

BUTTERFLY WORKS

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

No.15 1987.6

目 次

• 卷頭言	中島春雄	1
• フラクタル的自然観	中山恒義	2
—パソコンによる一つの試み—	矢久保考介	
• 液面に浮く液滴に働く圧力	小野正利	9
• 光センサーを用いた変位の測定	三好康雅	12
	峰友典子	
• 物理の日本化と地方化	斎藤孝	16
— $f = ma$ を例にして —		
• 教材・教具小さな工夫の会	一口芳勝	21
• 昭和61年度 支部研究会報告		28
• 座談会 これからの物理教育を語る		31
• ていー・るーむ		42
• 学会ニュース		44
• 支部規約・会誌投稿規定		45

卷頭言

入試雑感

日本物理教育学会北海道支部 支部長 中島春雄

国公立大学受験機会の複数化が実施され、大学入試がしきりに話題になっている。大学と言えば入試ばかりが目立つ現状は何とも不正常の感をぬぐえない。そのため、大学のあり方などの議論は世間的には殆んど棚上げの状態である。一方現代社会では度々選抜試験に出会う。幼稚園・私立の小中校・殆どの高校の志願者がその洗礼を受け、幸運と経済に恵まれて大学を卒業した後も大学院入試・就職試験、さらには企業内上級職試験などがある。受験者に対する要求・試験方法などはそれぞれにかなりのひろがりを持っており、相互に参考にすべき点が多い。何よりもそれらの選抜に傾注しているエネルギーは大変なものである。しかし、高校入試・大学入試をのぞいては、本人の顔もみず話もしないで合格者を決める場合はないようである。「現在の得点能力」のみにより機械的選別を行っている大学入試は、ひとえに「公平」のみが重視され、入学者に対して大学が何らかの主張を持って臨んでいるとは思われない。このことはかなりの部分高校入試にもあてはまるような気がする。問題は受験者の数だけではないように思える。

一旦大学に入ってしまうと、講義に出席していて全く中味を聞いておらず、試験が終れば及落のみを気にする学生ができる一方では、あと何パーセントかの得点能力の向上のために浪人生活をせざるをえないものができる、「浪人時代のように頑張れば……」という言葉をしばしば聞くのは何とも国家的大損失のように思えてならない。入学したからには何とか卒業させる大学はやめにして、(1)高校・大学間の意志疎通を十分にし、素質ある高校生は希望する大学・学部に無理なく入れる方法、(2)大学の教官すべてが自分の判断で入学者を決めていると思える方法……などの導入が、少くともこれからの中高入試の第一目標になってもらいたいと切望する。

フラクタル的自然観 —パソコンによる一つの試み—

中山 恒義
矢久保 介

1はじめに

形状や構造が物理学に果す重要性は、いまさら強調するまでもないが、高校物理で構造が問題となるような話は非常に限られている。規則的原子配列におけるブレーグの反射条件などであるが、もっと身近に変わった“構造”が物理的興味の対象となる例はたくさんある。雪の結晶、牡丹雪の構造、多孔構造をとるセラミックス、アモルファス材料、固体表面の形状等々、数え上げればきりがない。構造に関する一つの重要な概念として、最近“フラクタル”という考え方が注目されている。この考え方は、自然界の成り立ち（スケールの大小にかかわらず）に対して、ある種の示唆を与えてくれる。学生がそれらを感じとることができるとならば、新たな自然観を持ちうると同時に、物理学を身近なものとしてとらえる事になろう。

ここでは、パソコン程度のコンピューターを用いてフラクタル的自然観を視覚的に理解し、ランダムと思われる構造の中にも何等かの秩序（法則性）が存在していることを示そうと思う。

2 フラクタル

フラクタル[1,2]とは、特徴的な長さを持たない自己相似性を有する図形や構造や現象の総称である。特徴的な長さがない構造の例は、自然界に数多く見られる。固体の表面、動物の血管、葉の葉脈、海岸線の形、月のクレーター、星や銀河の分布等もそのような例の一部である。物理学にとって、特に重要な“臨界現象”も、ある見方をすればこの一つの例と考えられている。これらの大部分は、ある長さの領域内でのみ特徴的な長さを失なっている。

フラクタルのもう一つの特徴である自己相似性について考えてみよう。自己相似とは、自分自身の構造の一部分を拡大すると、全体の構造に等しくなることを言う。実際に自然に存在するフラクタル性を有する系のほとんどすべては、統計分布に関して自己相似的であり、厳密に幾何学的な意味での自己相似（例えばシェルピンスキー・ガスケットのような）ではない。統計的に自己相似性を持つ系を“フラクタル構造”という考え方でとらえることは、物理にとって重要である。

フラクタル構造を特徴づける量のうち、最も本質的なものは、フラクタル次元である。この次元は通常のユークリッド次元とは異なり、“非整数值”を取る。ユークリッド次元は、独立な基底の数、すなわち空間中の一点を定めるのに必要な変数の数であり、普通は測度と密接に関係している。測度とは、その物（集合）の大きさに対する総称的概念であり線分には長さ、面には面積、立体には体積が対応する。そして、各々は距離の $1, 2, 3$ 乗に比例しており、その指數は各々の形のユークリッド次元と一致している。このことより、測度 M と距離 r に関して、

$$M \propto r^D \quad (1)$$

となるとき、 D を新たに次元と呼んでもよさそうである。 D とユークリッド次元 d が一致する通常の場合は、単に定義を変更したに過ぎないが、フラクタル構造の場合は一般に $D \neq d$ である。もちろん、この場合測度と呼ばれる量は長さや面積や体積ではない。現実の世界に目を向けてみよう。一片の“牡丹雪”的体積や面積は測度として不適当であり、この場合有効な測度は質量であることは容易に想像がつく。そしてこの質量は r^d に比

例し、 D は非整数値をとる。このような D が、その系のフラクタル次元と呼ばれる量である。先にあげたフラクタルも全て、非整数値 D を持っていて。実際に D を求めるには、相関関数や分布関数、粗視化や被覆による方法が使われ、自然界の様々な系に対して、その値が求められている[1]。

フラクタル次元の母体となる数学的概念は、ハウスドルフ次元あるいは、容積次元と呼ばれるものであるが、色々な方法によって実際に求められたフラクタル次元が、正しくハウスドルフ次元に対応しているかどうかを確認するための、統一的方法はまだない。けれども次元を求めるための方法が、どれも同じ物理的根拠にもとづいているので、これらを同一視し、まとめてフラクタル次元と呼んでいる。このような曖昧さを残していてもなお、フラクタル構造及びフラクタル次元の概念は物理学（特にランダム系の物理学）に多大な貢献をしている。次章では、フラクタルがランダム系といかに結びつき、物理学の中でどのような役割を果しているかを紹介する。

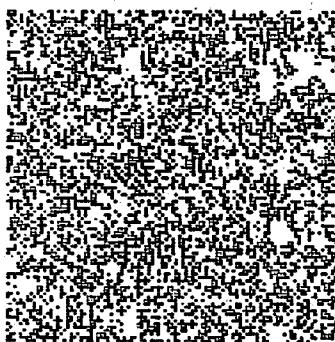
3 パーコレーション

“浸透”と訳されるパーコレーションは、ランダム系の最も単純なモデルの一つであり、もともと物理学以外の分野で自然発的に生れてきた概念である。これは、空間（格子上）にランダムに対象が存在するとき、それらからなる全体の構造

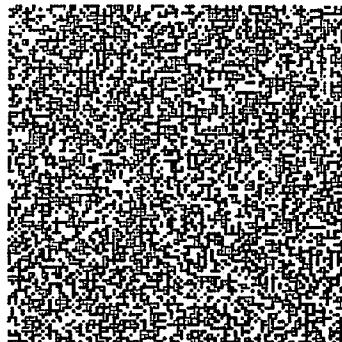
およびその性質を調べるものである。薄い金属板にランダムに穴を開けていったときのパーコレーション濃度 P と電気伝導度の問題[3,4]もその一つである（これは台所で使うアルミ・フォイルで容易に実験できるので試みていただきたい）。この場合は、電子の浸透を扱っている。不純物を多数含んだ系（ガラスやアモルファス半導体）の電気的あるいは弾性的性質[5]等、パーコレーションに関連した問題は非常に多い。

3-1 クラスターの構造

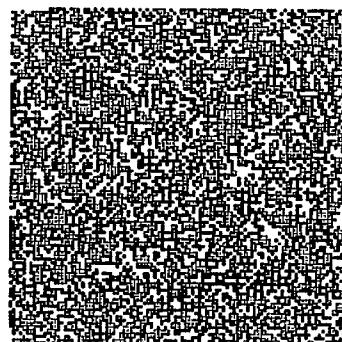
空間的なランダムネスを格子上に制限してやることにより、これらに対して最も単純なモデル（パーコレーション・モデル）を作ることができる。格子上に乗っている物は、穴でも原子でも何でもかまわないが、ここではそれを形式的に原子と呼んでおこう。各格子点上に原子が存在する確率を P とすると、 P の色々な値で様々なパターンが得られる。図1は、二次元正方格子（ 100×100 ）上で、 $P = 0.5, 0.6, 0.7$ とした場合のパターンである。図1を得るためにプログラムは、乱数を用いてほんの3~4行ですむ。しかし、これら3つの P の値に対して、図は連続的に変化しているようであり、どこか特別な P の値があるようには見えない。隣りあっている原子どうしは結合していると考え、この結合によるクラスターに着目してみよう。図1を描くプログラムに多少の



$p=0.5$



$p=0.6$



$p=0.7$

図1 ランダムな点の集合、 100×100 の格子上に $P = 0.5, 0.6$ および 0.7 の確率で点を打った。

修正を加えることによって、各パターン中最大のクラスターを抜き出してみる(図2)。これにより $P = 0.6$ 以上でクラスターは、系全体に拡がっていることがわかる。格子の数をもっと増して、このようなクラスターができるぎりぎりの P を求

めると、乱数に依存せず $0.593 \dots$ という値が得られる。この値は、格子の種類や次元によって異なるが、このような特別な P が存在することは共通している。このような濃度は、臨界濃度 P_c と呼ばれている(何故“臨界”であるかは後に述べる)

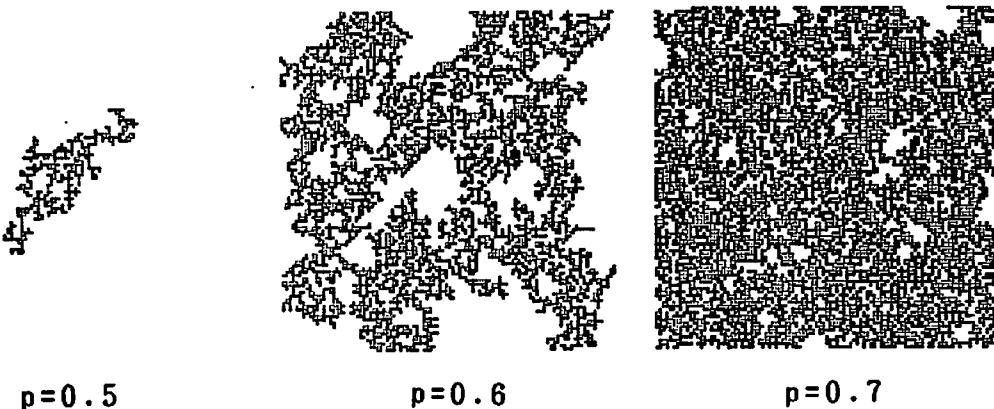


図2 最大クラスター、図1の点集合に対し、隣接原子間の結合によってできるクラスターのうち、最大のものを抜き出した。

非常に単純な操作によって作られるこれらのパターンに、このような普遍的な“法則性”が存在しているのである。

こうしてできたクラスターの構造について考慮してみよう。図2の3つのクラスターは一見したところ、大きさの違いだけで、内部の構造に特別の違いがあるようには思えない。ところが、 P_c 近くのパターン(真中の図)の一部分を拡大してよく見てみると、その全体のパターンと入り組み方等が非常に似ている(図3)。このことから、 P_c でのパーコレーション・クラスターは、フラクタル構造をとっている可能性が考えられる。この可能性をコンピューターで確かめてみよう。まず、この系での測度を決めなくてはならない。明らかに、これらクラスターの大きさを比較するのに有意な量は、クラスター内の原子数 N である。そこで、半径 R 内に含まれる原子数を $N(R)$ としたとき、

$$N(R) \propto N^D \quad (1)$$

の関係を満たし、 D が非整数を取るならば、このクラスター構造は、フラクタルであり、フラクタ

ル次元は D であることになる。乱数を変えて得られた $P = P_c$ のクラスターを10個もってきて、各々のクラスター

で $N(R)$ を数え上げ、その平均値 $\bar{N}(R)$ を面積 R^2 で割り、密度 $\bar{n}(R)$ をパソコンで計算する。このプログラムもたいへん素朴なもので、パソコンを覚えたての学生でも簡単に作ることができる。ただし、 100×100 程度の格子上のクラスターでも、色々と工夫しない



図3 パーコレーション・クラスターの拡大図
図2の $P = 0.6$ のクラスターと同じような構造をしている。

と結構な計算時間がかかる。結果は図4に示すと

うりである。フィットさせた太線の傾きが -0.11 であるから、 $D - 2 = -0.11$ よりフラクタル次元は 1.89 ぐらいとなる。より正確な計算[6]によると $D = 1.896$ であるから、かなり良い値が得られる。値はともかく、単にランダムに打った点の集まりが、フラクタル構造を取ることは、フラクタルが自然界の一見でたらめな成り立ちはいて、本質的な役割を与えていることを示唆している。 P_c におけるクラスターがフラクタルであるということは、このクラスターに特徴的長さが無いことを意味している。

