積 _____

問1. この面積は何をあらわすか。

問2. 他の生徒とグラフを比較し、走り方の違いを話しあってみよ。

区間	0	1	2	3	4	5	6
距離 x (m)	0	5	10	15	20	25	30
通過時間 t (秒)	t ₀	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
中間の時刻 T (秒)	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
平均の速さ V (m/s)	V ₀	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
加速度 a (m/s ²)	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	

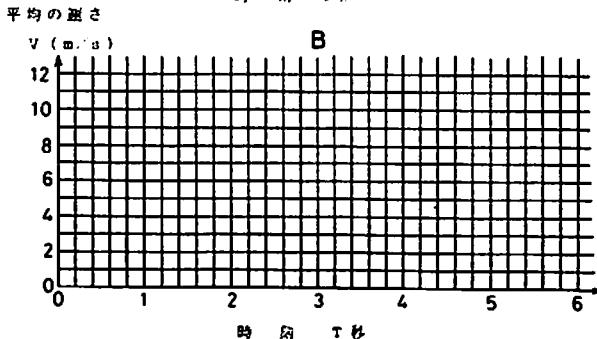
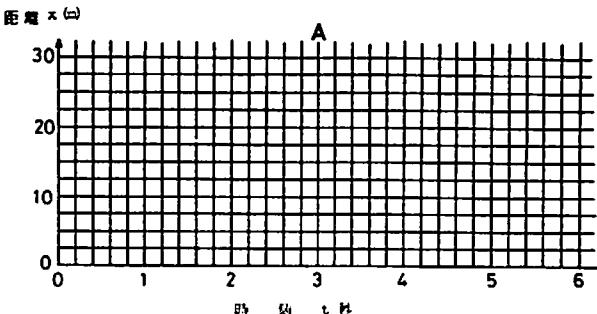


図2

実験

大気圧への抵抗

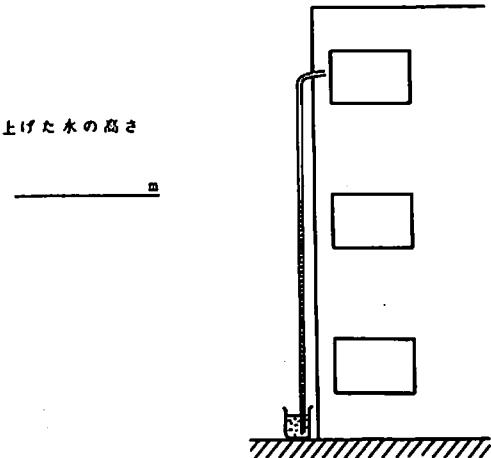
(ストローは何ロの高さまで有効か)

目的 ストローで水を吸い上げ、その限界を知ることにより、ストローの原理および大気圧を理解する。

準備 ガラス管、ゴム管、ビーカー、メジャー、ビニールテープ

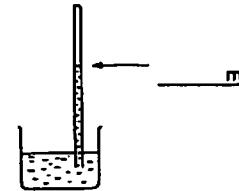
- 手順
- (1) ビーカーに入れた水をガラス管(約1m)で吸い上げてみてそれが可能な事を確かめる。
 - (2) ガラス管をゴム管でしっかりとつなぎ、約8ロの長さにし、50cm毎にビニールテープを巻いて印をつける。
 - (3) 一人が外に出て、水を入れたビーカーを壁ぎわの地面に置く。
 - (4) 3路の窓からガラス管を差しし、ビーカーの水を吸い上げる。
 - (5) 外の観察者は吸い上げられた水の高さ(最大値)を目分量で読みとる。(4.2ロのように小数第1位まで)

吸い上げた水の高さ



問1 地表では大気の重量によって、 1cm^2 あたり 1034gw の力が加わっている。この力で水を押し上げると水は何ロまで上昇するか。

問2 水を吸い上げた限界の状態において、どのような力が働いているのだろうか。



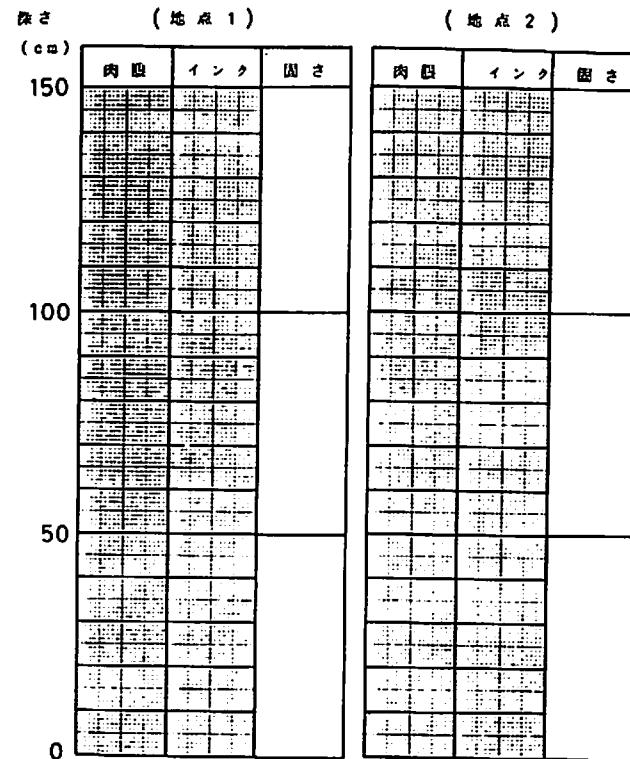
問3 ガラス管に残った空気の圧力は何 gw/cm^2 であるか。

問4 自分の人間真空ポンプの限界は何気圧か。

問5 ストローでなぜジュースが飲めるのか。

反省・感想

図3



同 横管の崩れる様子を記せ。

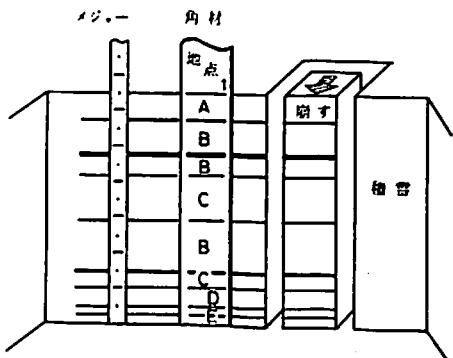
反省・感想

実験 植雷の観察(1) 氏名 _____

目的 植雷の断面を観察し、植雷の特徴を理解する。また、陸雷と対比させて、地雷のでき方と共通性のあることを理解させる。

準備 角スコップ、霧吹き、青インク水溶液、メジャー、付録、角材、マジックインク、鉛筆

- 手順 (1) 断面に入一人作業できるくらいの穴を掘り、観察する断面面を鉛直に整形する。
- (2) メジャーで断面の植雷を固定し、層の境界をグラフに記入する。
- (3) 霧吹きで断面にインクを吹きかけ、境界を浮き上がらせる。
- (4) メジャーで植雷を固定し、グラフに記入する。
- (5) 角材に植雷の境界をマジックで写しとる。
- (6) 各階毎に指などを差しこんで、その固さを固定する。
- (7) 固定が終了したら、植雷に切れ目を入れて崩してみる。
- (8) 別の場所に移動して(1)～(7)を行う。



一管の固さ
 A : にぎりこぶしがスッと入る。
 B : 手えた指4本がスッと入る。
 C : 指1本がスッと入る。
 D : 鉛筆がスッと入る。
 E : 鉛筆も入らない程固い。

定時制における物理教育はいかにあるべきか

図4

実験　毎日の観察 (2)

氏名 _____

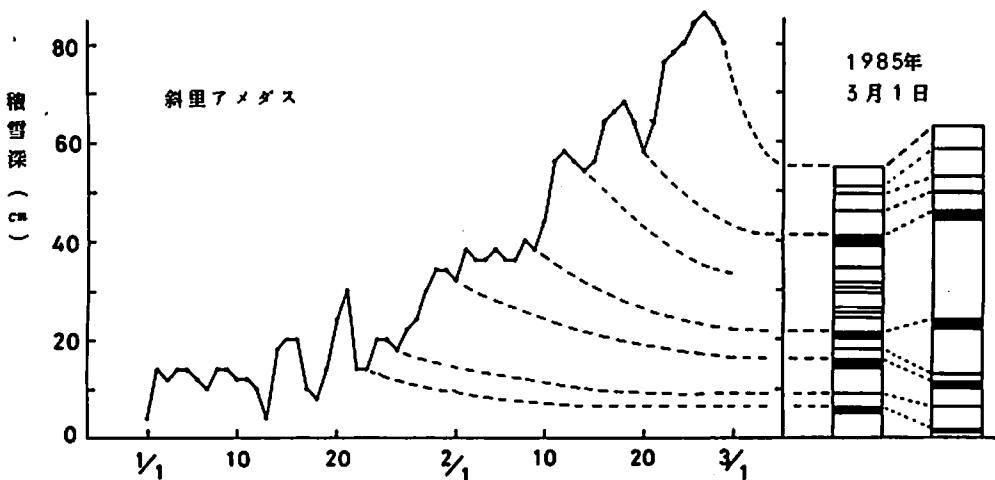
監視と考察

- (1) 支の積雪深をグラフに表わせ。
- (2) 墓石断面をグラフの右に記せ。
- (3) 番屋境界の日付および2地点での同じ時間による層を固定せよ。
- (4) 図さが各層で異なる理由を考えよ。

- (5) 地層のでき方と同じ点、異なる点を考えよ。

- (6) 雪崩の発生のしくみを考えてみよ。

積雪深の変化(斜里): 1985年		
日	1月	2月
1	4 cm	32 cm
2	14	38
3	12	36
4	14	36
5	14	38
6	12	36
7	10	36
8	14	40
9	14	38
10	12	44
11	12	56
12	10	58
13	4	56
14	18	54
15	20	56
16	20	64
17	10	66
18	8	68
19	14	64
20	24	58
21	30	64
22	14	76
23	14	78
24	20	80
25	20	84
26	18	86
27	22	84
28	24	80
29	30	84
30	34	86
31	34	80

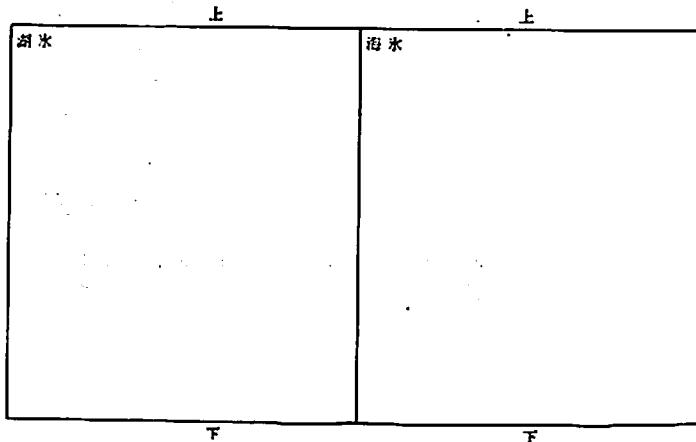


実験 湖の水と海水

目的 湖水および海水の断片の偏光観察を通して、その形成過程を考える。

準備 偏光板2枚、照明、ガラス製シャーレ、恒温器、のこぎり、湖水、海水、革手

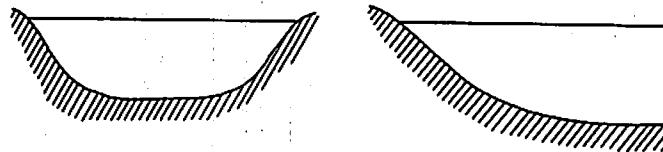
- 手順 (1) 湖水の上下を明暗にしておき、のこぎりで厚さ5~10mmの断面を切りとり、恒温器でとかして0.5~1mmの厚さにする。
 (2) シャーレに入れて上下を偏光板ではさみ、下から照明をあてる。
 (3) 偏光板を回転させ、バックが暗くなる位置でスケッチする。
 (4) 海水についても(1)~(3)と同様にしてスケッチする。海水はもういので、やや厚めに切り出し、ゆっくり時間をかけて切くする。