一般に、パーコレーション・クラスター(P_c 以外でもかまわない)の特徴的長さは相関長 ξ という量で表わされる。この量は、平均クラスター・サイズとみなすことができる($P > P_c$ では無限のクラスターを除いた部分で考える)。特徴的長さがなくなることは、 ξ が P_c で発散することを意味している。この発散のしかたは、 P についてべきの形になっている[7]。

$$\xi(P) \propto |P - P_c|^{-\nu} \quad (3)$$

P_c において相関長が発散するのは、熱力学量の臨界点での振舞によく似ている。実は、相関長の発散だけでなく、 P_c のまわりでの色々な臨界指数が定義できることも全く同じなのである[8]。例えば、 $P > P_c$ において、ある点が無限のクラス

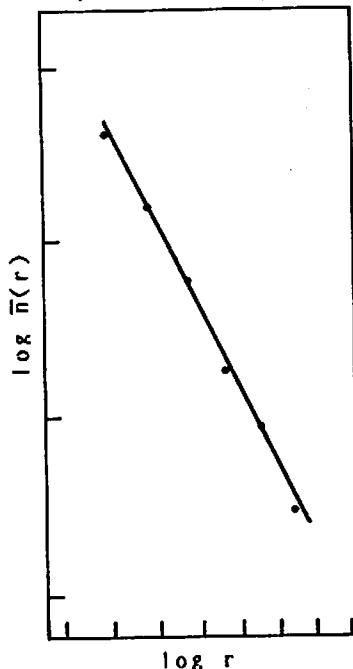


図4 半径 r とその中の平均粒子数密度の $\log - \log$ プロット、実線は、フラクタル次元が 1.89 の場合である。

ターに属する確率 P_∞ は、

$$P_\infty \propto (P - P_c)^\beta \quad (4)$$

また、クラスター内の平均原子数 N は、

$$N \propto |P - P_c|^{-\tau} \quad (5)$$

などと書くことができる。そして、これらの指数の間には、通常の臨界現象と同様にいくつかの関係式が成立している。指数とフラクタル次元は次のような関係式で結ばれている。

$$D = d - \beta / \nu \quad (6)$$

二次元正方格子での値、 $\beta = 0.138$ 、 $\nu = 1.333$ $d = 2$ [9]を入れると、この関係式から先の値 $D = 1.89$ が得られる。 P_c が臨界濃度と呼ばれるのはこのためで、その臨界値での系の振舞はフラクタル次元によって記述されることがわかる。

3-2 クラスターのダイナミック

これまで、パーコレーション・クラスターの構造に関する特徴を述べてきた。パーコレーションのもともとの意味“浸透”について議論するには静的な構造だけでなく、その構造上のダイナミクスを調べなければならない。ダイナミクス研究の基本は拡散である。それは、拡散方程式さらにはマスター方程式が、自由粒子のシュレーディンガー方程式や力学的振動の運動方程式と同じ形を持っているからである。従って、クラスター上で拡散の様子を調べれば、ダイナミクスの殆んど全ては分ったことになる[10]。

近年この拡散についての理論研究がさかんに行なわれ、1983年 Gefen 等[11]によって、そのスケーリング理論が完成された。それによると、通常の拡散が、

$$\langle r^2(t) \rangle \propto t \quad (7)$$

であるのに対し、サイズ N のランダム・ネットワーク上での拡散長は、時間 t に対して、

$$\langle r^2(t) \rangle \propto t^{2/(2+\theta)} \quad (8)$$

となる。ここで θ は拡散定数の r 依存性を決める指数であり、他の指数と

$$\theta = (\mu - \beta) / \nu \quad (9)$$

なる関係で結ばれている。 μ は直流伝導度の濃度依存性 ($\sigma \propto (P - P_c)^\mu$) を決める指数である。(2)式が拡散の様子を決めているわけであるが、これからその拡散系の自己相関関数が求められる。Alexander と Orbach[12]は、この相関関数のラプラス変換が振動系のグリーン関数に一致することに着目し、振動系の状態密度の ω 依存性を求めた。結果は、

$$N(\omega) \propto \omega^{\bar{d}-1} \quad (10)$$

$$\bar{d} = \frac{2D}{2+\theta} \quad (11)$$

となり、 \bar{d} を“フラクタル”次元、あるいはスペクトル次元と呼んでいる。この名前の由来は、 d 次元の均質連続体の状態密度が ω^{d-1} に比例していることによっている（いわゆるデバイ近似での状態密度）。 \bar{d} はフラクタル次元 D と共に、フラクタル構造上の物理にとって基本的な量となる。 \bar{d} をパーコレーション・クラスターについて求めると、 $d \geq 2$ の全ての次元について、 $\bar{d} \approx 4/3$ であることが推論されている（Alexander と Orbach の予想）。

ここで重要な事は、次元によらず $N(\omega) \propto \omega$ となる事であり、デバイ理論への“挑戦”とも考えられる点である。このようなスペクトルを持つモードはフラクタルと呼ばれるようになった。もちろん、このようなモードが見られるのは、クラスターがフラクタルであると考えられる領域 ($\ll \xi$) 内だけであり、相関長 ξ より長い波長を持つ振動については、系は均一と見れるので、状態密度はフォノンのデバイ型 ($N(\omega) \propto \omega^{d-1}$) となるはずである。このことから波長が ξ 程度の振動数 ω_c で両者のクロスオーバーが起ると考えられる。このクロスオーバー振動数 ω は $|P - P_c|$ に比例しており、 ω 近くの状態密度は、系の自由度が一定であることに起因した盛り上りを見せる可能性がある（図5）。以上は Alexander と Orbach によるスケーリング理論に基づいた推論である。 $\bar{d} = 4/3$ であるという推論は他のスケーリング指数（伝導度や拡散に関する）

を計算機シミュレーションにより求ることで間接的に支持されている[14,15]また、 ω_c における

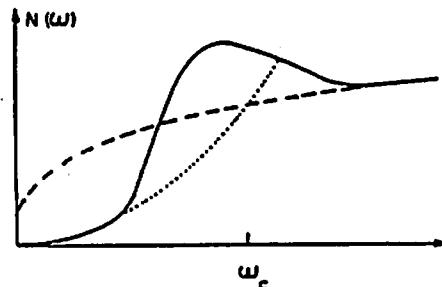


図5 Alexander と Orbach による振動の状態密度、点線はフォノン、破線はフラクタルの状態密度で、 ω_c 近くで両者のクロス・オーバーがおこる（実線）。

「こぶ」は、状態密度に関する有効媒質近似によって得られている[16]。ただし、この近似では系を effective に“均一”な媒質と見なしてしまうため、 $\lambda < \xi$ におけるフラクタル的特徴は失なわれ $\bar{d} = 1$ というスケーリング理論とは異なるスペクトル次元を与えるてしまう。従って、有効媒質近似で得られたクロス・オーバーでの「こぶ」も果して正しいものかどうか疑問の残るところである。しかし、このような系の状態密度を直接シミュレーションによって求めた論文は非常に少ない[17]。その理由は次のとおりである。フラクタル・フォノンのクロスオーバーを見たいと思えば P を P_c からはずさなければならない。 $\xi = a / |P - P_c|^{1/\nu}$ (a は格子定数) であるから、 P_c から大きくずらすと ξ は小さくなりすぎて、本来フラクタル構造をとるはずの領域もものはやフラクタルではなくなってしまう。従って $|P - P_c| / P_c \ll 1$ でなければ、フラクタルが観測される可能性はない。一方、スケーリング理論によると、クロスオーバー振動数 ω_c は $|P - P_c|$ に比例しているので、このような P における ω はゼロに非常に近いと期待できる。ところで、振動系のスペクトルを求める通常の方法は、ダイナミカル・マトリックスと呼ばれる“巨大な”行列（系の自由度 × 系の自

由度)の固有値(振動エネルギー)と固有ベクトル(振動モード)を逆反復法によって求めるというものである。この逆反復法は、ゼロ固有値に近ければ近いほど精度が悪くなる。従って ω_c がゼロに近い場合に、このあたりのスペクトルを見ようとするのは非常に難しくなるのである。

これに対し、最近 Williams と Maris[18]によって提案された、不規則系の状態密度と振動のモード・パターンを数値的に求める方法は、その精度が振動数に依存せず、また系が大きくなるに従って、ダイナミカル・マトリックスによる方法よりもはるかに計算時間は短くなる。この方法は、外部から系に強制力を加え、その応答によって状態密度及びモード・パターンを得るというものである。我々は、この方法を使って 100×100 の格子上のパーコレーション・クラスターについて、状態密度とモード・パターンを求めた。残念ながらこの小稿の目的であるパソコンでは時間がかかりすぎて事実上不可能であり、我々の計算ではベクトル処理に対応できるスーパー・コンピューターを用いた。図6は $P = 0.67$ の場合の状態密度の log-log プロットである。また、図7の a, b は各々 $P = 0.593$ と $P = 0.7$ に対する $\omega = 0.02$ での振動パターンである。状態密度のグラフより、 ω_c

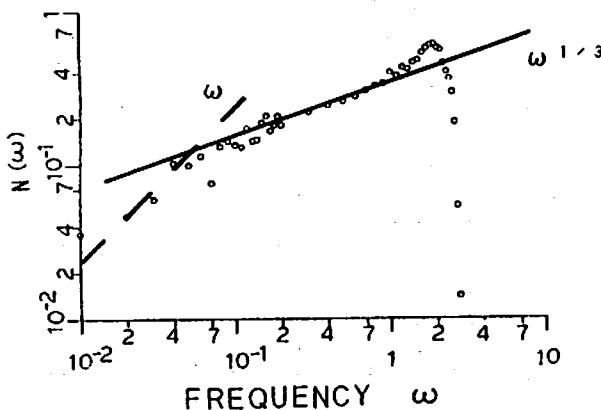


図6 計算機シミュレーションによる状態密度、実線は $N \propto \omega^{1/3}$ 、破線は $N \propto \omega$ である。

以下では ω_c に、 ω_c より大きい振動数では $\omega^{1/3}$ に比例していることが分る。しかし両者のクロスオーバーにおける「こぶ」に関しては、データのゆらぎが大きくて、それが存在するか否かは判断できない。このゆらぎの原因是、パーコレーション・クラスターが有限系であり、サンプルクラスターの形状のばらつきが、状態密度に大きく作用していることがある。従って、この「こぶ」を確認するためには、クラスター・サイズを大きくするか、あるいは次元を高くすることにより、「こぶ」を大きくしてやる必要がある。さらに図7は

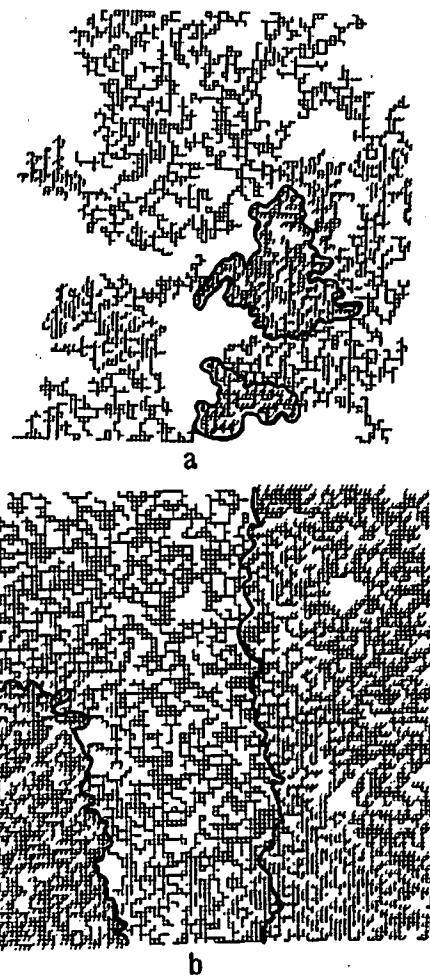


図7 モード・パターン、線で囲んでいる部分が振動している。a は $P = 0.593$ であり、振動は局在しているのに対し、b の $P = 0.7$ では系全体に拡がっている。

フォノン・モードとフラクトン・モードの振動状態の違いをはっきりと表わしている。AlexanderとOrbachの予想どおり、フラクトン・モードは空間的に狭い領域に局在しており、フォノン・モードは全空間を伝播する拡がった状態をとっているのが見られる。

状態密度やモード・パターンにおける規則系とのこのような相異は、単にパーコレーション・クラスターという仮想的対象の持っている数学的特徴ではない。先にも述べたとおり、現実の物質の中にもパーコレーション・システムと見なせるものが数多くある。そのような物質の比熱や熱伝導等の熱的性質、さらには超伝導特性に対し、これらの状態密度とモード・パターンは重要な役割を果しているのである。

これらのダイナミクスをパソコンで調べることは、時間と容量の点からいって、現在のところかなり難しい。従って、この節で述べたことは、本稿の目的からはずれているように思われるかもしれない。しかし数年後のパソコンの発達を想像すると、これらの問題も近い将来必ずパソコン上で計算できるようになるであろう。静的な問題の中にも、まだ十分には分かっていない多くのテーマがある。例えば、クラスターの各原子に何等かの属性を持たせ、全体での物理量を求める、それらがフラクタル構造を反映した振舞を見せる可能性がある。しかも、多くの場合これらはパソコン程度のコンピューターでシミュレートできるのである。それ故、手持ちのパソコンで大いに試していただきたい。一見何の統一性も法則性も無いランダムな構造が、実は深い所で共通した性質を持っており、その性質が複雑極まる現実の世界の中でも息づいていることを、そのようにして確認することは、新しい自然観の獲得において重要なことであると思われる。