考察 水の断片観察と右に示した海水の結氷濃度と最大比重の温度のグラフを参考にして以下の間に答えよ。

- (1) 水は水より軽い。比重を比べよ。
 (2) 湖の結氷温度 (3) オホーツク海(3.3%) 海水の結氷温度と最大比重の温度
 の結氷温度
 (4) 海水の最大比重の温度 (5) オホーツク海の海水の最大比重の温度

- (6) 結氷直前の湖の温度構造 (7) 結氷直前のオホーツク海の温度構造



(8) 湖はどのように凍ってゆくか。

(9) 海はどのように凍ってゆくか。

反省・感想

熱電気現象に関する二・三の考察

一 口 芳 勝

[はじめに]

これまで、雪氷との関連において、理科教育の中に北方圏の特色を生かそうとする試みの一環として、身辺素材を利用した熱電対の教材化を進めてきた。

熱電気現象は簡単な装置で熱エネルギーを電気エネルギーに変換できるところに教材としてのおもしろさがあり、その歴史的背景は教育的視点から有効性があるように思われる。また、太陽エネルギーの利用と合せて実用的な装置の工夫や新素材の開発が期待される分野でもある。

北海道高等学校理科研究会の北方圏理科推進特別委員会において、現在熱電気現象の教材化をテーマに作業を進めている計画は次の通りである。

- ① 热電対を身近な金属を用いて作製する。
- ② 自作の熱電対の特性を調べる。
- ③ 演示実験に供する装置を工夫する。
- ④ 雪氷の温度を測定する。
- ⑤ 热電対を電源とした生徒実験を開発する。

すでに、热電対に関する基礎的研究は終え、生徒実験として興味の持てる教材を検討しているところである。試行錯誤で進めてきた熱電気現象の内容が、更に実用的な装置の工夫へと発展させようとする今、ここで、この現象についての基礎理論を吟味し、Cu-Fe の熱電対を用いた場合を取り上げ、科学史の流れと対比しながらまとめてみることにする。

[ゼーベック効果]

二種の金属で回路を作り、両接合部の温度を変えると電流が流れる現象は、よく知られているゼーベック効果であるが、その起電力は回路の一点を切ったときの両端の電位差のことであり、閉回路時の両接合部の電位差とは異なる。

これは電池の起電力と端子電圧の関係と同じである。そして、その大きさは、両金属の種類と両接合部の温度差で一義的に定まり、その向きは高温の接点から低温の接点へ電流が流れる金属の方

を正と定義している。通常、PtやPbを基準に正負の符号を考えている。Fe-Cu 热電対についていえば図の矢印のように電流が流れるのでFeはCuに関しては正であるという。このように、おもな金属について対比した場合、常温における热電系列を示すと次のようになる。

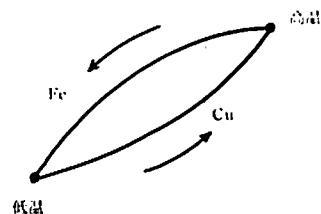
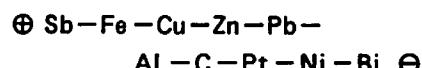


図1 热電対



合金や不純物が含まれると順序は種々変化する。

一般に熱起電力の起因は、両物質間の接触電位差が温度によって異なるからといわれるが、本質的にはペルチェ効果とトムソン効果によって説明されるものである。現象的には、実験の結果から熱起電力の性質について次のことが知られている。

(i) 中間温度の法則

二物質 A, B の組み合せで両接合部の温度が ϑ_1, ϑ_2 なるときの熱起電力 $E_{\vartheta_1}^{\vartheta_2}$ と、 ϑ_2, ϑ_3 なるときの起電力 $E_{\vartheta_2}^{\vartheta_3}$ との和は、温度 ϑ_1, ϑ_3 なるときの起電力 $E_{\vartheta_1}^{\vartheta_3}$ に等しい。

$$E_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} + E_{\vartheta_2}^{\vartheta_3} = E_{\vartheta_1}^{\vartheta_3}$$

実用上 $\vartheta_1 = 0^\circ\text{C}$ とすれば、他の接点の温度を種々に変えたときの起電力の値を知れば任意の温度差の起電力が分かる。尚、起電力の大きさは熱電対の形状には関係しない。つまり熱起電力と温度の特性曲線によって熱電気現象を論ずることができるということである。図は零位法で測定した Cu-Fe の特性曲線である。

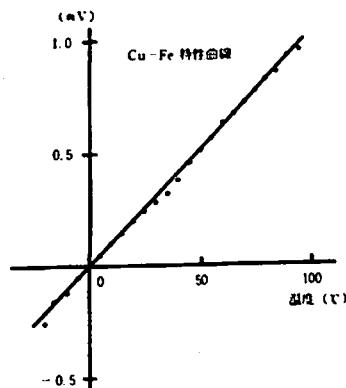


図2 Cu-Fe 特性曲線

(ii) 中間物質の法則

金属A, B, Cを組み合せて3個の熱電対を作る。両接点の温度条件を同じにすると、三種の金属間の起電力について次の関係式が成立する。

$$E_{\lambda_1}^{\lambda_2}(A, B) + E_{\lambda_1}^{\lambda_2}(B, C) = E_{\lambda_1}^{\lambda_2}(A, C)$$

例えば、 $\lambda_1 = 0^\circ\text{C}$, $\lambda_2 = 100^\circ\text{C}$ で、Pt (=C)に対するFe (=A), Cu (=B)の熱起電力は各々 1.8 mV , 0.75 mV であるから

Fe-Cuの熱起電力は

$$\begin{aligned} E_0^{100}(Fe, Cu) &= E_0^{100}(Fe, Pt) - E_0^{100}(Cu, Pt) \\ &= 1.8 - 0.75 \\ &= 1.05 \text{ mV} \end{aligned}$$

この値は実験の結果、よく一致する。また、金属A, B, Cを還状につなぎ、A, Bの接点の温度を λ_1 とし、BC, CAの接点の温度を λ_2 と同じにすれば、起電力は $E(A, B)$ に等しく、Cの有無には関係しない。つまり、一方の接合点を分離して、その間に別の金属を入れても、またどの部分を切り開いても、他の金属を入れても、温度条件が上記のときには、熱起電力に変りはないことを意味する。換言すれば、熱電対の接合用ろう、あるいは結線用導線や測定用メータ等の第三金属を回路内に入れても起電力には無関係であるということである。しかし、取扱い上、温度条件が満足されないときは正しい起電力値が得られないことに注意すべきである。

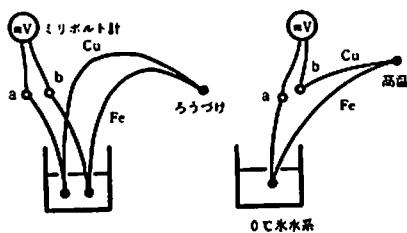


図3 測定方法

図3の測定の場合は、aとbの温度に差異があれば（実際に熱伝導によって差異を生ずる。）正しい値を示さない。また電圧計の変りに電流計を入れて電流値として検出する場合は熱電対の内部抵抗や計器・導線の抵抗によって種々の値になることは当然のことである。正確な値を出すには、零位法による測定がよいのである。

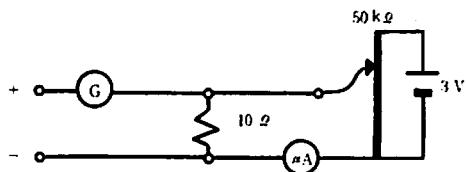


図4 起電力測定回路（零位法）

(iii) 中立温度

熱電対で一方の接点の温度を 0°C に保って、他方の接点の温度 $\lambda^\circ\text{C}$ をいろいろ変えて起電力を測定し、温度に対する熱起電力の特性曲線を描くと、近似的に二次式で表わされる。

$$E = \alpha\lambda + \frac{1}{2}\beta\lambda^2$$

温度1度だけ高めるときの熱起電力の増加、つまり、熱電能Pは上式を微分して得られる。

$$\frac{dE}{d\lambda} = P = \alpha + \beta\lambda$$

Pは温度 λ に対し一次的に変化する。これをグラフに表わしたもののが熱電図である。

$P = 0$ になる温度を上式から求めると

$$\lambda_0 = -\frac{\alpha}{\beta}$$

これを中立温度という。特性曲線における最

大または最小値のときの温度である。
Cu-Fe の組み合せでは $\vartheta_0 = 275^\circ\text{C}$ のとき
最大の起電力 $E_0 = 2.0 \text{ mV}$ を示し、上で述べた事項とよく符号する。

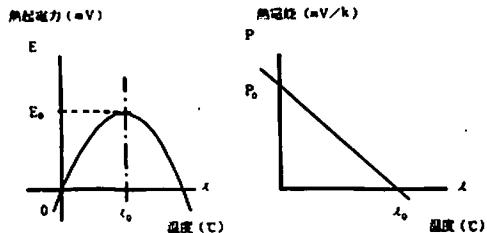


図 5 特性曲線と熱電対

〔ペルチエ効果〕

二物質の接合部を電流が流れるとき、その部分で熱の発生あるいは吸収が起こる。

Cu-Fe 热電対（高温接点H, 低温接点L）に対し熱電流を生ずる方向に、外部から電流を流す

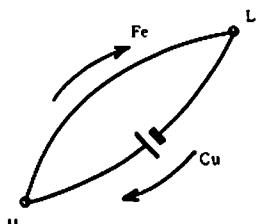


図 6 ペルチエ効果

と接点Hには熱の吸収が起り、接点Lには熱の発生が起る。これは丁度、物体が斜面を昇るとき外からの仕事を得、下降するときはエネルギーを放出するのに似ている。

この現象は、図7のエネルギー帯図を使ってうまく説明できる。図に従って順に述べる。

仕事関数の異った二種の金属を接触させるとフェルミ準位の高さが違うので、フェルミ準位の高い金属から低い金属へ、電子の一部がきわめて短時間に流れこみ、接触面には電気二重層ができる（図の中央）。両方のフェルミ準位は部分的に一致して熱平衡状態に達する。

Fe が正になるように電圧を加えると（順方向）両金属の仕事関数の差（フェルミ準位の差）が大きくなり、電子はCu からFe へ流れ、接点でエネルギーを放出し、発熱する。又、逆方向では吸熱する。

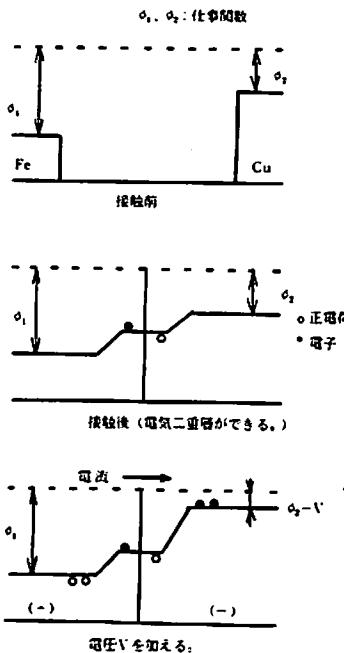


図 7 エネルギー帯図

〔熱電気現象の科学史的意義〕

ヴォルタは、ガルバーニの動物電気の発生の原因が異種の金属の接触にあると考え電池を発明した。当時、電流と磁気との関係がエルステッドやアンペール等によって論じられていたがゼーベックは、湿った導体を使わずに二種の金属の組み合せだけで磁気作用が表われることを「温度差による金属および鉱物の磁気分極」として発表している。彼自身は異種導体の両接合部に温度差を与えると導体に自由磁気が生ずると解釈し、生涯にわたって磁気と温度差とを関連づけるために努力した。