4 おわりに

パーコレーション・クラスターで代表されるようなランダム系に対するフラクタル的自然観の習得について、パソコンを用いた視覚的方法を紹介した。紹介したとは言っても、プログラム例を一つも載せていないのであるが、これは、プログラ

ムが比較的簡単であり、各々に工夫してほしいからである。プログラミングは、木や紙やプラスティックを材料として作る模型と同様、様々な「ステートメント(命令)」を材料とし、これを論理の接着剤でつないで作る自然界の模型づくりと言えよう。この面白さに早くから気付かせることは物理教育において、今後ますます重要になることと思う。

なお、図1～4のための計算は、NEC PC-9801 Vm 20 および IBM マルチステーション 5560 により、図6と7は、日立スーパー・コンピューター S-810 を使用した。また実際のプログラミングでは、高杉恒一君、田中哲君に一部加わってもらった。

文献

- 1) B. B. マンデルブロー：“フラクタル幾何学” 広中平祐監訳(日経サイエンス社、1984)
- 2) 高安秀樹：“フラクタル”(朝倉書店、1986)
- 3) B. J. Last and D. J. Thouless: Phys. Rev. Lett. B27, 1719(1981)
- 4) B. P. Watson and P. L. Leath: Phys. Rev. B29, 4893(1984)
- 5) M. F. Thorpe: J. Non-Crystalline Solids 57, 355(1983)
- 6) S. Kirkpatrick and T. P. Eggarter: Phys. Rev. B6, 3598(1972)
- 7) D. Stauffer: "Introduction to Percolation Theory" (Taylor & Francis, 1985)
- 8) P. J. Reynolds, H.E. Stanley and W. Klein: Phys. Rev. B21, 1223(1980)
- 9) M. P. M. den Nijs: Physica(Utrecht) A95, 449(1979)
- 10) P. G. de Gennes: Recherche 7, 919(1976)
- 11) Y. Gefen, A. Aharony and S. Alexander: Phys. Rev. Lett. 50, 77(1983)
- 12) S. Alexander and R. Orbach: J. Physique Lett. 43, L625(1982)
- 13) Y. Gefen, A. Aharony, B.B. Mandelbrot and S. Kirkpatrick: Phys. Rev. Lett. 47, 1771(1981)
- 14) A. Aharony and D. Stauffer: Phys. Rev. Lett. 52, 2368(1984)
- 15) P. Argyrakis and R. Kopelman: Phys. Rev. B29, 511(1984)
- 16) B. Derrida, R. Orbach and K.W. Yu: Phys. Rev. B29, 6645(1984)
- 17) G. S. Grest and I. Webman: J. Physique Lett. 45, L1155(1984)
- 18) M. L. Williams and H. J. Maris: Phys. Rev. B31, 4508(1985)

液面に浮く液滴に働く圧力

小野正利

どのような液体でも液面にその液体の液滴を浮かせることができます。

この現象は日常よく見ることができます。例えば、水道の蛇口から水を少量出して水滴を作り、水を満たしたコップに受けるときコップの水面に浮くのを見ることができます。

この現象については、既にロゲルギスト著「第五物理の散歩道」(岩波書店)の79頁に説明がありますし、また第20回日本学生科学賞選集、物理編1. 6頁にも発表があります。

ロゲルギストは、液滴が落下して液面に浮いてから毀れる迄の経過を撮った写真に基づいて適切な説明を行っています。そして、何故浮くかということについて、浮滴と凹んだ液面の間に薄い気体の層があるに違いないこと、更に表面波の役割について示唆しています。

ロゲルギストの説明を念頭に置きながら液面に液滴を浮かせる観察を行っているうちに、彼等の説明の中に少し矛盾するものがあるのを感じました。ロゲルギストは水滴を水面に乗せるとき、水面に“油”を微量浮かせることにより液滴が浮かなくなることを指摘しています。このことから、滴が浮く現象は純水にのみ見られる現象のような印象を受けたわけです。ところが色々試みているうちに、然にあらず、コーヒーの液面にコーヒーの滴が浮きますし、またうまくやるとサラダオイルの液面上にサラダオイルの滴が浮きます。特にコーヒーの

場合には、90℃もあるうという高温で1秒以上も浮いているのを見ることができます。従って、少くとも“油”が液滴を浮かなくさせることは考えにくいということです。更に、浮滴と凹んだ液面の間に薄い気体の層があるのであれば、液体が何であるかには依らず一般的な現象と考えるべきで尚更と言えます。

それ故、“油”については次のように解釈した方が良いのではないでしょうか。C. V. Boys 著、矢田義男訳「しゃぼん玉の科学」(横書店)40頁に書かれていますが、油には水面の小さな波を消す効果があります。水滴を浮かせるときには必ず中央が凹みます。そして凹んだ影響が回りへ伝わって凹んだ状態が持続するものと思われます。しかし、“油”的に波が回りへ伝わりずらくなり、凹むことによる水面の攪乱が水面の凹んだ場所に残り空気層を毀すと考えたら如何でしょう。

ここでは、浮く機構として液滴と液面の凹みの間の空気層の存在を確信して、浮滴(液面に浮いている液滴)に働く力の釣り合いを考えます。その結果浮滴の大きさの限界についての議論が可能となります。

浮滴と液面の間に空気層があると仮定して、浮いている状態の断面を図1に示します。今簡単のため浮滴の形は球であると仮定しますと図2のようになります。以後図2の浮滴に働く力の釣り合いを考えてみます。

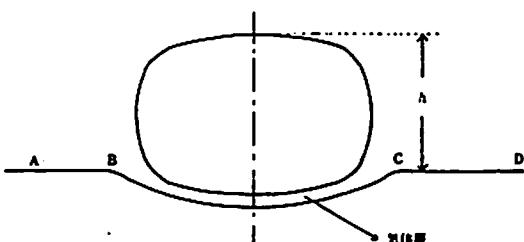


図1

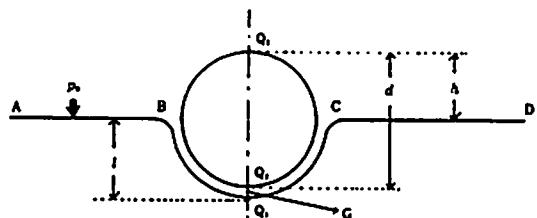


図2

先ず気体層の圧力を求めます。図2の液面上の点Q₁の液面内側の圧力P₁は次のように書けます。

$$P_1 = P_0 + \rho g \ell \quad (1)$$

ここで ρ は液体の密度、 g は重力加速度、 ℓ は点Q₁の液面ADからの深さ、 P_0 は液面AD上の大気圧です。次に、図2の空気層内の点Gの圧力P_Gを求める。これには、ラプラスの式[L.D. Landau and E. M. Lifshitz : Fluid Mechanics (Pergamon Press)]を用います。

$$P_G - P_1 = \alpha \frac{2}{R} \quad (2)$$

ここで α は液体の表面張力であり、簡単のため浮滴と液体の表面張力はどこでも同じと仮定します。またRは液面上の点Q₁の所での曲率半径です。図2の場合には浮滴の半径に等しいと置いて良いでしょう。結局(1)式と(2)式からP₁を消去してP_Gは次のように書けます。

$$P_G = P_0 + \rho g \ell + \alpha \frac{2}{R} \quad (3)$$

(3)式のP_Gを考慮して浮滴の重心を通る鉛直方向の力の釣り合いを調べます。他の鉛直部分についても同様に取り扱い可能です。

そこで、図2の浮滴の最高点Q₃の表面内側の圧力P₃と外側の圧力P_hとの差、及びP₃と浮滴の最下点Q₂の表面内側の圧力P₂との差、更にP₂と気体層内の点Gの圧力P_Gとの差を求めます。

P₂とP_Gの差、及びP₃とP_hの差はラプラスの式から次のように求まります。

$$P_2 - P_G = \alpha \frac{2}{R} \quad (4)$$

$$P_3 - P_h = \alpha \frac{2}{R} \quad (5)$$

ここでP_hについては、 ρ_a を空気の密度とする $P_h = P_0 - \rho_a g d$ ですが、一般に $\rho_a \ll \rho$ ですから $P_h \sim P_0$ であり、(5)式は次のようになります。

$$P_3 - P_0 = \alpha \frac{2}{R} \quad (5')$$

次に、P₂とP₃の差は次のようになります。

$$P_2 - P_3 = \rho g d \quad (6)$$

ここでdは図2に見るように浮滴の最高点Q₃と最下点Q₂との間の鉛直距離です。また浮滴の

密度は、液面を作る液体の密度と等しいとしました。

今、(4)式に(3)式のP_Gを代入します。

$$P_2 = P_0 + \rho g \ell + 2 \alpha \frac{2}{R} \quad (7)$$

次に(6)式に(5)'式のP₃を代入します。

$$P_2 = P_0 + \alpha \frac{2}{R} + \rho g d \quad (8)$$

(7)式と(8)式は同じP₂に対する式ですから、これを等しいと置き次の関係式を得ます。

$$\rho g (d - \ell) = \alpha \frac{2}{R} \quad (9)$$

この(9)式に基づいて、浮滴の大きさの限界を推測することが可能です。(9)式に現れる ℓ は、これがRより大きい時には、図2より浮滴の重心が液面ADより下になることが見て取れます。浮滴の観察から、重心は図1に示すように液面より上にあります。従って、浮いている条件として $\ell \leq R$ を仮定することにします。この不等式の ℓ に(9)式から求めた ℓ を代入すると次の関係式を得ることができます。尚ここでは図2より $d = 2R$ となることを用いています。

$$R \geq 2R - \frac{2\alpha}{\rho g} \frac{1}{R} \quad (10)$$

(10)式は浮滴の半径Rに上限値があることを示しています。それをR₀と書くと

$$R_0 = \sqrt{\frac{2\alpha}{\rho g}} \quad (11)$$

となります。水の場合について、20℃の場合、 $\alpha = 72.75 \text{ dynes/cm}$ 、 $\rho = 0.9982 \text{ g/cm}^3$ であり、また $g = 980 \text{ cm/s}^2$ を用いると $R_0 = 0.386 \text{ cm}$ となります。この値は観察から得られる浮滴の大きさの上限とほぼ一致しているようです。

以上が浮滴の大きさについて、その上限値を推測する議論です。浮滴を落下させて浮かせる時の落下距離についての限界も、力学的に議論することができます。これらについての議論と実験は既に試みました。〔小野正利：東日本学園大学教養部論集第12号19頁、1986〕。

しかし、このような力の釣り合いに基づいた浮滴についての考察は、浮滴の示す性質の力学的側

液面に浮く液滴に働く圧力

面からの捉え方であって、その示す性質上多面的な考察が必要と思われます。

光センサーを用いた変位の測定

三 峰 好 友 康 典 雅 子

まえがき

フォトインタラプタという光センサーが市販されている。これは発光素子と感光素子を近接して配置した複合半導体素子である。これには透過形と反射形の2種類のタイプがあり、変位を電気信号に変換できる。

透過形は発光素子からの光の一部を遮るように感光素子との間に遮光板を入れる。遮光板の位置を移動すると、感光素子に入る光の量が変わり電流の変化となる。移動量（変位）と電流の関係をあらかじめ調べて置けば、変位を知ることができる。変位の測定範囲は1 [mm]で、変位と電流の直線性は良好である（図1参照）。

反射形は発光素子から出た光が反射板で反射し感光素子に入る（図3参照）。図2の例ではセンサーと反射板との距離が約4 [mm]のとき感光素子に入る光量が最大になる。したがって例えば反射板の位置を6 [mm]にすると、±2 [mm]の範囲をカバーできる。このように測定範囲が広いため使いやすいが、変位と電流の直線性が良くないのが欠点である。さらに、反射面の質や反射面の角度の影響を受けるので、高精度を必要とする測定には向かない。

いずれのタイプのセンサーでも、外来光は少ないのが望ましい。特に蛍光灯の光は感光素子に交差的な有害信号となるので、白熱電球や太陽光のような一定の明るさを持った光を実験室の照明に使う。このような光は光電流を一定量増加させるだけなので、実験室を薄暗くしてセンサー部分に簡単な遮光をほどこすだけで動的測定は可能である。

ここでは反射形センサーを用いて、音又と板ばねの減ずい振動の実験を行った結果を報告する。

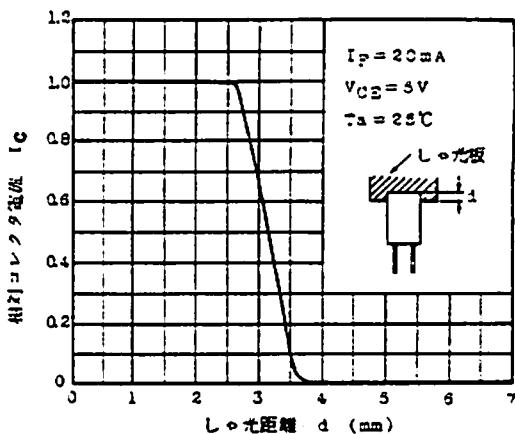


図1 検出位置特性（透過形）

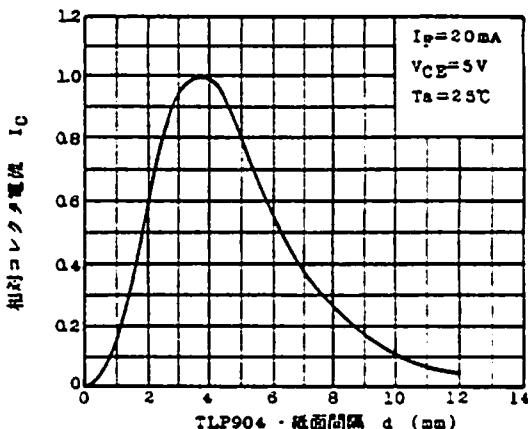


図2 検出距離特性（反射形）

音又の減ずい振動

音又の振動が減衰する主な原因是、音又の振動エネルギーが音のエネルギーとして空間に出て行くためである。音又に共鳴箱を付けると音が大きくなる。これは音の放出が激しくなった為で、振動はより速く減衰すると考えられる。共鳴箱に蓋をすると、共鳴が不完全なので、音は小さく減衰は遅いであろう。また、共鳴箱の内にぼろ布など