その後、オームは、ゼーベック効果が熱電流による磁気作用であることを認め、温度差をきめると一定の電圧を生ずる電池として実験に利用した。オームの法則の発見に寄与しているという意味からも、ゼーベック効果の意義は大きい。そして、科学の発展が研究成果の単なる寄せ集めで成り立っているのではなく、個々の発見発明が互いに影響しあい、全体の時代の流れの中に融合していることに気づくのである。

更に、この時代の科学史の中からいくつかの思考パターンを挙げて見る。

ア) 自然統一思考

エルステッドの電流の磁気作用の発見においては「自然現象を根源的な一つの力の発現」と考えて研究した結果である。

イ) 可逆的思考

電流に磁気作用があるならば、磁気は電流を生むのではないか。(電磁誘導)

ウ) 焦点化思考

動物電気について、ヴォルタは異種の導体の接触と考え、ディビーは電極と溶液との間の化学作用に原因を求めた。

エ) 類似性対比思考

湿った導体を使わず2種の金属の組み合せから熱電気現象を見出しました。

ボルタの電池からゼーベック効果が発見された。

オ) 総合化思考

種々の現象を総括する形でまとめ上げる。オームの法則は、それまでの知見から実験し、動電気についての概念を明白にまとめた。

このように熱電気現象を取りまく時代環境の中から、多くの教育的示唆を学ぶことができる。

尚、熱電気現象の分野での主な出来事を列挙すると次のようである。

1821年 ゼーベック効果発見

1834年 ペルチェ効果発見

1853年 トムソン効果発見

1887年 热電温度計の発明

1909年 热発電の理論解析

1955年 热発電・電子冷凍実用化

今日、この熱電気現象を応用して、普通の温度計では測定できない高温域や低温域の測温計として広く用いられている。又、半導体の進歩で熱電気発電が注目され、実際ソ連邦では開発地の電気の乏しいところにおいていろいろの装置が活躍している。

〔熱電気現象の応用実験〕

教育的視点から教材の開発を目指して行っている実験とその展望を次に述べてみたい。

(i) 演示実験用熱電対の試作

図8は銅線を円錐にして鉄の板に固定したも

のである。両接合点に生ずる起電力は小さいが素材の断面積を大きくすることにより、閉回路を流れる電流は大きくなる。

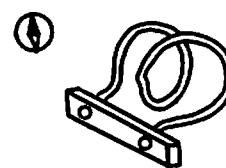


図8 Fe-Cu 热電対

コイル内に磁針を入れてその動きを見ることができる。この時、磁針がコイルの軸方向に対し直角になるように調整してから両接点を加熱冷却する。これを改良

したのが図9の装置で、強い磁界を得るためにビスマスBiを使用した。ビスマスを溶融し、角柱状に型取り、U字形の銅線に狭む。一端は水と食塩の容器の中に浸し、他端をバーナーで加熱すると閉回路に大きな電流が流れる。糸で吊り下げられた磁石に近づけると、強い磁力が作用して磁石は回転する。

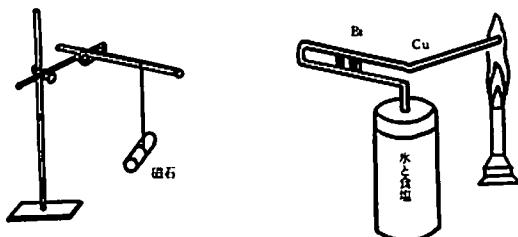


図9 Bi-Cu 热電対

(ii) 「オームの法則」実験

オームが行った実験と同じ方法で、電流と抵抗、電圧と電流の関係を調べる。

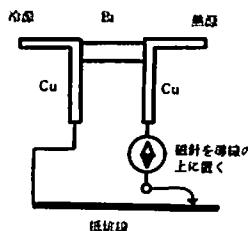


図10 測定回路

電流の大きさは磁針のフレの大きさで測り、抵抗は導線の長さを変えて測定する。また、

電圧は両接点の温度差を5段階に変えて行う。現在、生徒実験のための指導案を検討中であるが、結果の処理は図11のようになる。

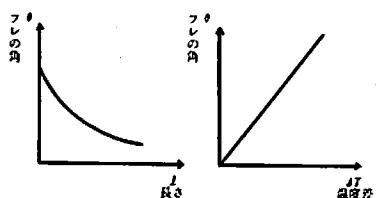


図11 グラフの処理

(iii) 热電気冷却(電子冷却)

Cu-Fe 热電対の銅線部を開き電池を接続すると、両接点に発熱、吸熱が生じ、指の感触でその現象を感じとることができる。

热電気冷却の理論はかなり複雑である。実際の吸热量は、ペルチェ効果による热吸收量から素材に生ずるジュール熱及び热伝導による損失量を差し引いた量になるので、热電対の材質、形状によって最適の電流値がある。教材としては、電流値を種々変えて1時間通電後の温度変化を調べることができる。尚、冷却の効率を上げるには、Bi-Sb-Teなどの半導体が適していると言われる。

(iv) 热電気発電(熱電池)

Cu-Fe 热電対を直列に接続して、乾電池と同じ起電力を得るには、1,000対の热電対を必要とし、装置は大型になり実用的でない。0.5 Vで回転する小型モーターであれば、アルメルクロメルを用いると温度差が1,000度で40 mV生ずるから、理論上、12対の热電対を結線することにより回転する。

(v) 示差热温度計としての使途

まだ、教材導入は行っていないが、融解現象や沸騰現象の状態変化、断熱圧縮や断熱膨張に伴う热の授受を調べるときなどに利用することができる。この際、温度変化がきわめて小さいので、検出量を増幅する装置を工夫しなければならない。

〔おわりに〕

热電気現象を教材の中に取り入れるには、多くの解決すべき問題があるよう思う。

その1つが、热電効率のよい装置を安価に、しかも簡単につくれないだろうかということである。

その2が、雪氷とのかかわりで、热電気現象をいかに活用していくかの方途を検討していくことである。

そのために装置の工夫、改良は勿論のこと、身のまわりの物質の中から、热電気現象に有効な素材を見つける作業も必要である。特にビスマスやアンチモン等の半導体の利用を、今後進めていきたい。

<参考文献>

古川泰三	物理学実験
A. F. Joffe	見なおされる热電気発電
栗田忠四郎	热電気工学
沢田正三	温度と热
森永卓一他	金属材料科学
吉田卯三郎	物理学(下巻)
広重徹	物理学史
奥田毅	実験物理の歴史

地域素材の教材化と課題研究

奈 良 英 夫

戦後日本の小・中学校教育、高等学校教育における教育内容を規定するもの、特にその規定を承けて教科課程の構成の大綱を示してきたものとして、それぞれの時期における教育課程、学習指導要領等がある。

それぞれの時期において、「教育課程の改善」とよばれ、「学習指導要領改訂」という名の喩みとして位置づけられているそれらは、それがその後の日本の教育を動かした一つの力学として、大筋の共通な表現では「……志向、……の論理」というふうにまとめてとらえられている。

多少の異論はないでもないが、ほぼ日本の教育史のなかでも共通の理解として根をおろしつつある見方でもあり、科学教育・理科教育・物理教育といった枠組みのいずれの場合にも、大筋としてはそうはずれてはいない、との理解が一般でもある。

昭和20年代の「生活志向、生活の論理」、30年代から40年代にかけての「科学志向、系統の論理」、それに続く40年代後半からの「科学志向、折衷の論理」、次第に強まっていた科学志向のなかでの科学主義に基づく教育成果への反省に立った50年代以降の「人間志向、人間の論理」というとらえがそれである。

教育の基盤としての地域社会のとらえは、戦後日本においては、「生活」をどうとらえるか、現実の生活の変容と地域社会の変貌とのかかわりをどうとらえるか、という命題に十分な対応をもたないまま推移してきた、と言える。

一步譲って、経済開発や社会変動等の幾つかの視角では、社会科を中心とする試みがたゆみなく続けられてきた、という見方もできるが、科学教育・理科教育では、地域認識の出発点においても識者の誰もが心の底ではその必要を認めていたと言われているにもかかわらず、独自の視角・展望を有効なものとして提示してきたとは言えないのではなかろうか。

昭和50年代以降の「人間志向、人間の論理」の

北海道工業大学

強まりと高まりのなかで、教育内容改善の試みの一方向として、具体的には「地域素材の教材化」という一連の動きがあり、多くの教育実践と開発された教材が発表されている。それらのなかには「眼の前に、ちようど手頃な植物が（動物が）、この地方（地域）に特有なものとして、（全国共通の教科書の対象としてはちょっと利用しにくい、地域の特異性を背負ったものなのだが）、教材としての価値を十分検討されないまま放置されている。このような自然の事物・現象を現実の授業に取りこんだら、児童生徒に大きな教育効果をもたらすのではないか」という視点で着眼・着手され、事実そのような成果をあげている例もまた多い。

例えば、北海道高等学校理科研究会は、昨年（昭和60年）日本理化学協会との共催で全国理科教育大会を札幌の地で開催しているが、その折の研究発表やまとめられた資料である「北海道の理科 №28、1985 - 7」、「第56回日本理化学協会総会、昭和60年度全国理科教育大会 札幌大会 昭和60年度研究発表資料集（第7巻）」、そして「日本理化学協会 会誌第56巻第2号 北海道大会特集」などが、そういったものとしてあげられる。

- 高校化学における多摩川の水質の教材化に関する研究
- 「イトミミズの発生」の教材化
- 校舎周辺の環境調査とその教材化
- タンポポ二種の学習を通して郷土の自然史を学ぶ。
- 氷の摩擦係数
- 環境教育を主軸とした理科Ⅱの取り組み
- 自然災害に対する関心と探求意欲（の育成）を図る課題研究
- 地域性を生かした教材開発——氷を見る——
- 教材としての雪氷の活用について
- 北海道日高海岸におけるカモメ類の調査（理科Ⅱ、課題研究の参考として）
- フィールド・サイエンスの試み～氷～
- コンピュータ・マップで郷土の地形を読みと

る。

- 北方圏の特色を生かした理科教育
- 雪氷を用いた物理実験の試み
- 送電線、配電線における着雪防止に関する研究について

◦ 水道の凍結に関する報告

などが、そのような視点を内蔵しているものと見ることができよう。

また、次のようなこともその反映の一つと言えよう（昭和60年12月～昭和61年1月の全国各新聞からの採録抄）

- ヤツデ葉調べ、半年がかりで1万枚も（“ハツ手”の少なさ突きとめる）——江戸川区第五萬西小6年の3人組が快挙（毎日'86.1.15）
- 消えぬ有害着色料食品（松江農林高・化学班が追跡調査）——発がん性の疑いある色素、漬物などから検出（山陰中央新報'86.1.30）
- 牛肉加工に意欲（新製品“みそ漬”）～伝統を継ぐ酪農科（河北新報'85.12.8）
- 洋ランを無菌栽培（バイオを基礎学習）～（河北新報'85.12.15）
- 若桜町における岩石の研究～若桜中科学班（日本海新聞'86.1.23）
- 帽化植物の研究～国府中（日本海新聞'86.1.26）
- 水生生物による河原町河川の簡易水質調査～河原中（日本海新聞'86.1.28）
- 湖山池の水質とプランクトン～湖東中（日本海新聞'86.1.29）
- “雪道”通り雪が来る（これまで集めた資料を前に、讃岐の雪道について語る津田高校、山田校長）～雪雲を分析し確証（四国新聞'86.1.22）

故・中谷宇吉郎先生（北海道大学）は、まことに人々のとらえでは、留学帰朝後の当初からその晩年に至る終生にわたって、原子核研究への熱願を内に秘めておられたという。（私もまたその一端にふれた記憶をもっている）。しかし、現実に北海道の地をふんだとき、そして研究環境としての北海道大学、札幌をふまたえたとき、選ばれた課題が、いわゆる「雪氷の物理学」であり、それは素材が特異に見えてはいても、その追究を通し

て「物理学の大道」「物理領域の諸課題のすべてにわたって連関し、その課題の解決に向けて関与発展していく」営みとなつたことは、いま衆目の一致するところとして評価の定まりつつあるところである。

課題研究の試みとも見ることができる「北方圏の理科教育」、「雪氷を教材とする理科教育」が、昭和20年代にその意義を評価されながら、他方で「はいざりまわる理科」などの誤解のうちにその試みが頓座している。

いままた「“地方”的地域観に基づく地域素材の教材化」という矮小化した評価のうちに閉じこめられないために、理科教育運動としての実りと方向の明確化、実践研究者の課題の総合的共有がますます必要となろう。

昭和60年度 支部研究会報告

昭和60年12月14日(土)札幌市青少年科学館において上記研究会が開かれた。内容は研究発表(原著講演)が8件と非常に盛況であった。また研究発表の合い間に青少年科学館の見学も行なわれ、物理教育の立場から見て大変興味深い展示を多数見学した。また映画会(題名 スーパーコンピュータ)も行なわれた。最後に青少年科学館屋上の天体望遠鏡によるハレー彗星の観察をするなど、大変実り多い支部研究会であった。以下概況を報告する。

I 研究発表(原著講演)

(1) 新しい言語ラプラス

— その物理教育への応用 —

北大工学部 北村正直

新しいコンピュータ言語ラプラスを紹介する。この言語はリスト処理言語であるLISPとスタック処理言語であるFORTHの両方の利点を兼備しており、またLogoのように算数、アルゴリズムの訓練やグラフィックに優れている。しかしLaplasはLogoと異なり語順は日本語のそれと同じであるため、日本の児童、生徒にとり非常に馴染み易い言語である。この言語のグラフィック機能の特徴を立体化学構造図、正多面体、結晶構造模型等の応用例を用いて説明し、さらに人工知能言語としての機能を幾つかの例を用いて紹介する。最後にこの言語の学校教育における利用の仕方について論ずる。

(2) 新入生より見た受験の実態

室蘭工大 勝木喜一郎

新入生全員を対象に、受験についてのアンケート調査を行った。その結果について報告する。

- ① 共通一次学力試験において受験した理科及び社会の科目
- ② 共通一次学力試験の自己採点
- ③ 自己採点の結果による志望の変更
- ④ 第2次試験の教科・科目変更による本学志望の変更の可能性
- ⑤ 第2次試験成績の自己採点
- ⑥ 第2次試験の方法について
- ⑦ 第2次募集と推薦入学について
- ⑧ 入学後の学習について

(9) 高校で得意であった科目

上記項目について、本学受験者(入学者)の性格がどのように現われているかを主とし入学者が大学入試についてどのように対処してきたかを報告する。

(3) 高校生のための原子物理

道立理科教育センター	須藤 梯次
札幌西高等学校	加藤 誠也
石狩高等学校	北村 剛
札幌福北高等学校	高木 伸雄
藤女子高等学校	中島 利夫
登別南高等学校	丸山 博

現在の高校物理の教科書で扱う大部分は古典力学と電磁気学であり、原子に関してはページ数で全体の20%に満たない。

高校化学では原子の核構造、共有結合、金属結合が扱われているが高校物理はその基礎となる量子力学はほとんどないといつても良いくらいである。相対論についても質量とエネルギーの変換のみである。宇宙を含めて原子は現在の科学において重要な位置を占めていることからみても、高校物理における原子の扱いをもっと重視すべきであると思われる。私達はこのような現状について話合った結果、高校物理で不足していると思われる部分を補い、高校生にとって十分と思われる記述をして一冊の本としてまとめてみようということになり、現在作業が進行中である。

原子に関するさまざまな事柄を一貫した流れの中でとらえることにより、原子を扱ううえでの問題点をもっと明らかにできるの

ではないか。また、物理学に対して新たな理解を深めることに役立つのではないかと考えている。

- (4) 高校入試問題に対する高校生の正答率 —
その2 札幌東高等学校 秋山敏弘
- 高校理科の学習は中学校の知識の補強、定着の役目を果たしてはいない。このことについては「物理教育」Vol. 29, No. 4, 1981に述べたとおりである。昭和57年度から「理科Ⅰ」履習の制度となった。札幌東高校は文部省の方針に忠実にこの科目の特色を生かした。このことが理科の基礎的知識の定着にどのように役立ったのか、これを報告する。
- ① 物理受験の生徒でも高校受験の中学生をうわまつた正答率をうる事は困難である。
 - ② 第三学年文系の理科Ⅰの復習は高校入試問題に対する正答率降下にブレーキをかけた。
ただし、向上を期待できるまでの効果はない。
 - ③ 第一学年の理科Ⅰは正答率降下にブレーキをかけている。(以前の半分程度)
 - ④ 理科の公式をダイレクトに用いる問題の歩止まりは良いが、応用的な問題は苦手。他の教科の協力を得る必要がある。

(5) ガリレオの斜面の原寸再現実験

札幌藻岩高等学校 山田大隆

加速度概念のように抽象度の高い教材における物理認識形式の方法では、その契機となる感性的認識(個別体験)レベルの有効的定着の方法論構築が、その抽象化の段階(抽象体系形成)の下位部分として極めて大切である。筆者はこのレベルの教材開発として、高次の印象性・定量性を有する教材及び解析方法の意義を認めるものであるが、加速度の指導では、ガリレオによって行なわれた斜面実験(1600年頃、新科学対話に詳述)を用いた教材開発、特に原寸再現物による追体験実験の意義に注目、実験を行い、科学史的探究を実施した。再現物は(本邦2台目)長さ7m、巾30cm、溝深5mmの木製で5°~9°までの傾斜角で実験を行い、時間測定は、一定水流のカッティングによる重量測定によった。

緩慢運動は生徒に高い印象性と加速度イメージの定着を与える他、実験結果中の $x-t^2$ 則、 θ の算出、 θ の m 不依存性等について、インペト理論による科学史的分析を行った。

(6) 非直線抵抗の測定 — 抵抗の温度変化の測定

札幌北高等学校 伊藤四郎

シャープペンシルの芯の抵抗が温度によって変化する事をメートルブリッジを使用して調べた。抵抗は温度上昇に伴い直線的に下がり、温度係数 $\alpha = -0.003(1/k)$ を得た。次にシャープペンシルの芯にかける電圧と電流の関係を調べた。電流が流れるとジュール熱によって芯の温度が上昇し、抵抗が変化する。したがって電圧と電流との関係は複雑であるが、それがどのようになるか調べた。

(7) 電球による T^4 則

北海道工業大学 三好康雅

同 峰友典子

パイロットランプと呼ばれる小型電球で、ステファン-ボルツマンの法則に類似の関係が得られたので報告する。ある温度において、電球から逃げるエネルギーは伝導と輻射である。この電球の内部は真空なので対流は考えなくて良い。高温になるにしたがって輻射が強くなり、ある温度以上では伝導は無視できるであろう。このとき電球に与えられる電力 P は輻射エネルギーとして散逸する。ステファン-ボルツマンの法則が成立すれば

$$P \propto T^4$$

である。温度 T は電球の電気抵抗から求められる。実験に必要な装置は、1級程度の電流計と電圧計および可変直流電源である。

(8) マイコンによる重力加速度の測定

北海道工業大学 峰友典子

同 三好康雅

等間隔に数個のマークを付けたマーク板を落とさせたときのマークの経過時間をマイコンに取り込み、重力加速度を求めた。

測定方法：光源からの光の媒体として光ファイ

バーを使用し、マークに光を当てる。マーク板を落させたときの反射光を光センサーで検出し、各マークの経過時間をマイコンに取り込み、重力加速度を求めた。

光ファイバーはマークを照射する光源用と反射光を受光する検出用の2本1組になっている。

測定結果：重力加速度 $9.80 \text{ (m/s}^2)$ に対して、誤差 0.1 %以下の精度で測定値が得られた。

Ⅱ 感想

今回は研究発表が8件と大変多く、内容も質的に高いものが少くなかった。

(7)の電球による T^4 則の発見は身近な材料を用いて原子物理学上の法則を確認するもので、その着想の新しさに目を見張った。

詳細は本文(7頁)を参照されたい。

(8)のマイコンを利用した重力加速度の測定は非常にデータ処理が精密なもので、詳細は本文(10頁)を参照されたい。(6)も身近な道具を用いた実験で高校の物理の授業にすぐ適用できそうである。

研究発表のちょうど合い間に40分間程、青少年科学館の見学が盛り込まれた。短時間であったため、全てを見学する事はできなかったが、気象衛星ひまわりからの映像をリアルタイムで見る事ができるなど、大変興味深いものが多数あった事を報告しておきます。最後に、会場を借りるに当って、ご尽力をいただき、また研究会の運営をスムースに進め、実り多いものにするために多大のご協力をいただいた、札幌市青少年科学館と伊良原先生に深く感謝いたします。

(文責 札幌白石高校 坂田義成)

実験室訪問

北海道大学医療技術短期大学部

レポーター：飯田紀子

日進月歩の医療分野においては、今日、医師の良き協力者であり、かつ又、患者のより良き理解者、相談者でもあるべき医療技術者の育成が、科学技術の発展に対応して強く望まれており、この社会的要請に答えるべくして発足したのが、北大医療技術短大部である。昭和56年の開学式に伴ない設置された看護学科、理学療法学科、作業療法学科に引き続いて、その後、衛生技術学科、診療放射線技術学科、専攻科助産学特別専攻が増設され、学生数は584名、その内、女子学生が425名を占める他学部に類をみない女性優位の学部が北大に誕生したのである。しかも、この医療技術短大部は、基礎科学を中心としたアカデミックな研究機関を目指す他学部とは根本的に理念を異にする、実践・応用科学に徹した将来、人の生命を預かる医療技術者を育成しようとする技術者養成機関なのである。この医療技術短大部の卒業生は、3年間の学理・技術の教授研究後に国家試験（90%以上の合格率）を受けて、医療技術者としての資格を獲得することになるが、全員、医療関係に就職しているとのことである。学生の中には、看護学科に2名の男子生徒が在席している他に、資格獲得を目指す大卒の再入学者、医学部からの転向者もあり、学生層の巾は広いようである。今回は、編集部の実験室訪問欄にこの北大医療技術短大部の物理教室を紹介しようと和田龍彦助教授をお訪ねしました。時節柄、教官の退官講演、大学入試等の準備でご多忙の先生にご無理を願っての訪問でありました。約束の時間（13時30分）に604号室の前に立ちドアをノックすると、"どうぞ！"という元気のよい先生の声に続いて、明るい学生の声が聞えて來た。ドアを開けると狭い部屋に数名の男女学生が先生を囲むようにして語り合う姿が目に映った。それは、教官室という閉鎖的な空間には程遠い、自由で開放的な雰囲気を放った先生と生徒の交流の場という印象であった。