光センサーを用いた変位の測定

をつめた場合はどうだろうか。あらかじめ、生徒に減衰の速さの順序を予想をさせて置くのも良いだろう。

音又の振幅の測定

図3のように反射形センサーを音又の先端部約6[mm]の所に置き、音又の面を反射面とした。センサーから得られた電流の変化はオペアンプで電

圧の変化に変え、交流成分を取り出し増幅した。出力は交流電圧計を用いて測定し、電圧が4[V]～2[V]に減る時間（半減期）を測った。

音又の状態を次の通りにした。

- (ア) 共鳴箱に付けた普通の状態
- (イ) 共鳴箱に蓋をする。
- (ウ) 共鳴箱の内にぼろ布をつめる。
- (エ) 共鳴箱からはずし万力でくわえる。

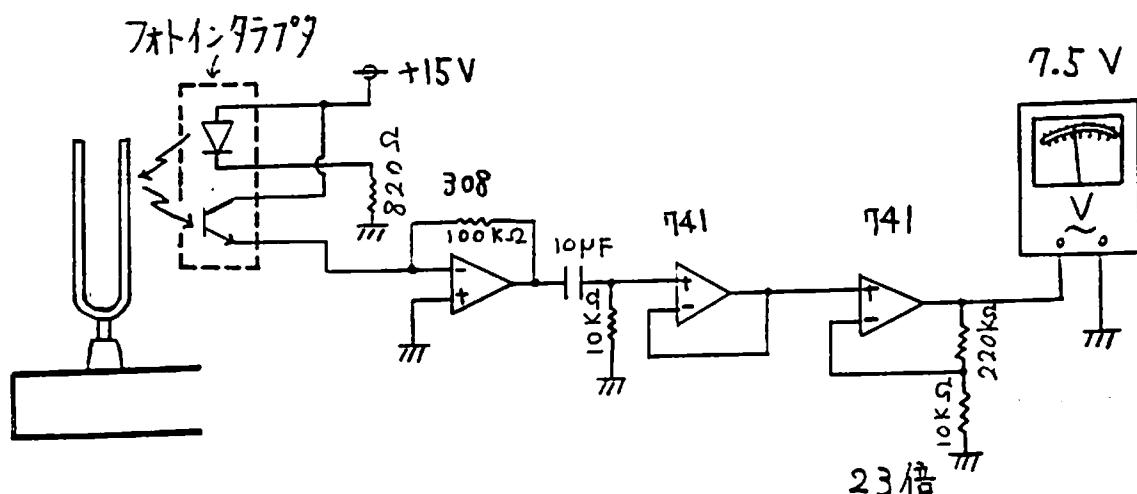


図3

音又の振幅の半減期　測定の結果を表1に示す。

(ア) 音さを共鳴箱に付けた普通の状態。	5.0
(イ) 共鳴箱に蓋をした。	2.2
(ウ) 共鳴箱の内にぼろ布をつめた。	3.4
(エ) 音さを共鳴箱からはずし、万力でくわえた	5.0

表1 音又の状態を変えた時の振幅の半減期(秒)

当初の予測では(イ)と(エ)の状態における半減期は(ア)のそれより大きくなるはずであったが、測定の結果はこれに反している。この原因を考察してみる。

(1) 共鳴箱に蓋をした時、蓋の材質に問題が有りそうである。この場合レザーカバーの辞典で蓋をしたが、蓋によるエネルギーの吸収を考慮す

る必要がある。蓋の材質を変えて行った実験の結果を表2に示す。

ベーク板	3.7
発泡スチロール	4.4
木板	3.7
アルミ板(厚さ2mm)	5.9

表2 蓋の材質が半減期におよぼす影響

これによれば、蓋の材質の影響はあきらかでアルミ板の場合の減衰は表1の(ア)よりも遅くなっている。その他の材質ではアルミ板より音の吸収が大きいことがわかる。発泡スチロールは木材より音の吸収が少ないのは意外な結果である。

(2) 音又を万力でくわえた場合、振動エネルギー

が万力に伝わったと考えられる。支持体へのエネルギーの伝達を避けるには振動の節を支持すれば良い。音又の振動の節は付け根の肩の所に有るので、アクリル板に4角の穴をあけ、音又の振動の節の所を穴の縁に乗せ瞬間接着剤で固定した。音又をハンマーで叩くと接着がはがれるので、スピーカーを発振器につなぎ、スピーカーのコーンを音又にふれて音又を振動させた。その結果、半減期は6.6[秒]となり、予想通り最も遅い減衰となった。

以上の結果をまとめると、減衰の遅い順序は

- (1) 音又をその振動の節で支持した
- (2) 音又を共鳴箱に付け、共鳴箱にアルミの蓋をした
- (3) 音又を共鳴箱に付けた普通の状態
- (4) 音又を共鳴箱に付け、共鳴箱にぼろ布をつめた

となった。

重り付き板バネの減衰振動

減衰振動は大学の一般教養のテーマである。減衰振動を体験させるため、減衰の様子をリアルタイムで画面に表示して見せたい。このような一過性の現象を見るのにオシロスコープは不適当である。図4の装置で光センサーから得られた信号をADコンバータを通してパソコンに取り込みパソコンの画面に表示した。FM-7で1点を取り込み表示するのに機械語を使っても1[ms]以上必要である。取り込み周期を2~5[ms]とし1サイクルあたり約20点表示するとすれば、系の固有振動は10~30[Hz]に制限される。金ノコの刃を板バネとし25[g]のおもりを付けたと

ころ固有振動は約10[Hz]になった。減すいを強めるため、直径1[cm]の円盤をおもりに付け、油に浸けたところ図5に示すような典型的な減すい曲線が得られた。この実験ではバネの振幅が音又のそれに比べて大きいので、増幅の必要は無いが、センサーの特性の非直線性が現われた。図5において、グラフの上下の非対称がそれである。

あとがき

この実験に用いたフォトインタラプタはデジタル的な計測を目的に作られた物である。これをアナログ的に使おうとするのであるから、当然性能には限界がある。それにもかかわらず、使い易さ(オペアンプ1~3個の回路で良い)や価格の低さ(フォトインタラプタは1個300円、オペアンプは1個100~300円)によって十分利用価値が有るであろう。特に、この測定が非接触であり被測定物からエネルギーを奪うことなしに測定できる点が重要である。

音又の振動をマイクを通してオシログラフで見ることは普通行われているが、共鳴箱をはずしたり、共鳴箱に蓋をしたりすることは、マイクを使う測定では困難であろう。

板バネの減衰振動の測定ではセンサーの非直線性が顕著に現われた。したがって対数減衰率を求めたりする定量的な実験には大きな誤差が生じる可能性がある。今後この点の改良を考える必要がある。

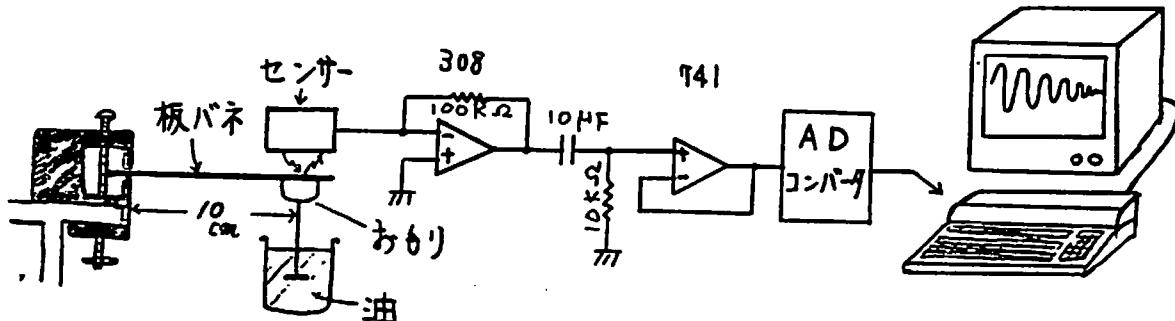


図4

光センサーを用いた変位の測定

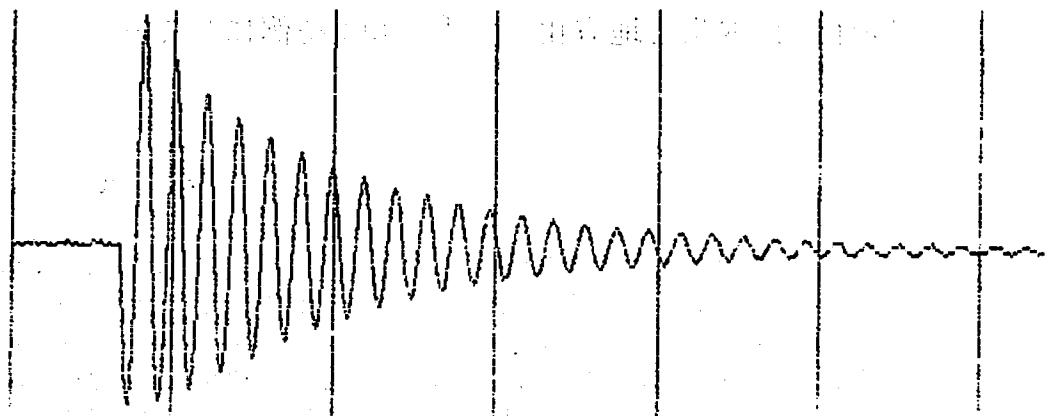


図 5

物理の日本化と地方化 — $f = ma$ を例にして—

齊 藤 孝

本校生徒のアンケートによると、物理選択者の91%が大学受験のために選択したという。大学受験がなかったら壊滅的に選択者は少なくなる。明治以後の近代化政策、または戦後の理科教育振興法等の社会的援助がなければ、忽ちしばらくしまうような物理教育にどんな問題点があるのか、子供達がなぜそんなに嫌うのか、なぜ難しいのか、他教科科目と何が違うのかを $f = ma$ を例にして論じて見たい。

I 留学生に指適された力 f の意味

アメリカからの女子留学生が1年間にわたって私の講義を聞いてくれた。その生徒は現在ニューヨークで高校教師としてphysicを教えている。当時その生徒が黒板に書かれた $f = ma$ を見て、なぜ日本では日本語で書かないのかという疑問を持って質問をしたことがあるが、それはさておき、日本の生徒より彼女の方が理解が早く、問題解答も上手であった。

日本の生徒より彼女の方が理解が早いのは何故だろうか、 $f = ma$ を例にして話してみたい。例えば f の意味のとり方が違う、日本の生徒達には f を力と教えたが彼女には f を force と教えた。授業中私が腕をまげ力こぶができるような形にして「チカラといいます」といったら留学生は直ちに「オー、Strength」と答えた。日本人が考える力は彼女からみれば Strength で force とは違うらしい。英語の辞書によると Strength は腕力などを意味するが、force は動詞として使うときは「無理に……させる」というように外からの力（外力）の意味を持ち、名詞としては暴力、軍隊、警察力などを示すという。では日本の生徒が頭に描く力とは一体どんなものかを辞書でしらべると、第一に腕力が、そしてその象形文字は、「力」と示されて腕と手の形からきている。要は動物体内に生ずる力と考えるのである。

以上のように、留学生にとって f は force だから物体 m を無理に動かす外からの力という概念がすでに形成されるが、日本の生徒達の頭の中では力をだす人間と物体 m の間の関連がうまくついていない。試みに生徒にこんな質問をすると明らかになる「 m に働く力の矢印を書きなさい」というのと「 m になったつもりで、自分 (m) が受けている力の場所と大きさを矢印で書きなさい」といった場合とでは、後者の時にはじめて生徒は矢印を m の中に取り入れることができる。日本の言葉の概念の範囲が物理の学習を困難にしている一つの例である。

II 物理を学ぶ前に力の概念を

日本の生徒の頭の中では、力とは動物体が持っているものであって、そのため力士などを力持ちという言葉で日常表現している。

この発想で行くと、物体 m が f の力を持って a の加速度で動くのかと考え易い。そうなった場合 m は動物のような感じになり、物体自身が力を持つのかという疑問がわき生徒はますますわからなくなる。この考え方方はやはり日本人に外力という概念がないからと思われる。

ところが重力や引力になると様子が変わり、日本の生徒の誰もが間違いなく物体 m に重力があるとして力の矢印の作用点を m の中に取り入れて書く。物体の各小部分に働く引力をすべて加えて大きな力になることは理解し易いらしい。大勢の力で物を動かしたり、網引きを大勢で引きあったりする概念と一致する。よって質量 m に働く重力は各単位小部分の重力の m 倍の力になる。これは漢和辞典にある力量という言葉の概念に相当する。