私の出現で話し合いは中断された感じとなったが女子学生の一人が私達にお茶を入れてくれた後、全員、静かに退室したようである。

医療技術短大部は、学科別の縦割りシステムで一般教養科目と基礎専門科目が、一年目から平行して進められている。そのため、年間を通じての教科数が多く、国立大学並みに1日5講（8：40～17：50）のカリキュラムが組まれていて、学生は、非常に良く勉強するとのことであるが、教授側にとっては、各教科の単位時間数が少なく、十分な講義が行なえないという悩みがあるそうです。物理学は、一般教育の自然科学として、一年目学生を対象に下表に示すように、講義数15（又は30）時間と実験数30時間が、組まれている。物理学の講義は、看護学科（15講）、理学療法学科（15講）、衛生技術学科（30講）、診療放射線技術学科（30講）で必修科目、作業技術学科（15講）で選択科目となっており、その講義内容は、各学科の目的に合せて少しずつ異なっている。理学療法学科では、力学、電磁気学に、衛生技術学科、診療放射線技術学科では、力学、熱力学、電磁気学、光と量子にそれぞれ重点が置かれているが、看護学科では、一般物理学に主眼を置いているとの事に、私も看護学校で物理学を講義している関係上、興味深かく耳を傾けた。和田先生は、専門科目（ME）も教えられており、各学科の学生が、それぞれの専門分野で将来、どのような物理学を必要とするかを十分に検討されているようである。更に、医療技術短大部の物理教育体制は、講義以外に物理実験を各学科に30時間課していることである。理学療法学科、衛生技術学科、診療放射線技術学科で必修、看護学科、作業技術学科で選択という内訳だが、その実施状況は、1週1回、午後の半日（正規時間は3時間）をかけて実験が行なわれるが、学生が居る限り、教官は、一緒に残って指導するとの事である。実験種目は、Aプロ

グラム（マイコン，時定数・シンクロ，OP. AMP., 比電荷，半導体回路，ヤング率，等電位分布の7種目）とBプログラム（マイコン，時定数・シンクロ，OP. AMP., ミリカン，論理回路，ニュートンリング，電磁力の7種目）からなる14種目が用意されていて、A, Bプログラムのいづれか7種目の実験を1グループ3名で、1種目あたり2時間（2週）の割合で実施しているとの事である。実験種目は、実用性に重点を置いてセットされており、マイコンは5セット用意されている。マイコンに関しては、主に、コンピューターの本体の仕組み、ファイルの出し入れ、データーの入れ方、グラフ化等の指導を行っているとのことである。

物理学の講義を通して言える学生の一般的傾向は、

数学の力が不十分であること、講義の理解度は、ほぼ半数程度でしようと淡々と語っていられたが、最後に、和田先生は、学生に難かしいことは望まないが、数学と物理学の違いは、単位が付くか、付かないかであること位いは知っていて欲しいと付け加えられた。

興味尽きない話に時間を忘れて聞き入った約束の2時間は、瞬く間に過ぎてしまった。次に予定される仕事を持つ先生をこれ以上拘束することは許されがたいことである。心よく質問に応じて下さった先生に感謝のお礼を述べて教室を後にしたのは、16時を少し過ぎた頃であった。

学科名	講義数	実験数	講義内容	入試科目
看護学科(80名)	必修 15	選択 30	一般物理	生物
理学療法学科(20名)	必修 15	必修 30	力学・電磁気学	物理
作業療法学科(20名)	選択 15	選択 30		生物・物理・化学のうち2科目
衛生技術学科(40名)	必修 30	必修 30	力学、熱力学、電磁気、光と量子	化学
診療放射線技術学科(40名)	必修 30	必修 30	力学、熱力学、電磁気、光と量子	生物

座談会

物理教育について語る

—女性と物理学—

出席者 大野 鑑子（北海道大学理学部物理学科）
佐藤 順（北海学園大学建築学科）
板東 節子（札幌静修高校理科・物理）
司会 飯田 紀子（国立札幌南病院附属看護学校・物理）

飯田 皆様、今日は、お忙しいところお集まり下さいましてありがとうございます。高校・大学で物理教育が、今日かかえておりますさまざまな問題を、物理担当の女性の先生達にお話し合い願いたいということで、今日お集まりいただいたのでございますが、まず、最初にお一人ずつ簡単に自己紹介をお願いしたいと思います。

私、物理教育学会北海道支部の編集を致しております飯田でございます。現在は、国立札幌南病院付属看護学校で「物理学」を教えております。今日は、不慣れではございますが進行役を勤めさせて頂きますのよろしくお願ひ致します。

では、最初に大野先生、お願ひ致します。

大野 北大理学部物理の大野でございます。
飯田さんからお話をあってからなぜ物理を選んだかいいろいろ考えてみました。これと言う劇的な理由はありませんが、強いて言えばつぎの2点になるかと思います。第一に本が好きで盜読した本に「物とは何か」あるいは、ガモフの「不思議の国のトムキンス」などがあって新しい物理学に興味と関心を持っていたところへ、敗戦という激動によりいろいろな物の価値がひっくり返る経験をし、科学こそ確かなものを与えてくれるのではないかと思い、折から門の開かれた東大物理学科を受験し幸いに入学したのです。大学卒業後、お茶の水女子大に奉職、途中3年に亘ってスエーデンと米国に滞在し、帰国後、北大に転任して約20年を過しています。（著者失念）

飯田 ありがとうございます。次に、佐藤先生お願ひ致します。

佐藤 私学の工学部に勤務しています。皆さんのお話を伺えるのを楽しみに出席させて頂きました。自分自身は、悪い方の見本として見て頂ければと思います。地球物理学科（気象学専攻）を卒業後、物理学科に出来た宇宙物理学研究室に仲間入りしましたが力量不足のため研究がうまく進まず、体調をくずし中退しようかと思ったことも度々でしたが、何とか卒業し就職しました。

現在は、工学部で土木・建築の2年目の学生を対象に物理関係の科目を担当しています。

研究に関しては、学生との共通の場を求めて、気象や宇宙物理に関連の深い環境工学の方に接点を見出し、ボチボチやっております。

飯田 ありがとうございます。板東先生お願ひ致します。

板東 札幌静修高校に勤めております板東と申します。よろしくお願ひ致します。

私は物理と言いましても、特に物理が好き、という訳ではなく、高校時代、生物と物理しかやっていなかったものですから。大学を卒業してからずっと私立の女子高校に勤めておりますが、授業の時に、今、ここでやっている方程式などを一生覚えていてもらいたいと言うのではなくに、考えていく筋道を大切にしてほしいと言います。特に女子の場合、そのことが必要だと思うの

ですから、なかなかむずかしいのが現実です。学校の雰囲気の中にも、女子に物理は必要ない、というものを感じます。これからの中の中、大切なことだと思うのですが。

物理教育について

- 大野** 高校で物理学の断片的な知識を得るだけだと、世の中に出でていつ必要か判りませんね。物理学の学習が女子にもなぜ必要かは板東先生のおっしゃるように論理的にものごとを積み上げて考える訓練にあると思います。女性はとかく直観的情緒的に結論にとびつく傾向があるのできちんと筋道を立て順序をふんで考える訓練はやはり物理学や数学の学習で得られる一番大切なことだと思います。
- 飯田** 物理の法則を教えながら、その背後にある論理的な思考過程も説明し、理解させていくということは、本当に難かしいですね。
- 大野** 難かしいですね。対象が女子に限らず、男子でもそうだと思うのですよ。
- 佐藤** 理学と工学では思考方法にも随分違いがありますね。物理では、法則がいかにして導かれたかに力点を置きますが、工学部では、法則をどのようなものに適用していくかということに花咲かせることが中心になります。そのことを通して法則性が分ってくる。法則の理解の仕方に色々な角度からのアプローチがあることをつくづく感じさせられています。ところで、思考力を養う上で、現在の教育をみると無理な点がいくつかあるように思います。一番強く感じるのには、小・中・高における子供の認識能力(発達段階)を越えた教育内容の高度化と多量化です。

更に、「男の子」と「女の子」の違いについてですが、これは「育てられ方」の影響が一番大きいのではないかと思います。女の子の場合、ハンダ付け一つやってきていない。高校にきて初めて、本を通して物理を学ぶ。生活の中での積上げが、とても

貧弱です。ですから、女性が物理を専攻する場合、その点を自覚して積極的に経験を積上げていく必要があるのでしうね。

- 大野** 日常生活と関係づけての物理教育ができるといいですね。教養課程の物理教育を本当に見直すことも大切でしよう。ただ、私を含めて理論実験を含めて巾の広い能力のあるフェルミのような人が欲しいと思いますが、つい、将来物理の研究者になる人を想定してしまう欠点がありがちですね。私を例にとってもラジオやテレビの工合が悪いとまず叩いてみると、回路図を出して考えきれません。
- 佐藤** 教員としては、物理専攻の学生向けの内容に留めず、それぞれの学生の専門分野とどう関係があるかが分かるような工夫が必要かと思います。
- 私の所で、土木・建築の学生を対象にして「ホイートストン・ブリッジ」の実験をやっていますが、バランスさせて抵抗値を測ることの他に、バランスを崩した場合の不平衡電圧測定を加えてみました。これによって構造物の各部に生じるひずみ測定に使われる抵抗線ひずみ計に応用できることがわかり、ブリッジに興味と親しみを覚えるようです。
- 飯田** 自然科学の一部に含まれる教養のための物理学の内容を、もう少し私達の生活に関係する対象に結びつけ、日常生活の中で物理的発想とか思考がこのように生かされているといった例を取り上げて、物理学を一般向けに啓蒙することも必要でしょうね。
- ところで、ご主人の公男先生はいかがですか。
- 大野** たたく方ですね。むしろ家庭内の釘打ち、水道電気の簡単な故障は任せで自分の仕事とは思っていません。
- だから、女性に限ったことではないと思います。男性も含めて広く生活と結びつけた身近な物理学を考えることは、あえて言えば是非、する必要があることとかねがね思っているのですが、私にその能力がない

のが嘆かれます。

佐 藤 お宅のように頭を使って近づかれる場合もあるでしょうし、生活感覚から近づく場合も。色々なアプローチの仕方があると思います。今は、前者だけが教育の場で主になっているのが問題なのではないでしょうか。

飯 田 頭から入るような教科書、体験から入るような教科書、興味ある対象から入る教科書、いろいろ変化に富んだ教科書があってもいいと思うのです。また、自分の専門的特色を生かし、興味ある現象を取り上げて人間味ある講義をする先生がいてもいいと思いますが……。

大 野 今の高校では難しいでしょう。やはりよい教科書が望されます。ことに北海道のような寒暑の差の激しい所では、生活に密着した熱学などあっても良さそうですが、大学入試で縛られることが多いのではないかでしょうか。

佐 藤 調べてみて驚いたのですが、高校の物理では、「固体・液体の熱膨張」、「熱伝導」は指導要領の範囲に入っていないため、それらの大学入試への出題は、暗に禁じられているわけです。北海道のように寒暖の差の激しいところで生活していると、温度差による物性の違いや、寒さと燃料消費との関係など色々経験しています。日常的に問題意識をもっていることが教育内容に取り上げられないのです。思考力を養う絶好のチャンスですのに。

板 東 実際には入試制度のために小学校から、生活にかかわりのあることが出来なくなっている、というのが現実なのではないでしょうか。小学校は中学、中学は高校、高校は大学入試といったことで、入試制度が変わらない限り現在の教育は変わらない、と思うのですが……。