はたして日本人が考えるよう物体は重力を持っているのか、持っているとしたら $f = ma$ のと

きの m も力を持つことになる。私達日本人は外からの力の概念に乏しいので、つい持っていると表現してしまう。正しくは物体に重力が働くからいると表現するのが正しいと思う。

物が力を持ってしまうと、空中を飛んでいる物体に力があることになり、野球のピッチャーが投げる球に力があると表現してしまう。これは野球評論家など日本人が一般に使っている言葉でもある。

ではどうすれば正しい理解を生徒に与えられるのか、以上のことから日本では、物理を学ぶ前に力の概念を「力とは物に働く、物の状態を変化させるもの」と定義しておくことが必要かも知れない。

III 漢文よりも難しい質量 m の意味

物理教育の本で、東南アジアで物理を教える時のことばの障害を報告された文を読んだことがあるが、東南アジアの生徒ばかりでなく、日本の子供達も同じような障害がある。今回の本校の調査で物理の用語が難しいという生徒の声が多数あった。教師は自分なりの概念を頭に描いて、同じ日本人だからわかるだろうと思って使うことばが、実は物理では意外に通じていないのである。

本校の卒業生で一流企業の外国帰りの技術者と話をした際、高校時代に習った質量という日本語がいまでも難しく感じるという。例えば「質と量とは何か」と考へても、「質の量とは何か」と考へてもいかにも難しい言葉だといっていた。まして今の生徒にとって、何の説明もなしに教科書に質量と使っていては、その意味がさっぱりわからないのは当然といえる。

ここで論じている質量とは、物理学上の質量つまり慣性質量とか重力質量を云々するわけでなく言葉の上で日本の生徒の概念形成が最初のようになっているかを論じているものである。

授業中生徒に Mass といって教えた方が概念形成上にはいいように思う。なぜなら今の生徒はマスゲームとか、マスコミなどの言葉から連想してマスとは集合体のような感じをもつらしい。英語の辞書によると Weight と mass (ラテン語 Massa, ギリシャ語 Maza 1400年頃英語へ) は昔から存

在し区別されている。ところが日本では「おもさ」の方は昔からその概念はあるが、質量という言葉は江戸時代の漢学者による訳語と思われる。すなわち漢語を組合せた準外国語である。質量とは実際に上手な訳語と思うが、昔程漢文を習わない今の生徒達にとって理解が不充分になるのは残念なことである。授業中重量については「おもさ」とやまと言葉で表現できるが、質量についてはやまと言葉でなんと表現したらよいのか、漢字で書いてあればわかるものとして説明しないのが物理では普通であった。しかし現在はわかる物理にし、物理をして日本文化の一翼を担わせようとすれば、今の生徒にわかる言葉で表現しなければならない。

日本の物理の教科書のいたる所、漢字による訳語で満たされている。たしかに江戸時代の漢学者は立派だった。また明治の頃の漢文教育は必要であった。ところが今の生徒達が持っている漢和辞典をひいても、適切な意味が書いてない。むしろ英語の辞書の方が適する意味がかいてあって、生徒は漢文より英語の方が親しみ易い。現代の生徒に説明できる日常生活のことばが緊急且絶対に必要である。

試みに質量について考えてみよう。Mass 集合体、密集体の意味を持ち、やまと言葉では古来「かたまり」という言葉がある。よって質量とは「ごはんなどをぎるとき、かたくかためても、やわらかくかためても、かわらないもともとのごはんの量」つまり「かたまりの量」といえる。

昔の物理の先生が質量とは「かさ」(嵩)のことであると教えてくれたが、現在の日常生活で「かさ」はあまり使われないので、私は「かたまりの量」とした。質量というすぐれた訳語はそのまま残してもそれを説明する話し言葉を開発工夫しなければ高校1年生の理科Iの授業をわかる物理にすることは難しいだろう。

IV 加速度 acceleration と アクセル

日本国語辞典によると、加速の語源の例文として「曆象新書」(志筑忠雄 1760 ~ 1806) の一文が書かれている。加速が江戸時代に作られた訳語であることは事実だが、それ以前に日本の言葉としてどのようなものがあったかをさがすと、源氏

物語の中に「駒ひきとどむる程もなくうちはやめて片時に参りつきぬ」とあり、はやめるという言葉がそれにあたる。むちを打ち早めて馬を走らせて来たと思うが、現代の日常生活の中では、自動車のアクセルをふむことがこれにあたる。

「アクセルをふみ加速する」と「むちを打ち早める」のでは現代の子供には前者の方が現象としてわかり易いに違いない。加速するという使い方は比較的日常化されてきたように思う。しかし加速は漢語でやまと言葉ではなくあくまでも訳語である。生徒に説明するときは日本人教師の誰もが「だんだんはやくなる」とか「早まる」とか話し言葉で説明する必要がある。では加速度はなんというか「早まり方」または「早くなる割合」とでもするのだろうか。

VI 物理は日本化（庶民化）されていない

12月末、朝日新聞にアメリカの世論調査がのっていて、アメリカ人が日本に教わりたい第1のものが数学・科学の教え方というのがあった。そしてその前後、学校側よりアメリカにいって物理を教えられるかという話があり、その根拠を聞くとアメリカからの要請だといわれた。たしかに数学なら日本には和算の歴史もあり教える価値もあるが、物理は果してどうだろうか。

和算の歴史を見ると、奈良平安の頃に第一次の支那数学の輸入があり、その時は漢書のままだったので国民各層に広がることなく不成功に終り、戦国時代を経て第二次の支那数学の輸入では、江戸時代初期の「塵劫記」(吉田光由)により日本化され、庶民への通俗書などが多く出版され、口遊みなど歌うようにして掛算をしたり、やがて八算や九九は日本国民のすべてが知るという現代に引きつがれる基礎を作ったようだ。

今の日本の物理は翻訳のままで、近代化政策にこそ間にあったが、とても庶民のものとはいえない。本校生徒の多くが言葉が難しく他教科目と違う教科書を読んでもわからないという。それに物理は数学と違い、記号は単なる数の置き換えでなく、 f や m などそのものに意味があってそれを理解しないと応用問題が解けない。物理はとても難しいという。今の生徒にとって漢語は英語より親

しみにくいくらいしい。仕事率というよりパワーの方が親しみ易いと生徒はいう。むしろ漢語に翻訳のできなかったたった一つの言葉、エネルギーが比較的日常化され日本人庶民の言葉になったという皮肉さえある。

今日の日本の物理は漢語が多く翻訳の域をでていない。今までの物理教育は、近代化を進めるための第一次西洋物理の輸入であって庶民のものではない。第二次の物理の日本化はこれから始まるのだと思われる。

第二次の支那数学の和算化を見ると、江戸庶民の日常生活にあのように、珠算はもちろんのこと米や酒の量の計り方、桶の容積、俵の数、米の売買、検地、船の運賃、材木の計算などなど、果てはまま子算、ねずみ算の遊びにいたるまで日本化した努力はすばらしい。

小中高生に学ばせる日本の物理は西洋のままで今も他の〇〇〇コースなどを研究するが、日本化の歩みは遅々として進まない。

本校での物理の選択者が減少するのを見て、体育の先生がアジア大会と同じで物理も韓国や中国に負けますかといっていた。

まねの段階では、理解上手な成績のよい生徒は育つが、創造性のある生徒は生まれない。物理が日本化されたらきっと独創力のある生徒が輩出するものと思われる。

VII 他教科とのつながりこそ日常性

国語の先生が現国教科書にのっている科学の随筆のことについて聞きにこられる。英語の先生がニュートンの発表当時の万有引力について、体育の先生が重心の移動について、数学の先生が加速度について、家庭科の先生がジュールについて、社会科の先生も、芸術科も、それぞれ教科書の中に物理的な事柄が含まれているので聞きにこられる。

物理が現代社会でいろいろなものとかかわっているのは嬉しいが、当の物理の教科書は昔の物理学本論のままで全くといってよい程他教科と関連することが記述されていない。

身の回りの現象や日常性も大切だがもう一步ひろげて、生徒達が学んでいる他教科との関連にも

及ぶべきだと思う。物理の教科書に寺田寅彦の一枚が乗っていてもいいだろう。ニュートンの英文が乗っていてもよい。室伏選手の4回転ターンの向心力の大きさがでていてよい。暦象新書がでていてよい。実験や授業もなるべく芸術的に展開した方がよい。AINシュタインは科学は結局自由芸術の一つでさえあるといっている。今の生徒の日常性は一昔前の日常性と違って、遊びよりも他教科とのかかわりが意外に強い。学校中心の生活でスポーツ以外は室内で過ごしているからである。

今回の調査で見る限り教科書をそのまま教えたのでは物理というのは机上の学問で日常生活とは何ら関係ないと感じている生徒が多い。それこそ大学受験に必要だから勉強しているのである。

しかし授業中に少しでも日常生活に関係することをいうとアンケートの中で多くの生徒がその事に関心興味を示している。

現在はどこの高校も理科Ⅰを必修にしている。物理、化学、生物、地学の学際部分も工夫すれば面白い事項になると思う。要は物理の教科内容が昔からほとんど変わっていない科目であることを私も自認するが、人からもいわれる。これは今の生徒や時代と遊離した恥ずかしいことだと私は思っている。

VII 物理の地方化の意義について

物理を日本化するのに日常生活にあわせる必要があるのは前に「塵劫記」のところでのべた通りであるが、日常生活といつても時代こそ同じでも地域によってその生活が違う。日本は世界有数の多雪地帯だという。しかもそこに住む人口は世界一多いという。そんな国の物理に雪や氷が扱われていないのは妙である。しかも最近は日本全国どこでも雪が降る。氷は各家庭の冷蔵庫にある。

世界の中で日本化することは、日本の中で地方化することに通じ、日常生活と密着することが創造性を生むことに通ずる。故に地域の教材を活用することは極めて大切なことは論をまたないが、今私が主張したいのはこれらの意義とは別に最近実感した次の二点についてのべてみたい。

まず第一として、日本化するにあたって現代は優れた人材が日本のすみずみにいるということを改めて認識して欲しい。最近は優秀な教師（修士課程や博士課程もでた）が私の住む北海道の全域に散らばっており、その先生方があることを機会に「地方化」をテーマとして、一年間札幌で研究会合することができた。オホーツクから来た教師は雪や氷のこと、難しい物理を宮沢賢治の詩で教える実践家、シェーデン語を訳してくれる教師、風が吹けば桶屋が儲かる理論を駆使する先生などなど、そんな先生方が「このような研究を今後も是非続けて欲しい。久しぶりにこの一年間燃えることができた」と異口同音にいっておられた。すぐれた人材による地方を舞台（実験室）とした実践研究の方が今後の日本の物理の庶民化を助けてくれるものと思われる。そしてこの「地方化」という研究テーマ自体が、地方の教師の実践研究発表の手助けとなり、地方の地域教材の開発が進む。そのことが物理の日本化と目的を一にしていることは論をまたない。そして地方化の真の意義がここにある。

次に第二として、ともかく人は地域に住み生涯を送る。最近は寿命のがびて生産活動をはなれてからの日常生活が長い。物理の日本化が、世界一の長寿国の中年の日常生活と無縁とはいえない。高校での大学受験のための物理教育が人の一生の中でどれ程の価値があるのか、問い合わせてみると、高校から大学へ進むものが4割、そのうちの半数が理系としても2割、その2割が選抜のための机上の物理を高校で学ぶ事実がある。その2割のために物理を必修にする学校もあれば、選択させる学校もある。物理が文系理系を問わず人間の一生の為の生活とかかわりのあるものであれば必修も大いに意義がある。ところが現状はこの論文で述べたごとく、物理は難しく嫌われ日本化されていない。さし当っては、物理を易しく好かれるように工夫するしかない。若し物理が日本化され日常生活のためになり且つ大学受験にも十分こたえ得るようになれば、再び物理を必修にする高校がふえることになるだろう。

本校における物理の3 or 2 単位の必修は今年で

終り、これからは生徒の選択を待つことになる。

大学受験に助けられる物理でなく子供達の「わかる物理」にしたい。

明治以来の画一化と強制は日本の物理教育を今
のレベルまであげたが、もうこれ以上は上がらない。
新しい方法をみんなで考える必要がある。

教材・教具の小さな工夫の会

一 口 芳 勝

〔趣旨〕

昨年の北理研支部総会において正式に上記の研究グループが発足しました。（S 61. 10. 29）

理科教育はなによりも興味・関心を喚起させることが大切です。

そこで、毎日の授業で利用している教材・教具の中に、自作工夫されたものを広く紹介し、学校間の情報交換を行っていくことは大いに意義のあることだと思います。

そんな趣旨から普段手軽に使っている教材・教具を発掘することから始め、将来的には新しい教材・教具の工夫開発を進めていくことを目標にしていきたいと考えます。

〔当面の作業〕

今年度中に各学校一点（どの科目でもよい）以上作成する。

来年度以降から各学校で実施している科目について作成する。

〔様式〕

単元範囲でのデモ実験や教材・教具の工夫について別紙の様式で作成する。

尚、項目は適宜書き変えても宜しいですし、どんな小さな工夫も歓迎します。

〔発足に至る経過〕

当地区では毎年1回研究会を継続して行っている。実験講習、講演会、施設見学等多面的な内容を計画し、理科教育の研修に大いに貢献してきた。しかしながら、教師全体としての研究が継続・発展していく形にはつながっていなかった。そこで昨年度は研究会に向けて準備委員会がもたれた。そのとき論議されたのは、充実した研究会を実施するには日頃の研究体制がしっかり確立せねばならないということであった。更にそれらを具体的

的に進めていくために、「基礎学力の定着はどのような教材や実験が適切か」をテーマにして、各校から少なくとも一本のレポート（できるだけ、各校の理科部会で討論を深めたもの）を持ちよることから始めた。そして研究会は富川高校において10月29日参加者26名で盛大に実施され、講演の他に研究発表も8件と近年になく内容も豊富で研修に役立ちました。このときの総会で次の事項が提案され承認された。

今何より必要なことは理科（自然）に興味を持たせ、理科ばなれを減らして、理科の基礎学力を定着させるための教材選択と、教授法の改善である、との理由から研究体制について三つの提言をした。

- (1) 研究を継続していく
- (2) 研究のグループ化
- (3) 地域教材の充実と交流

上記の3点を主眼として支部の研究体制の組織化をはかっていく。この具体的活動として2つの研究グループが発足した。

- (1) タンポポの植生調査の会
- (2) 教材・教具の小さな工夫の会

〔具体的事例〕

この趣旨に基き、2, 3の教材・教具の工夫を行い、指導案を作成してみたのでここに紹介する。

〔I〕 等速度運動

浮沈子を作るときに工夫が必要である。
マップ用の画鋲を用いるのも1つの方法である。

短い距離で等速運動する例として生徒は興味を示す。

〔II〕 北海道の面積を測る。

理屈が奇抜なので、面倒な計算も一生懸命行う。

有効数字2桁で値を出してくる。

〔III〕 比熱の測定

試作した熱量計の比熱を水を用いて測定し、更に未知の物質の比熱を測定させるという多少込み入った方法を使ってみた。身近かな水を素材に実験を工夫した例である。

〔IV〕 オハジキの径のバラツキ

昔なつかしいオハジキも現代子には疎遠

になった。ノギスの使い方の習熟も兼ねて自然界のバラツキに気づかせるのもおもしろい。

単純な作業をよろこんでするのはどうしてか。

〔V〕 光波干渉器

是非、生徒に自作させて下さい。簡単な装置で美しい干渉縞が観察できます。

I. 等速度運動

①. 水中を落下する物体の運動

用意する器具：メスシリンダー、浮沈子、ノギス（ものさし）、磁石、

実験の方法：浮沈子をゆっくり落下させて目盛を通過する時間をはかる。

実験の手順：1) 浮沈子がゆっくり落下するように調整する。

2) メスシリンダーの目盛0、20、40、60、80を通過する時刻を測定する。

3) ノギスでシリンダーの目盛間隔をはかる。

4) 測定の結果を表に記入し、グラフを描く。

5) グラフの傾きから平均の速さを求める。

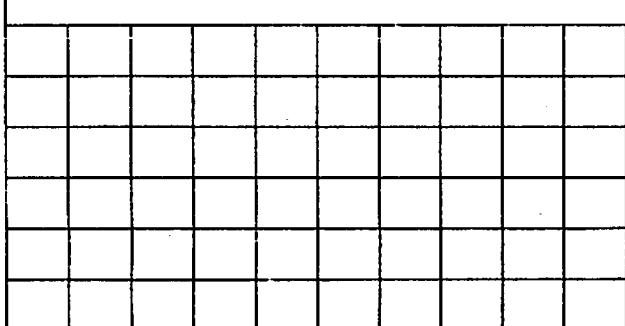
<実験上の留意点>

* 測定の基準は浮沈子の針金を目安としてはかり、その移動は磁石を用いる。

* 時間の測定の伝達はエンピツ等で机を打ってしらせるとよい。

メスシリンダーの目盛						
始点からの距離cm						
通過時刻 秒						

距離 S[m]



グラフの傾き

平均の速さ

Ⅱ. 北海道の面積を測る。

目的： 天秤を用いて、北海道の面積を測る。

方法： 均一な用紙の面積と質量は比例することから、地図の縮尺を利用して計算する。

用意する器具： 上皿天秤または物理天秤、ハサミ、ものさし

実験の手順： 1) 10 cm² 平方に用紙の一部を切り取る。

2) 北海道の形を切り取る。北方四島も加えることも忘れず。

3) 各々の質量を測り、比例算で北海道の紙形の面積を計算する。

4) 縮尺から実際の面積を計算する。

計算の方法： 10 cm² 平方の紙片の質量を m (g) 、北海道の紙片の質量を M (g) とすると、北海道の紙形の面積 x (cm²) は $x = 100 \cdot M / m$ で求められる。

実際の面積 X (km²) は $X = (\text{縮尺の逆数の二乗}) \cdot x / 10^{10}$ で求められる。

10 cm ² 平方の紙片の質量	m	g
北海道の紙片の質量	M	g
北海道の紙形の面積	x	cm ²
北海道の実際の面積	X	km ²

III. 上ヒートの測定

用意する器具：熱量計、温度計、ビーカー、試験管2本、ホールピペット、試料
上皿天秤、メスシリンダー

実験の方法：1) 湯と水の混合により、熱量計の熱容量を求める。
2) 物質の比熱を測定する。

実験上の留意点：熱量計の断熱が充分でないので、冷却曲線を描いて混合による
温度変化をグラフの傾向から求める。

実験の手順

- 1) 試料の質量を上皿天秤で測定する。
- 2) ビーカーに雪水を入れ、1本の試験管に20mlの水をホールピペットで取り、もう1本の試験管に試料を入れ、コルクで塞いで冷却して置く。
- 3) 热量計におよそ80°Cの湯100mlを入れて、よくかくはんする。
- 4) 縦軸に温度、横軸に時間をとり1分毎に温度を測定し、グラフを描く。
- 5) 5分後、試験管の水（予め温度を測っておく）を手ばやく入れ、1分毎に10分まで計る。
- 6) 続けて、試料を投入し、温度を測る。

測定結果

	20mlの水	試料
冷却時の温度 t_0	° C	° C
投入直前の湯の温度	$t_1 =$	$t_1' =$
投入直後の湯の温度	$t_2 =$	$t_2' =$
試料の質量	20 g	$m =$ g

* 試料投入前後の湯の温度の求め方

グラフ上で投入後30秒のところに縦軸に平行な線を引き、投入前の冷却曲線との交点を t_1 、投入後の冷却曲線との交点を t_2 とする。

IV. オハジキの径のバラツキ

目的：ノギスを用いてオハジキの径を測り、バラツキの様子を統計的に処理する。

用意する器具：ノギス、オハジキ

実験の手順： 1)沢山あるオハジキの中から任意に10個取り出す。

2)直径の最大値と最小値を2回ノギスで測る。

3)同様に、オハジキの厚さを測る

4)測定値をヒストグラムに表わす。

ノギスの使い方

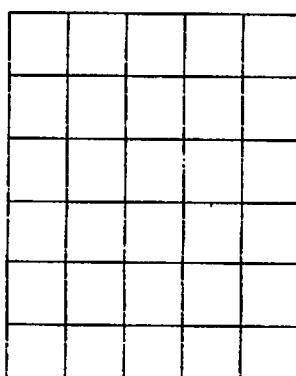
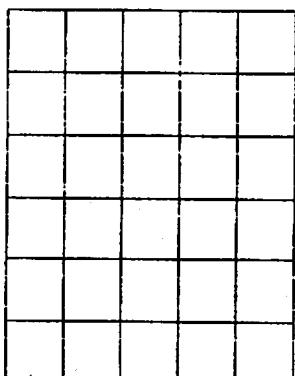
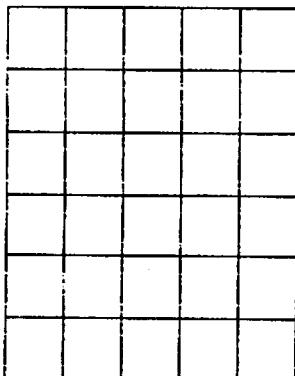
ノギスは主尺と副尺があり、主尺ではmmまで測り、副尺で1/10mmまで読み取る。副尺は主尺の10目盛(9mm)を10等分してるので、主尺の目盛と副尺の目盛の一一致している副尺の目盛が1/10mmの数値である。

測定結果

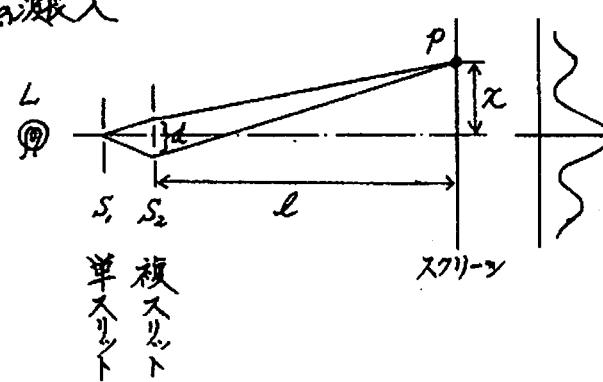
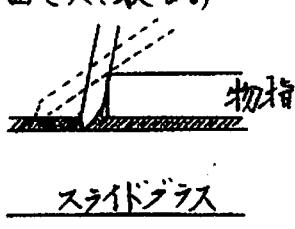
オハジキ	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
最大径										
最小径										
厚さ										

* 単位はmmで表わせ。

頻度曲線（ヒストグラム）



教材・教具の小さな工夫

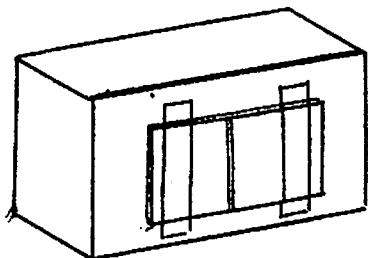
関連の単元名	ヤングの干渉実験
教材・教具の名称	光波干涉器
原理	<p>光の波長 λ</p>  <p>明るくなる点、P</p> $\lambda = \frac{d}{l} x$ <p>单スリット 複スリット</p>
	二板のスリットによる干渉縞の様子を観察する。
製作方法	<p>(準備するもの)</p> <p>顕微鏡用スライドグラス、カッター、ビニールテープ、小箱(石鹼)、 エヌカースプレー(黒、)</p> <p>(製作の手順)</p> <p>スリットの製作</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) スライドグラスにむらなくスプレーする。 2) 乾燥後カッターで線をひく。(塗料面を欠き取る。) 複スリットをつくろときは物指を固定してカッターのあてる角度を変えて平行線を引く。 3) 小箱に $2 \times 3 \text{ cm}$ の窓を切り抜き スリットをテープではりつける。このときは单スリットと複スリットが平行にならよう注意する。 

使用の方法

ア) 干渉縞の観察

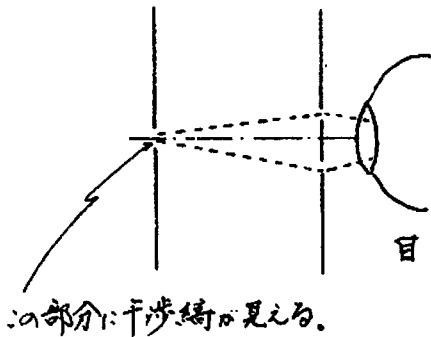
複数スリットの方に目を近づけ 単スリットの方に入れる光を見ると 単スリットの光の中に明暗の縞模様が 5~6本観測される。

きめめて縞の間隔は狭いので見のがしやすくて注意が必要である。

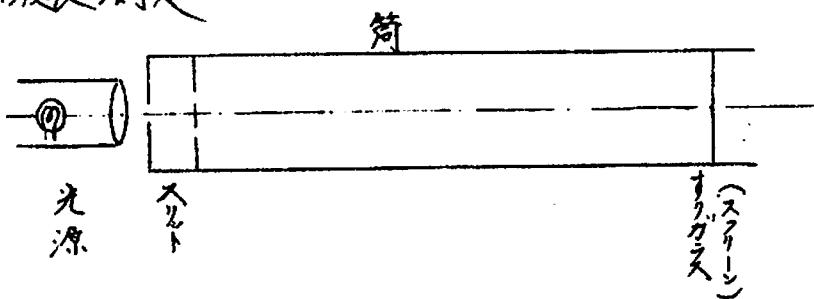
教具の見取図

イ) 回折縞の観察

単スリットの方に目を近づけ、視野に光を入れると色づいた帯が見える。色の変化に着目する。

発展事項

光の波長測定



- 1) 筒は伸縮できるのがよい。
- 2) スクリーンに映し出された干渉縞を テバイダーで 10 本程度測る。
- 3) スリット間隔は 頭微鏡か O.H.P. で拡大して測定する。

昭和61年度支部研究会報告

昭和61年12月6日㈯北海道大学工学部において上記定例研究会が開かれた。内容は、研究発表（原著講演）が、高校側から3件、大学側から4件の計7件であった。また、「物理教育を語る」と題して、座談会も行なわれ、実りの多い支部研究会であった。以下概況を報告する。

1. 研究発表（原著講演）

(1) 物理の地方化、物理の日本化

札幌北高校 斎 藤 孝

札幌北高の2年生に記名式でアンケート調査をしたところ生徒が物理に対して次の様な意識を持っている事が分った。

- ・ 物理は難しい。
- ・ 物理を好きで選択したものは203名中4,5名にすぎない。ほとんどは、大学受験のためである。
- ・ 教科書はミステリー小説を読んでいるような気になる。教科書は不親切で、見ても全く分らない。教科書を見ても言葉の意味が良く分らない。
- ・ 実験については、9.5割の生徒がおもしろいと言っている。