うちなどの場合、私立女子高ですから大学入試には直接関係ありませんけれど、中学時代、ほとんど実験などは手を下していない。自分達は、関係ない、という過ごし

方をして来ている訳です。世の中、女性が半分で、子供をどう育てるか、母親の果たす役割は大きいと思うのです。けれど、彼女達の姿勢をみていると、どこか歪んでいるのではないかと思うほどです。入試制度のしわ寄せで、物を考えていこうということが出来ずらくなっているのではないかでしょうか。

母親の役割、幼児期の教育が大切だと思いますが。

家庭環境の影響

飯 田 母親が子供に与える科学的影響について 大野先生、佐藤先生、お子様の教育を通じてご意見をお願いします。

大 野 家庭内で男子と女子の区別はしませんでした。大体、娘はもともと男みたいな子で女だからと言われるのを非常に嫌いましたので、何も言わなかったのですが、私が入院して身障者になったら自然に自分が代役をするのだという気になって家事をよくやってくれました。北大へ入って学部へ行く時、化学と物理には絶対に行かないと言い、本当は獣医に行きたかったんですが、成績不足で植物へ行き、卒業直前に教養のクラスメートと結婚して茨城大のマスターを出て日立製作所に勤務して日立研究所でバイオの実験をしています。家庭と仕事の二足のわらじをはくのは母親の影響でしょうか。やはり家庭環境の影響は大きいのでしょうか。

飯 田 佐藤先生の場合はいかがでしょうか。

佐 藤 高校生の男の子と中学生の女の子がいますが、私も、男、女といって特に区別をせず、生活に必要なことは、家事でも力仕事でも一応できるようにと思い、2人に両方を課してきました。お陰で男の子はやさしく、女の子は逞しく育ち、共働きを支えてくれています。

夫も理系のせいか、文系のセンスを多く持っていると思っていた子供まで理系を好みようになり、良きにつけ、悪しきにつけ

責任を感じています。

学校の先生との出会いもあるでしょうがやはり家の雰囲気とか親の後ろ姿の影響は大きいでしょうね。

何かに打んでいる人、何かを本当に楽しんでやっている姿は、子供心にもとても魅力的ですものね。

大野 両親が理科系だと何となく子供も理科系を、向き不向きは別として選んでしまうみたいですね。うちでも長男が工学系で、三番目の次男が理科大学に入りましたね。経営工学科というわけのわからない工学部のようだけれども、高校時代、自分が数学が得意だったらしいんですね。なんとなくそっちのほうに引きずられて文科系のほうはまあ引き出せなかったのかもしれないですねけれども、一人も文科系に行かずやっぱり親の影響っていうのは、大きいんだなと思っています。

私、佐藤先生のように、男の子にも家事をさせるべきだったんじゃないかと思うんですけどね、そのところ手ぬかりしましたもので無能力者が出来ちゃいましたね。下着の洗濯だけは高校時代からさせていたんですけども、まあ精々それだけで、あとはもう男もしさいっていう風には言わなかつたので、まずかったかなと思うんですけどね。

板東 最近、働いているお母さんが多いんですが、うちなど女子高ですのに、お洗濯から子供の部屋の掃除まで全部お母さんがする、というのが多いですね。どんどんお嬢さんにやらせて下さいって言うんですが。これ、直接物理に関係ない様でも、家庭生活を営んでいくという意味では大切なことではないでしょうか。

総合科学としての物理学

飯田 日常生活の雑事の中にも最近は、物理的现象が深くかかわってきており、ちょっとした物理的知識が役に立つこと、逆に、仕事を通じて物理的認識が深まったということ

はありますよね。

電力、力、仕事以外にも流れ、光現象に至るまで……。

佐藤 題材は沢山あるのですが、それを科学的に見つめる力、見ようとする習慣は女性の場合、特に弱いようですね。

もう一つは、男の人はどちらかというと科学・技術について博識の方が多いですね。その源が新聞や雑誌、女の人が「やれ掃除だ」「洗濯だ」「献立は何にしようか」などと考えているうちに、男の人は悠々として読んでいる。こういう積み上げが子供の頃からずっとあって差ができるのではないかとつくづく思います。

大野 そうかもしれませんね。男の子は本を読んで、新聞をジーッと見てても何にも言われない。女の子は座りこんで新聞をめくっていると新聞ばかり読んで、ひと昔前は言われましたね。

佐藤 人生の楽しみ方、生き甲斐の求め方はその人々でいいと思いますが、現在の科学・技術の背景には長い間の科学的な考え方の積み上げがあることは誰しも認めていることだと思います。

今、私が特に関心をもっていることは、環境問題、エネルギー問題なのですが、人間が今のような生活をし続けてきて、地球上の他の生物の存在をも危くしかねないという段階で、自然を総合的に見る目を養う教育が求められていると思います。

高校3年間では、生物・化学・地学・物理のうち3科目しか選択できませんでしたが、とらなかった一つが基礎的な知識に欠け、親からもらった見方しか持っていない感じです。4科目全部とれると良かったのにと思います。

社会科についても同様で、抜かしてきた一つの分野の常識が浅くて悩みの種です。高校が4年制だと良いのかしら。

大野 高校で習う程度のことは、やはり一通り知っていたほうがよいと思います。入院中、ラジオを聞く習慣がついたんですよ。それ

で高校講座っていうのがありますて、私は古い高等女学校の教育しか基礎には無いものですから、あら、こんなことも高校では教えてくれるのかと思うような政治・経済等の社会科を聞いておしいことをしたなあと思うのですよ。

飯 田 高校の理科Ⅰは、境界領域も含めた総合科学的な発想で出て来た試みであったと思うのですが、それが長い道のりをえて教育実践の場に至った時、やはり厳しい現実の壁である大学入試のもとに、その主旨は不鮮明になり、現実に合うような形に変えられて実施されている……理科Ⅰは名前だけでその実践内容は、従来の独立した物理・化学・生物・地学そのものなのですものね。

大 野 結局、教えられる先生もいない。

飯 田 そうなのでしょうか。サイエンスという広い立場で物理・化学・生物・地学の境界を埋めるようなテーマを選び講義を行うことが出来たら、生徒の視界も広がり、個々の断片的な知識にも関連が出て来て総合されるようになり、もっと風通しの良い教育環境ができるのではないかでしょうか

大 野 私、北大の一般教育の講義は、なるべくそんな風なのがいいと思うんですけどもね。ふり返って、物理の講義どうしたらいいと思うとね。まず、教科書がかける様な人でないとね、教科書があっても教えられる様な人、私を含めていないんですね。やっぱり色々なことを知って、深い洞察のある人でないと出来ないんですね。佐藤先生がブリッジと歪の問題を結びつけて、そういうように色々と実際問題に知識がおありになる方は、こう広がりを含めてお教えになれて。

佐 藤 それが貧弱で苦労しているのですが。

大 野 高校で物理を教えた先生の影響がすごく強いなあと思うんです。高校でいい先生に習った学生さんは、興味の持ち方もちがうし、教養の教官の責任を転嫁するみたいですけれどね。

女性と物理学

飯 田 さて、皆様、物理学をお仕事に持たれて今、良かったなあと思われることがございましたらお話し願いたいのですが。

大 野 人を教える職業についたのはね、うれしいことだったというのが、ひっくるめてそうですね。お茶の水女子大で教えて来たし北大でも教えましたけれども、教師というものは冥利につきる職業だなという風に思いますねえ。まあ、その代わりに忸怩たるものね。非常に強いんですけどね。

板 東 私は、毎日、絶望して過ごしているんですが。物理はしなくともいいくらいに言われているんです。でも、頑張っていますが。

飯 田 現実として、物理学の必要性を認めているのは、4年制大学の理工学部と医療系大学、高校ですと大学受験校といわれるところで、他の教育の場では、生物・化学が主流で物理はほとんど重要視されていませんね。

大 野 物理学部は、物理学をやりたいという学生が来るから、教官は楽なんですよ。なんとかして、物理をやらせようということを抜きにしてね「そうかそうか物理やりたいか」ということで始められるからいいんですよ。

お茶大でも、あすこ、女の子ばっかりの学校ですけれども私の居りました物理学科ではどういう関係か物理やりたいっていう女の子ばっかりですからね。人数は1学年で10人とか、12人とか、大変少ないんですけどね。ああいう所でアンケートとったらおもしろいかもしませんよ。あなたはどうして物理学科を選んだっていう。

飯 田 お茶大の物理を出られた方は、今、尚、社会に出て活躍されている方が多いですね、色々な分野で。

大 野 多いですよ。物性研で活躍している人もおりますし。

飯 田 女子大は歴史が長く、良い先輩が社会に出てそれぞれ活躍なさっていますから、後に続く後輩も心強いでしょうね。

その点、北海道は女性の人材も少なく、北大出身の女性の方が、どこでどのように活躍されているかよくわかりませんですね。

佐 藤 期の近い人達で活躍している人は、文科系の人が多く、何らかの形で婦人問題とかかわっているようです。

物理のように、男女に関係ない分野で、女子学生が少ない場合には、本人も周囲の人達も、どうしても特別視してしまい、そのためにしっかり鍛えるべき大事な時期に甘えさせてしまうように思います。そのことを、女子学生はしっかり自覚して、自分を律していくことが必要です。家庭をもつと、どんなに家族に理解があっても、家事、育児、病人の世話の負担は、より多く女性にかかるてくる。その中で職業人として一人前にやっていくには、長期的にみて成果をあげていく「こらえ性」のある研究スタイルを身につけていくことが大事だと今になって気がつきました。ビシビシ指導やアドバイスをして下さるようお願いしたいと思います。一人前に県立っていくために。

大 野 本当にね。でも、さっきおっしゃったように、物理学科でも、男性の同僚はね女子学生が来ても、それを、他の男の学生と同じようにね、どんな風に将来を考えようかってことはね、眞面目には考えていないんですね。そのうち嫁に行ったらいいんだって言うのよね。

飯 田 私もそれは感じています。

大 野 大変佳境に入って来たところですが。

飯 田 今日は皆様、お暑い中を熱心にお話し合い下さいましてありがとうございました。

※※※-----
ていー・るーむ

留萌教育局 櫻 棒 光 一

4年間お世話になった札幌啓成高校から、留萌に赴任して、早や10ヶ月が過ぎました。時の流れのはやさに、改めておどろきを覚えます。仕事が一段落した折など、ふっと、生徒や学校のことが思い出されます。

留萌は、港町の例にもれず、山坂の多い街です。特に、今年は雪が多く自動車の運転技術をためされることが多いようです。このところ連日の吹雪模様で、毎日の生活も大変です。しかし、晴れた日の夜などは、空が澄み切って星がよく観察でき、心洗われるおもいです。

先日の、高校入試出願状況の集計を皮切りに、4月までは入試に関連した業務と、新年度にむけての準備に追われそうです。留萌管内は、焼尻島で特設会場による入学試験を実施しますので、天候が平穏で連絡船の航行が平常であることを祈っています。高校入試は多くの受験生の人生最初の選抜試験ですので、全員が良好な状態で試験に臨み、無事に終了することを願っています。

本会の例会にも、地理的条件から参加がむずかしくなってしまいました。家族的な雰囲気の研究会の様子などを思い出します。本年の北理研の全道大会が、留萌で開催されます。会員の方々とお会いできることを期待しています。留萌市は、観光ルート・オロロンラインの玄関口です。その折には、ぜひ、増毛から幌延、サロベツ原野大湿原までの、動植物相、地学的状況、景観を見聞して下さい。