そこで、質量、力、加速度について物理用語の歴史を調べてみた。

(ア) 質量

ヨーロッパにはギリシャ、ローマの時代から「多くの物の集まり」を表わす概念として、Maza（ギリシャ語）、Massa（ラテン語）があった。これが1400年に英語のMassになるのである。

しかし、日本にはもともと、質量なる言葉はない。日本に質量なる言葉がはじめて現われるのは、江戸時代に志筑忠雄がポルトガルの天文書を翻訳した「歴象新書」が最初なのである。したがって、日本では質量に「多くの物の集まり」という意味はもともとない。

(イ) 力

日本語の「力」に相当する言葉は英語ではforceの他にstrengthやpower, might,

violenceなどあるが、他の四つに比べてforceには「無理にさせる」の意味がある。

また、forceには「多くのものが集まつた外からの力」の意味がある。

ところが、漢字の「力」を漢語起源辞典で調べて見ると象形文字で右腕に力をいた状態が書かれている。英語のforceとは、だいぶ意味が違う。

(ウ) 加速度

日本で約1000年頃、源氏物語に「駒ひきとどむる程もなく、うちはやめて片時に参りつきぬ。」の記述があり、これが加速度の起源であると思われる。

そこで提案する。

$f = ma$ について

力の量 = かたまりの量 × 早まり方

(f) (m) (a)

力の向き = かたまり × 早まる向き

(2) コンピュータグラフィックを用いた結晶構造教育

北海道大学工学部 北村正直

我々が開発した言語 Laplas を用いた Authoring System（教師が言語をいじらなくてもC. A. I. が可能）を紹介する。

Laplas は従来からある手続型言語と異なり、関数型言語でありそのままでC. A. I. の教材となる。すなわち、関数、変数、定数、プログラム、を同様に扱うのである。関数や、小プログラム、の集合体を一つのプログラムとして登録しておく事により、学習者主導型のC. A. I. が可能となる。

例として結晶群論における対称操作をコンピュータに行なわせる。これを用いれば、学生達が自分達で使って結晶構造の学習をする

ことができる。

(質問) Logo との関連についてはどうか。

(答え) Logo に似ているがスピードが速い。また、プログラムがデータなので定義してやれば容易に日本語をコマンドとして使うことができる。

(3) 液面に浮く液滴に働く圧力

東日本学園大学 小野 正利

どんな液体でもその液面上にその液体の液滴を浮かすことができる。

例えば

(ア) コーヒー面上に液滴が浮く。(10秒ぐらい浮くことがある)

(イ) サラダ油上に油滴を浮かすことができる。

(ウ) 水にアルコールを混ぜても液滴が浮く。

今日は液滴と液面との間の空気層の存在を前提として、液滴に関する力のつりあいより液滴の半径を求め、実験と理論の一一致を示す。

(質問) 空気層があるというのは?

(答え) 壊れるとき、泡が出るので空気を巻き込んでいると考えられる。

(4) 英国の博物館について

札幌藻岩高校 山田 大隆

今年の夏休みに一ヶ月間、ヨーロッパ、とくにイギリスの 8 都市の博物館を見てきた。ヨーロッパは博物館が非常に充実しており、産業考古学の上でも重要な意味を持っている。科学史の一つの利用学習として私も前々から興味を持ち資料を集めてきた。

イギリスでは 1980 年頃から博物館の在り方に変化が見られ、従来の大人中心のものから子供が利用できる博物館へと変化してきた。

これは、地域の教材化というこれから物理教育にとって重要な意味を持っている訳だが、これの成功した形態がイギリスにできつたあるという事である。

今日はスライドを 200 枚持ってきたので、

時間の許す限りご覧下さい。

(5) 高校・大学入試・大学教養の選択理科について

— 北大理系入学者の物理を中心に —
北海道大学理学部 中島 春雄
最近、高校理科で物理を履修するものが減少しているとの事です。

一方、共通 1 次導入後の大学入試は種々の問題を提起している様です。

北大の受験生・入学生を対象としたさまざまな調査研究の内理系の動向・高校理科カリキュラム変更と北大 2 次試験の選択理科・北大教養課程での選択理科の問題点などを大学教養の立場で報告し、また、とくに高校側の実情と、ご理解・ご意見をいただきたい。

(6) フォトインタラプタによる変位の測定

北海道工業大学 三好 康雄

峰 友典子

フォトインタラプタと言うのは発光素子と感光素子を近接して配置した複合半導体素子である。これには透過型と反射型の 2 種類のタイプがあり、変異を電圧に変換できる。透過型の場合、変異の測定範囲は 1(mm) で、変異と電圧の直線性は良好である。

一方、反射型の場合、約 5(mm) の範囲をカバーできるが、直線性は良くない。これらの素子の利用例として、音叉と板ばねの減衰振動を調べた。

結論として、

(ア) 測定範囲の広さと測定形式の点から反射型の方が使いやすい。

(イ) 減衰振動の様な一過性の現象を調べるには、非常に都合が良い。

(ウ) 1(mm) ぐらいの距離が測定できるのでこの他にも色々な利用例を考えられる。

(7) 「教材・教具の小さな工夫の会」について

苫小牧南高校 一口 芳勝

北理研苫小牧支部では年に 1 度集まり高等

学校理科教育の悩みなどを話し合っているがこの度「教材・教具の小さな工夫の会」をつくり、物理の「地域化」をまず地方から起こそうと精力的に活動を始めた。今日はその例の一つとしてヤングの干渉実験を紹介する。特長は

- (ア) レーザー光ではなく自然光で観察・実験する。
- (イ) 石鹼箱と自作のスリットを使う。(お金を使わなくて済む)
- (ウ) スリットはスライドガラスに黒のスプレー・ラッカーをぬり、カッターで線を引く。
- (エ) 互いに逆方向から見ることにより干渉縞と回折縞を見る事ができる。
- (オ) 定量実験に発展させることもできる。

生徒は身近な現象には興味を示す。

- ・ 現代国語のできる子は物理の力がつくようだ。
- ・ 対話型の授業も一つの方法ではないか。

(文責 札幌白石高校 坂田義成)

2. 座談会

テーマ『物理教育を語る』

司会 北海道工業大学 奈良英夫

16時半から17時半までの1時間、次のようなテーマで話し合われた。

- ・ 小、中、高を通した物理教育の見通しについて
- ・ 科学教育用の言語について（日本語による概念形成の困難をいかに打ち破るか）
- ・ 「小さな工夫」、「見近かな工夫」、「一寸した工夫」、「手軽な実験」について
主な発言を以下に記しておきます。
- ・ 国立大受験者の内、物理で受験するものが年々減っている。これは、大変心配である。
- ・ 物理での受験者の現象の原因の一つは共一の理一の物理分野の得点が最低であった事である。
- ・ 今年から2年生で物理が選択になる。「受験に必要だから選択する」のではなく、「おもしろいから興味を持って選択する」物理にするにはどうすれば良いか。
- ・ 現在の高校物理には、哲学もなければ興味深いものもなく、受験物理になってしまっている。とくに教科書の状況がそうである。
- ・ 地域に根ざした物理教育が必要ではないか。

座談会

これからの物理教育を語る

日 時	昭和62年1月17日(土) 14:30より
場 所	札幌大同生命ビル
出席者	中 島 春 雄 (北海道大学理学部) 福 田 明 治 (室蘭工業大学) 吉 田 静 男 (北海道大学工学部) 三 好 康 雅 (北海道工业大学) 木 村 有 道 (札幌南高等学校) 坂 田 義 成 (札幌白石高等学校) 飯 田 紀 子 (札幌南病院付属看護学校)
司会	加 藤 誠 也 (札幌西高等学校)

中 島 明けまして、おめでとうございます。本日は、「これからの物理教育を語る」と題して、次のような観点からお話しitたいと思います。

1. 物理教育の国際性、国際化に要請されるものは何であろうか。
2. 高校-大学で要望される物理教育はどのようなものであろうか。
3. 以上の視点から、現在の物理教育の問題点、及びその改善策はどのようなものであろうか。

もし、時間があれば、本学会北海道支部の活動をさらに活発にするためにはどうすればよいか、という点についてつけ加えていただければ幸に存じます。

加 藤 ありがとうございました。この座談会は、支部会誌「物理教育研究」の発行が第15号に達すること、日本では教育の問題についてはなやかに論議されており、臨教審の第3次答申もこの春に出されること、また、先日アメリカと日本の教育を比較したデータが出ていたこと、加えて、今年の夏には、物理教育の全国大会が北海道で行われるなどなど、ひとつの大きな節目にきているのではないかということで企画されました。できれば今後の北海道支部の発展のために資するようお話し合となれば幸です。

まず、物理を教えて一番気になっていることについて、各先生よりお話し下さ

い。共通1次以来生徒の質が変ってきたと、いう指摘もありますが、大学サイドから見た物理教育、あるいは高校への注文ということでもけっこうです。

吉 田 本論に先だって、事務局をあずかってきた関係から北海道支部の経過についてお話しします。昭和44年に発足したので、この春で18年になります。会員数は、昭和52年度をピークとして横ばいを続けており、現在約125名です。本部の会員数も、ほぼ同様の傾向を示しており、現在は1,350名となっています。

次に会計についてです。一般会計の収入は現在8万円弱で、これは本部からの仕送りによります。一方、特別会計ですが、これは支部会誌の発行に必要な予算です。現在約20万円ですが、不足分は広告料で補っています。できれば会員の皆様の会誌代納入率の向上をお願いしたいところです。現在の納入率は50%というところです。

支部18年間の活動状況を調べてみましたが、こちらは相当あり、書きとるのにくたびれるほどで、これは支部理事の皆さんのが努力と、会員の情熱がいかに大きいかを示しています。研究会は昭和50年ごろまでは年2回行われていましたが、テーマの掘りおこしが大変なこともあり以後年1回に改められました。この間に発行された会誌は14号に達しました。そのほか、昭和55年ご

ろから「支部通信」を年1~2号発行し、現在のところ第13号になっています。

支部設立は北大工学部の池田先生を中心に、次のような主旨で進められました。大学教育、特に一般教育において行われる講義内容が専門で行われる内容と同じであり、同じような教科書を使っている。実験もまたしかりである。このような一般教育は問題ではないか、というのが1つの提案でした。それから、これは高校教育にもかかわりますが、専門の研究に従事して発表するときは世間も認めてくれるし、またそれを評価する学会というものがある。しかし、教育研究に関するレポートを出してそれを評価してくれる機関がなかったし、教育研究に対する評価そのものも低く見られていた。

第3に、これも高等学校にかかわりますが、入学試験を意識し過ぎた学習指導への反省も提起されました。これらの問題を解決するためには北海道はあまりにも広く、地域の有機的な交流をはかる必要があり、また、研究成果が正しく評価できる機関として昭和44年4月15日に北海道支部が発足したわけです。林正一先生が最初の支部長、昭和54年から相馬支部長、58年から秋山支部長、60年には中島先生が支部長になられ現在に至っています。以上が北海道支部の歴史の概略です。

三 好 昨年暮の支部会のときに話したことですが、秋の全国大会において、国際キリスト教大学だったと思いますが、先生と生徒とのディスカッションについての報告がありました。それが私には大変うらやましく感じました。おそらく、その高校生のレベルも高く、人数などの点も大学とくらべるとかなり理想的であったようです。もう一つは、関西であるということです。北海道の子供達とはどうも違うのではないか。その点が気になり、あちらから来ている若い人たちにきいてみると、例えば、北海道人は口が重い。書かせてみると知っているが、しゃべらせるとしゃべらないという。それ

から、東京出身のある北大の大学院生に言わせると、ディスカッションでは北海道の人は何も言わず、反応もない。しばらくたってから、そもそも言っているのを聞くと、自分よりずっと問題意識があることがわかっておどろいたということです。

対話型の授業ができることが望ましく、私もその話を聞いて、うちの大学でも行ってみたいと考えましたが、まず不可能である。一つには入ってきてている学生のレベルの問題、それと地域性の問題がある。しかし、地域性の問題はいかんともしがたいのかもしれません。

福田 いま、対話型の話しが出ましたが、続いて少しお話しますと、確かに対話型というものは大切だと思います。4年生になるとたいていの大学では卒業研究をすることになりますが、そのとき初めて先生とマンツーマンとなり、本当の勉強が始まるわけです。それまでは、自分は何を勉強していたのかわからない、ということがあり、確かに対話型的な工夫ができれば非常によろしいのではないかと思います。

いただいた「要点」の1番目を、私なりに「日本の国際性・国際化に要請される物理教育は何か」というように順序を変えましたが……。私達は工業大学ですから、研究者としての後継者を育てるというよりはむしろ、会社など社会で役立つような学生を育てるという感じが強い。社会の要請というのは何かというと、今まで特許を買ってきて、ただ作るだけだったが、これからは「開発」をしなければならない。ところが「開発」するということは能動的に自分からものを考えていくということであり、残念ながら今の学生が本当に能動的に働くには、会社に入ってから相当長い期間たたき上げられてからでないと……。やはり、上司から「お前、これをやれ」式でやっているうちに、ようやく使いものになる。それではその問題を大学の中でどうこうということもあるでしょうが、それは高校の段階に問題があるような気がします。何故かというと、私