では、皆様のご活躍をお祈り致します。

「波動とマイコン症候群」

函館工業高等専門学校 矢 代 和 祐

妙な事でマイコン病に取りつかれてしまった。波動現象を動画にして学生達に見せようと単純に考え、フォートランを一夜づけで覚え、電算機

のXYプロッタで数百枚の原画を作り、8mm撮影機の駒どりで悪戦苦闘の3ヶ月。凝ったタイトルを付けて、やっとの事で10分位のアニメーション・フィルムを作った。丁度10年前の事である。出来上がったフィルムが学生達に好評だったので調子付いて、今度はマイコンに挑戦してやっとの事でシンクロスコープに波動をシミュレートする装置を作った。プログラムを走らせると、波が画面の端からヌーッと現われ、波の山が固定端に到達し始めると、刻一刻自分の姿を変えながら、やがていつの間にか山を谷に変身させながらはね返って行くところなど、なかなかリアルで見ていて飽きないものだった。こんな事をして楽しんでいる時に、百足のような形をした波動発生装置（素晴らしい発明だと思う）で作られる波とマイコンで作られる波とをTVの画面上で重ね合わせてみたいと思いはじめ、同僚を拝みたおしてVTRの映像とマイコンで作られる画像とを一緒に表示する装置（スーパーインポーズ）を作ってもらった。最初は画面に虫のような班点が自由勝手に飛びかいとても観賞に耐えなかった。改良は次ぐ改良の結果、スーパーインポーズ機能はなんとかうまく働いたが、マイコンで作った波がなんとしてもスマースに動いてくれない。シンクロスコープの上では本物と見間違うほどよく動いてくれる波がTVの上では「私はあくまでシミュレーションされています」と言わんばかりの動き方である。マシンが遅い、波形を型取るドット数が少ない、TVの同期信号と波形表示の同期とが合わない等々で精根つきはて、とうとうTVへの波動の表示をあきらめた。

近年、市場に16ビットマイコンが普及し、マシンの速度も速くなりカラー表示も出来るようになっている。これだけ道具だけがそろっている今なら、本物らしい波を効果的にTV上にシミュレーション出来るのではないかだろうか、と再挑戦の機会をねらっていたところ、この3月末に16ビットマイコン46セットが導入される事に決まった。このマシンにはマイコンと同数のVTRが接続される。波動のシミュレーションを手掛け10年目。今年こそTVの画面上でリアルに動く波動教材を完成させようと、マイコンの設置を楽しみにしているマイコン症候群の物理教師の今日此頃である。

浜益高校 谷 弘人

76年ぶりにやって来るハレーすい星。これを教材として10月から約2ヶ月授業を行ないました。受験で物理が必要だという生徒のいない本校で、生徒が授業にのってくるということもなく2学期も半ばをすぎようとしていた頃です。「先生、ハレーすい星っていつ来るのよ。」「いつになつたら見えるのよ。」と何人かの生徒に聞かれました。「物理」の授業を通して生徒に何を教えればよいのかを日々悩みながら授業をしていましたので、思い切って教科書から離れることにしました。

授業の方法は授業書形式でB5の大きさで64枚。「こんにちはハレーです」(日経サイエンス社)をベースにして、何冊かの本を参考にして肉づけをしていきました。構成は、ハレーすい星の歴史・正体・探る計画・見る方法と4部に分け、質問は授業書全体で63問作りました。質問の答えを選択肢の中から選ばせて、正解を示し解説をしていくのです。少人数だということもあって、各生徒が前の授業まで何問正解したかを毎時間授業のために「1位今君17ポイント、2位鈴木君15ポイント……」などクイズ番組のように発表しました。そして、授業書が全部終った段階でNHK特集のビデオ「これがハレーすい星だ」を見せて終りました。

ハレーすい星

☆ プロローグ

(問1) ハレーすい星は何年に一度太陽のそばを通るでしょう。

- (ア) 66年
- (イ) 76年
- (ウ) 86年

(問2) ハレーすい星が太陽から最も離れたところ(海王星の先)は、太陽と地球の距離の何倍でしょう。

- (ア) 15倍
- (イ) 25倍
- (ウ) 35倍

(問3) ハレーすい星は現在どのあたりを通っ

ているでしょうか。

(ア) 木星と火星の間

(イ) 火星と地球の間

(ウ) 地球と金星の間

(問4) 1982年10月16日に土星の外にいたハレーすい星を見つけた人がいます。その時、明るさは24等級しかありませんでした。ところで、人間の目で見える星の明るさは何等級ぐらいからだと思いますか。

(ア) 2等級位から

(イ) 4等級位から

(ウ) 6等級位から

(エ) 8等級位から

ふり返って見ると、反省すべき点がいくつかできました。

一つは、プリントを作成するのに充分な時間がなかったために、質問の中にはあまり科学的でない単なるクイズのようなものが多く含まれていたということ。

二つに、64枚のプリントは多すぎて途中に中だるみがあったということ。

三つに、具体的なイメージをつけさせる視覚的な教材が、最後に見せたビデオだけだったということ。

しかし、いつもは法則の解説や定量的な計算に何の興味も示さなかった生徒たちがハレーすい星の話では目を輝かして聞いてくれました。本来なら、「地学」や「理科Ⅱ」で行なうべき内容だと思いますが、これに味をしめて、3学期には気象の授業をやってみようと、せっせとプリントを作っています。

学会ニュース

第3回物理教育研究大会

本学会主催の第3回物理教育研究大会が、次の要領で開催されます。

日程 昭和61年8月18日(木)・19日(金)

場所 麻布学園(東京都港区元麻布2-3-29)

内容 ポスターセッション(8月18日)

講演:近藤正夫ロゲルグ研究所長(8月19

日)

シンポジウム「高校における物理教育の問題点とその解決の方向」

※第4回物理教育研究大会は、昭和62年に札幌市で開催される予定です。

1986年物理教育国際会議への参加を!!

日程 1986年8月24日(日)~29日(金)

場所 上智大学(東京・四谷)

※詳細については「物理教育」Vol. 33, No. 4

(1985)及び「物理教育研究」(支部会誌)No. 13
を参照して下さい。

第29回北海道高等学校理科研究大会

日程 昭和61年7月27日(日)~29日(火)

第1日 7月27日午前9時 受付開始

第2日 7月28日午後12時半 巡検出発

(天壳・焼尻島)

場所 留萌高等学校(東雲町1丁目84

Tel 01644-2-0731)

主題 理科教育の発展と充実をめざして

副題 1. 興味と意欲を堀り起こす理科学習指導
の研究

2. 経験と知識を発展させる理科学習指導
の研究

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、本支部会員中の次の者の中から支部総会において選任する。
- (1) 支部理事の推薦した正会員
 - (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員。
- 第13条 元支部長及び本支部の地域内に在住する本部理事ならびに本部評議員は、支部理事会に出席することができる。
- 第14条 支部総会は、毎年1回、支部長がこれを招集する。支部長が必要と認めたときは支部理事会の議を経て臨時支部総会を招集することができる。
- 第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。
- (1) 事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、ゴシック、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＊、＊＊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、写真是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。

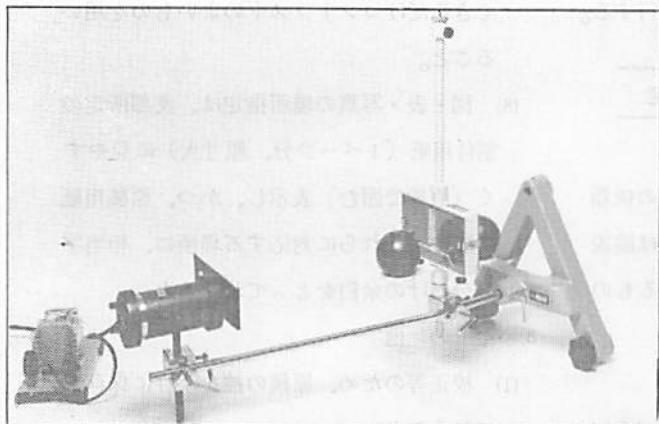
3. そ の 他

- (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）716-2111（内線6723）

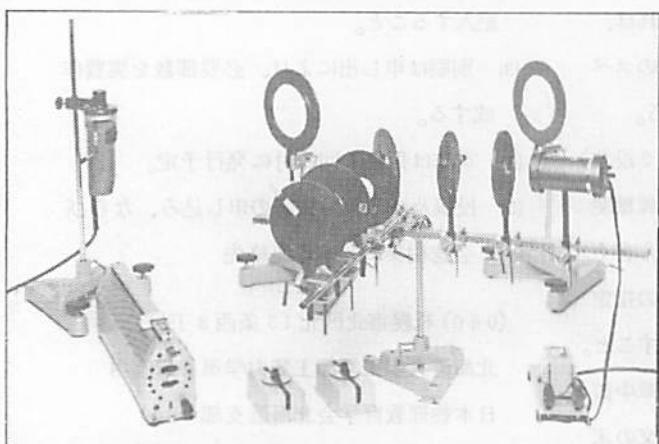
昭和61年5月8日発行
日本物理教育学会北海道支部
第14号
編集責任者 加藤誠也
発行（060）札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学部工業力学第2講座内
日本物理教育学会北海道支部
電話（011）716-2111（内線6723）
印刷所 北海道文化社 電話（011）512-9737

ご存知ですか?この有名な装置たち



キャベンディッシュ万有引力定数測定実験装置

大小2つの鉛球の間に働く引力を測定し、万有引力定数Gを求めます。ニュートンの万有引力の法則を実証できるすぐれた実験器です。



光の速度測定実験装置

高速で回転する鏡に光を当て、光路中を戻ってくる光をとらえてその時間のズレから光の速度を算出することができます。



高度な物理現象を興味深く示す——西独ライボルト-ヘラウス社との販売提携にもとづき、島津が紹介する実験装置は、世界的にも知る人の多いすぐれた装置です。

熱原動機実験装置

カーポロ実験装置

等電位線描画実験装置

電子ビーム偏向管実験装置

電子ビーム回折管実験装置

電界放出顕微鏡

ゼーマン効果実験装置

α 粒子の速度測定実験装置

放射線による電離実験装置

X線回折・プラグ反射実験装置

強磁性体の特性実験装置

ホール効果実験装置

強性振動実験装置

波動実験装置

マイケルソン干渉計

※詳しいカタログを準備しています。
ご利用ください。

ライボルト-ヘラウス社製

基礎物理実験装置

〒101 東京都千代田区内神田1-14-5 島津ビル

教育をとおして未来をつくる

島津理化器械

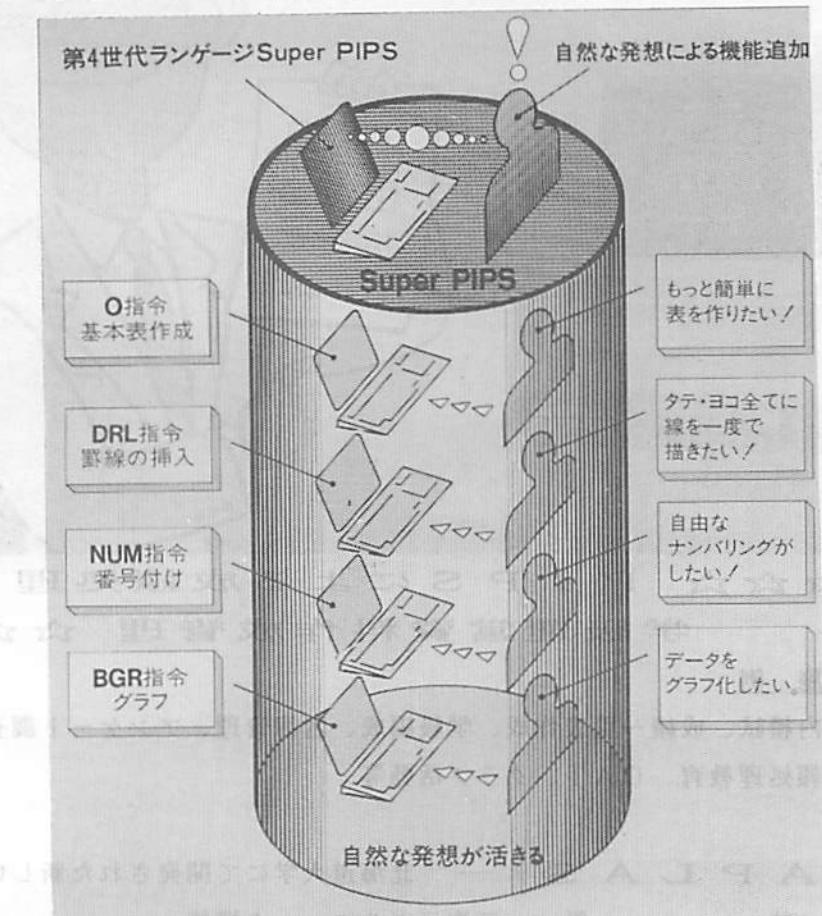
株式会社 コンドウ・サイエンス

☎ 064 札幌市中央区南16条西5丁目

電話 (011) 521-6132・511-0304

Super PIPS

優しく親しみあふれる使いやすさ。
優しさの形、フレンドリー・ピップス。



ソード株式会社北海道総発売元

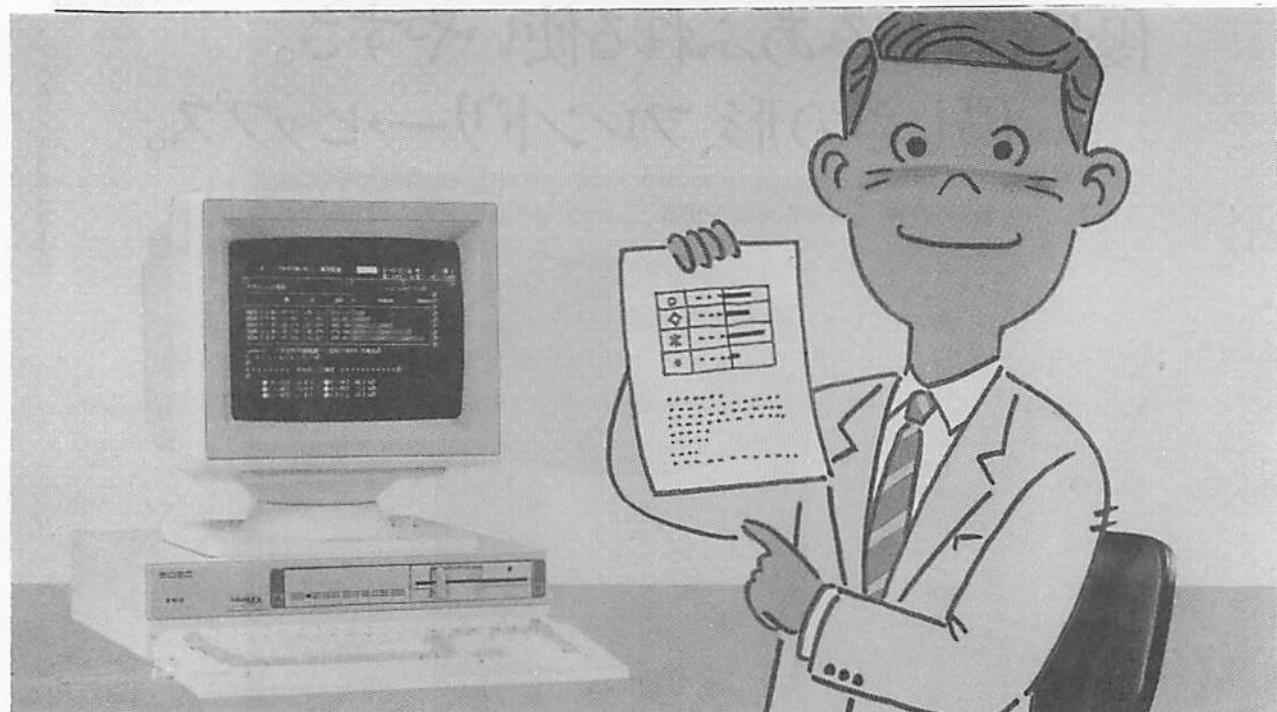
株式会社ソード札幌

本社: 〒060 札幌市北区北9条西4丁目7番4号

エルムビル7F TEL(011)736-6107

SORD

高性能、低価格、そのうえ使い易い。
選ぶならこんなパソコン、M68MX。



☆☆☆ PIPSによる成績処理
学級運営資料作成管理 ☆☆☆

実施例

校内模試、成績一覧表作成、学級編成、名簿管理、アンケート調査

情報処理教育、CAI、クラブ活動等

LAPLAS — 北海道大学にて開発された新しい言語。

・特徴 三次元グラフィック機能。

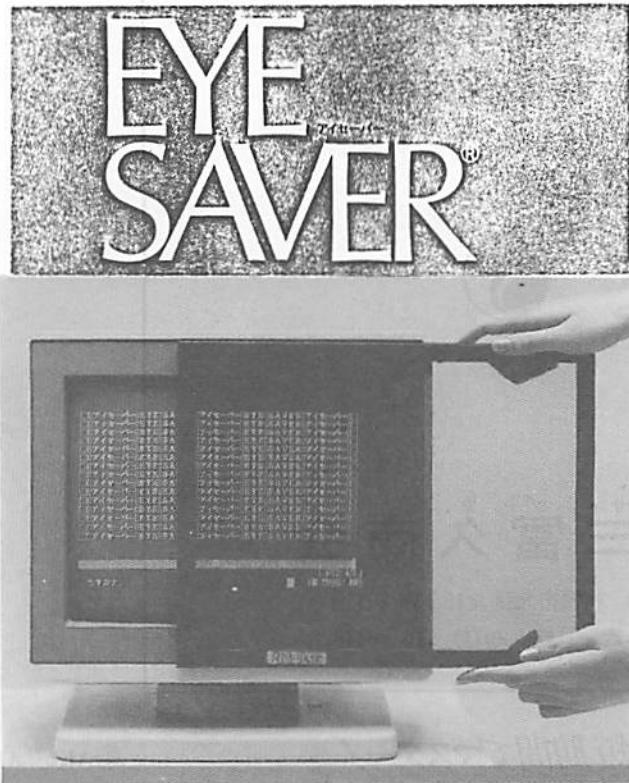
プログラムが短く、容易につくれる人工知能言語。

・この言語の使用法 立体図形の展開図及び三次元的形態。

フラクタル（同型図形の繰り返し）CAI、化学

構造、科学のシミュレーション、アニメーション

等があります。



OA普及に比例して、コンピュータ・ワープロオペレーターの視力低下が急増中です。この問題を解決した専用スクリーンが「アイセーバー」。

VDT表面からの電磁波をふせぎ、有害な紫外線をほとんどカット。目の疲れに大きな要因となつた画面のチラツキ、文字のゆれも防ぎます。人間工学から生まれた電磁波防止テンペスト・シールドネット「アイセーバー」。くっきりと鮮明な画像で仕事の能率も向上します。オフィスの健康・OA環境に朗報です。

いますぐ、ご検討ください。

特長

- 人体に有害な、VDT表面からの電磁波を防ぎます。
- 可視光線を46%吸収し、画面のギラツキを防ぎます。
- チラツキ(フリッカ)を吸収し、文字をくっきり鮮明にします。
- 目に有害な紫外線をほとんどカットします。
- 静電気を防止し、VDT表面へのホコリ、汚れを防ぎます。
- コンピュータ周辺機器への電磁波障害を防ぎます。
- あらゆる種類のVDTに装着可能です。
- 人間環境工学に基づく、よりよいOA環境をつくります。

サイズ

9インチ	231×191(^{mm})
12インチ	301×241(^{mm})
14インチ	341×261(^{mm})
15インチ	356×296(^{mm})
16インチ	391×321(^{mm})
18インチ	431×351(^{mm})

(その他の数量により特注サイズも可)

*予告なく仕様・サイズ等を変更する場合があります。

ボリタックス電導長尺製造販売元/
◆◆◆◆◆電波暗室総代理店

R 理研EMC株式会社

本社・工場 〒467 名古屋市瑞穂区関取町4
☎ (052) 832-8011(代表) ファックス (052) 832-8194

北海道地区総代理店、コンピュータは **SORD**

株式会社 **富士プランニング**

〒001 札幌市北区北20条西4丁目 北陽ビル2F
☎ 737-3336(開発室) 737-2547 ファックス 737-2547

理化学用器械器具 硝子器具及計量器



有限公司 サンブク久商会

〒001 札幌市北区北15条西2丁目
☎ 札幌 (011) 716-0448

AEの基礎を短期間でマスター! AE実験セット

¥163,000

9501AEテスター ¥98,000
AE-901S AEセンサ ¥30,000
基礎講座ビデオ [I・II・III] ¥35,000

〈AEとは〉

「固体の変形および破壊とともに解放されるエネルギーが音響パルスとなり伝播する現象」と定義されています。

- 単3電池4本で動作し、約600gと軽量。どこでも手軽にAE計測が行えます。
- AEを熟知した方には、機動力に富んだ簡易テスターとして威力を発揮します。
- オシロスコープ、カウンタ、AMラジオなどの接続も可能です。
- 50μV~5mVの範囲で感度調節が可能です。

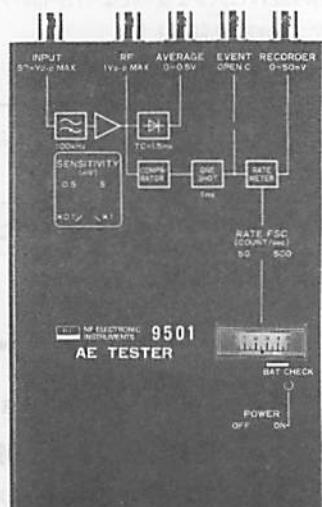
[I] 材料と非破壊検査

[II] 材料とAE

[III] AEテスターによる実験

全3巻(VHS又はβ)テキスト付

- ①AEが「AEセンサ」で検出されると、「AEテスター」のEVENTランプが点灯し、【AEの発生】を知らせます。
- ②同時に【AEの発生ひん度(レート)】がメータに指示されます。
- ③この出力を外部のペンレコーダに接続すれば、【イベント発生ひん度対時刻】を記録することができます。



計測理研サービス株式会社

電話 (011) 281-4322
FAX (011) 281-4079

払込通知票										
口座番号	※	十	万	千	百	十	番			
小樽3		21878								
加入者名	※									
金額	億	千	百	十	万	千	百	十	円	
※										
払込人住所氏名	※(郵便番号)	¥1500								
日本物理教育学会 北海道支部										
備考		受付局日附印								

文字は正確によりょうに、数字はアラビア数字を使ってお書きください。

各票の※印欄は、払込人において記載してください。

(郵政省)

払込票										
口座番号	※	十	万	千	百	十	番			
小樽3		21878								
加入者名	※									
金額	億	千	百	十	万	千	百	十	円	
※										
払込人住所氏名	※	¥1500								
料金	払込み 円	特 殊 円								
備考	受付局日附印									

(郵政省)

記載事項を訂正した場合は、その箇所に証印してください。
各票の記載事項にまちがいのないことをお確かめください。