座談会 これからの物理教育を語る

も何年か毎に入試問題の作成にタッチせざるを得ないので、高校の教科書を勉強するわけですが、高校の教科書を80%程度理解していれば、大学の最初の2年間の物理はほとんど不要と思えるくらいの内容がある。なおかつ、実際に試験ができている。だからこそ大学は入ってくるわけですが、ところが入学して1年ぐらいたつと、できていたはずのものができなくなる。高校での教育では、結局試験を受けるために頭の中に一時的にたくわえ込んでいるのであって、決して身に付いていない。それは全部の学生というわけではないが、非常に多くの学生がそうである。入学時の成績は良いはずなのに、簡単な力学が3年生でもできない。むしろ受験問ぎわの高校生の方が確実にできるのではないか。

高校での勉強の仕方をそのまま大学時代まで引きずっており、ようやく卒業研究などで先生とマンツーマンになったときに少し自分で考えて何かをしようという気になる。せっかくの大学4年間のうち、本当に有効なのは1年間という感じになっている。これには問題があるような気がします。我々も最初は、力学、電磁気学などの古典の物理学、その次に量子力学などの現代物理学、加えて工学系なので、その上に物性などの工学的なものをつみ上げていくわけです。大学へ入ってきた学生に講義などで、ただ覚えることによって単位が取れるというやり方について、我々も確かに変えていかなければならないと思うが、しかし、その1歩前の高校の方から変えていかなければならぬ。なぜなら、勉強の仕方とか、くせは簡単にぬけないようである。学生にとっては変えない方が楽であり、大学では勉強の仕方が違うといつても、速やかに変えることは大変ではないかと思う。

加藤 入試を通すために、とかく高校では物理を暗記科目のような教え方をしているのは問題ではないか、というお話しでしたが、これは古くて新しい問題ですので高校側としても一言あるのではないかと思います。

木村先生いかがでしょう。

木村 いまお話しのことに関連していえば、まったくその通りではないでしょうか。僕たちは物理の中味がわかるように教えたいと思っているが、結果的には $F = m a$ の m にこれを代入して……、という具合に原子のところまで教科書で授業を終えてしまう。結論を言えば、理科Ⅰを教えているときから言っているが、物理ができるということは、問題を解いて答えが合うということではなく、具体的な力がはたらいて実際に物体が動き出して速さがだんだん増すとか、あるいは減っていくように、1つ1つについてイメージがはっきり頭の中に描くことができることだ、ということを強調するのですが、実際にはなかなかそのようにいかない。結局、機械的に式に代入して、1次方程式などを解いて答えが合えば生徒は物理ができたと思うし、我々もそれで100点を与えててしまう。

物理実験についても、実験そのものは考える要素が非常に多いわけだが、我々が実験方法をすべて教え、生徒は機械的に黒板の式を見ながらひたすら答えを出すという実験は本当は意味がないわけですが、南高ではそれすらなかなかできない現状にあります。生徒にしてみれば、模擬試験で何番をとり、北大や東大に入るかということに最大の関心を示す。だから一応我々は教科書のすべてを教え、問題解法上の注意をあれこれすることになる。だめなことだと思うが、そうならざるを得ない。生徒にしても、そのようにして問題を解けるようになって大学へ入っても多分大きなギャップを感じることになるでしょう。運動方程式を我々は微分方程式としては教えないが、大学ではすぐにでてくる。生徒にとって同じことを勉強しているということは、きっとわからないでしょう。高校で習ったものをただ数学的にきれいな形でまとめてある、ということがついにわからず、高校は高校、大学は大学という断絶したままで勉強することになる。

加 藤 西高の現状を少しお話します。私などは物理をできるだけ暗記科目でない形で、考え方のところをしっかりさせたいという意識が無いわけではない。ところが問題を解くときにはいちいちベースになる考え方から全部積み上げていくと時間が足りなくなってしまう。場合によっては丸暗記的な指導をすることになる。それから現実に、あまり成績が悪いと先輩と称する人からお叱りがくるものですから、やはりある程度の合格者はおさえなければ、ということになる。その意味では、そのあたりのサジ加減をかなり気にしながら教えているという感じです。ただ、物理というのは考え方の大切であるということを3年生の後半になって、微積分がある程度わかる段階で、一応微分方程式の形で2階の線形のところまでやるわけですが、ほとんどの物理の問題がその範囲に含まれるということを話すことになっています。

坂 田 本校は南高や西高とは生徒の質がまったく違う学校です。私も今のお話と同じように、物理は暗記科目ではないし、問題が解けることが物理の理解と考えていません。物理的な考え方の大切であるし、受験の枠にはまらないで、できるだけ発展性のある授業ということで、高校の範囲を逸脱することがあっても、ここは受験に関係がないと前置して話しをすることにしている。先日、コイルに蓄えられるエネルギーを計算するのに微分方程式を立てて見せたら、放課後に「感動した」といってきた生徒がいました。毎年同じことをしているが、このように言ってきたのは2人目ぐらいです。南高や西高ではもっと感動する生徒が多いでしょう。今、原子のところを教えていますが、やはり量子力学のシュレーディンガーの方程式ぐらいまでは黒板に書くようにしています。

ただ、校長をはじめ先生方は1人でも多く国立大学に入れなければならないという至上命令があり、毎週のように模擬試験を実施して、結果が出るたびに 例えば西陵

高と比較してどうかという話しになり、どうしても点数を取らせなければならないことになる。その意味で非常にせちがらいといふか、それが現実です。

加 藤 今のお話で、物理の授業で感激するものが何名かいるといわれましたが、木村先生のところではどうでしょうか。

木 村 感激したと言ってきた生徒は、残念ながら1例もないけれど、時には「眼を輝かせる」という文学的な表現はできないが、真剣に聞くとする生徒はやはりおりますね。我々が勉強したことが生徒には伝わりますから、大変幸せな学校で授業をしていると思います。

加 藤 先ほど、高校の物理のレベルをおさえると、大学2年生ぐらいまで中味として加えなくともよいのではないかという発言がありました。もしそうであれば物理本来の考え方などを、専門への橋渡しとしてその間に指導できるのではないかともいえるわけですが……。それから、専門と教養とがオーバーラップしていて、分業的機能が少し弱くはないかという話しもありましたが、そのあたりについて中島先生いかがでしょうか。

中 島 この支部ができるからずっと20年ですが、その間にそれなりには整理されてきたと思う。ですから、役割分担そのものはある程度スムーズにいくようになってきたのではないだろうか。ただ、学生がどの程度理解しているか、また、教育的効果がどうであったかということでは、学部の先生の話を聞いて、なるほどと思うことの方が多くて、結局我々の努力が足りないということなのでしょうか。

学部へ入るとき競争しなければならないというのは、うちの大学と東大だけだと思いますが……。つまり、大学にきたんだが、まだこのさきに競争が待っているということです。悪い言い方をすれば、また入学試験があるという意味で、高校の延長である。一方の見方をすれば、学生は点数に対して敏感であるといえる。

座談会 これからの物理教育を語る

例えば、物理学科と初めから決っている者にとっては、なにをどうやっても物理学へ行くことになるわけで、そこでは、まったく手をぬく者、おもしろいから勉強するという者、これは大事だから勉強するという者、たてわりにするところの意識がはっきりでてくることになる。それから、全体で競争するということになれば入学試験と同じ態勢にならざるを得ない。ですから、そのような意味で一般性のある話になっているかどうかはわからないが、北大では数年前、共通一次の成績が下降したとき、学生はこれは大変なことになったという意識がどこでもあったが、その後何とか全国の中での学生のレベルとして以前の北大のレベルになったという感じがしている。従って、学生は割にそろっていて、それなりに真面目である、という点では良いが、昔はずばぬけたのが何人かいたわけだが、今は、そういうのはめったにいない。つまり、自分で勉強するとか、先ほどの福田先生のことばを借りれば、開発的な思考ができる者がいない。入学してこないわけではないが、教養のときにはあらゆる科目について手をぬかずに勉強しなければならないというハンディがあるために能力があつても、それを發揮する余裕がないというのが現状のようです。

入学試験では、1点でも差があれば合否が決ることがもっとも公平である、となっている世間の手前他の方法がないわけである。10人か20人の学生をピックアップするのであれば、朝から1日かけて面接を行えばできるが、そのような方法が使えない限り、何となく今の態勢の入学試験にならざるを得ない。正直いって、出題している方でも、自分で解いてみるとあれだけの時間内では解けないものが多い……。それを驚異的に8～9割もとる者がたくさんいるわけで、いかに日本の高校生の問題を解くレベルが高いかがわかる。そうなるためには必要な知識というよりも、一定の時間内に問題を解くという、暗記力その他を総動員

した、いわゆる受験態勢の頭の構造にせざるを得ない。ですから、それは作り上げられたものなので、いずれメッキがはがれることもあるかも知れない。

先日の新聞に日米の比較がされて、いちばん悪いのは大学であるとあったが、当事者がそのようなことをいうのはあまり良いことではないが、正にその通りだという感じはします。ただ私は、高校でそのような頭脳訓練をし、高いレベルに達しているということに「おんぶしている」という意味で今の日本の大学は良くないと感じている。

高校から大学への入試が今のようにきつい上に、大学がアメリカ流にきびしくなるとどうなるかというと、多分、今の日本の大学生は体力的に大学を卒業することができないでしょう。アメリカの高校ではのんびりと学校生活を送っていて体力もあり元気があるが、勉強のレベルは決して高くない。それを大学で日本の大学よりも高いレベルにしようというわけだから、アメリカの大学がいかにきついトレーニングをしているかがわかる。今の日本の青年の体力でアメリカの大学のようなことを行えば大学卒業後に会社に入ったとき半死半生で、元気よく働くということにはならないのではないかと思う。だからといって、日本の大学教育がよいというつもりではないのですが……。

また、現在は日本の社会の教育組織の方が少なくとも大学よりは実際的です。アメリカでは会社へ入ってきたらすぐ使われるわけで、大学に要求されるものが日本とはおのずと異なっている。これは社会体制、入学試験を含めた教育体制全体の問題だと思う。いずれにしても、入学試験が今の形態である限り、やはり入試が若い人たちの人生の閑門に成り続けていく、ということに問題がある。

加藤 かつてサッチャーがいっていたと思うが、ヨーロッパで創造されたものがアメリカで工業化され、それを真似した日本が一番うまくやっている。今後はオリジナルな面も

日本に負担してほしいと。外見ではなく中味としての国際性という点で、吉田先生、学部を教えてる立場で感想をお願い致します。

吉 田 私としては手づくりの実験装置によってのみ新しいデータが得られると信じていて、人の真似はしたくない方ですから、そのようなことを外国人にいわれるとカチンとするわけですが……。北大に限らず他の大学も同じだと思うが、確かに現状を見ると学生は能動的でないといえるが、一つ問題なのは企業側があまり大学に期待していないということです。会社に入ってきてから育てるからいいということです。そして、企業の教育システムが非常によくできている。中島先生の話にもありました、アメリカの大学生は何故勉強するかというと、理由は一つで、就職ができないからです。就職したその日から仕事が与えられてしまう。日本では弟子のようにについて歩き、頭をこすかれながら次第に成長していくというプロセスが用意されているが、アメリカにはそれがない。その理由の一つとしては、アメリカでは工学部の卒業生が年間7万人といわれるが、アメリカの人口の半分である日本では6万人もいる。イギリスでは1万人かそれ以下という。技術者の数に圧倒的な差があり、日本ではそれほど急がなくともアメリカなどには十分たちうちできる要素がある。

ところで加藤先生の質問に直接答えますと、最近では応用物理の成績が上がったこともあります、私が教えている学生には非常に優秀な者が多いということです。できる学生は本当に良くできる。これらこれ言わなくても自分で勉強する。その意味では先ほどの皆さんの話しに合うような答えにならないかも知れませんが、現状はそうです。

飯 田 学士会の会報に次のようなことが載っています。今の子供の眼には歯きがない。ものごとに感動しなくなっているのは身体を動かさないで頭だけを使うことの結果であ

る。人間は心身一体であって身体も使わなければいずれ心もおかしくなってしまう、東工大のある先生はいう。身体を使う試みとして、学生に対し、単1の乾電池2個によりひとりの人間をのせて動く車を作つて走らせてスピードを競う、という課題を与えた。学生たちは与えられた一定のエネルギーで、よりスピードを上げるためのアイディアを出しあつて作った車を走らせるときには、わきにわいたという。電気が嫌いであったがその後好きになったという学生もいる。このようなことができれば本当に良いと思います。教育というのは、答えがわかることを教えるのだが、先生も生徒も解答がわからないことをやるためにには先生は知識や洞察力や自由な精神も必要であるし、また、それに答える学生もかなり優秀でなければならないのかも知れないが。今の子供達は前頭葉の働きがだんだん鈍くなり無気力なので、活気を持たせる教育的配慮が求められる。

吉 田 ほとんどの子供にそのようなことを望んでも無理だと思うが、大事なことは、かなり優秀な子供でさえ受験戦争にまき込まれ独創的な考え方ができなくなっているのが問題だということです。このあたりが、アメリカと日本の違うところである。アメリカでは物理や数学を大学で勉強したいという人はあまりおらず、ほとんどが東洋人です。数学では東洋人が50%を越している。大学院は東洋人のためにあるようなものです。日本でも自分に合ったもの、自分が本当にやりたいものを自由に選ばせたら、こんなにたくさんの学生が大学へ行くことはないと思う。本来、創造的なものに合っている人間はそんなに多くいるはずがないのです。創造的な人間を作ることが日本の将来の方向だというが、それを全生徒にさせる必要は全くないわけで、そのような子供達をつぶさないようにすることが大切ではないだろうか。

中 島 入学試験の制度が異なるので、アメリカと日本に違いがあるのは仕方がない。アメ

座談会 これからの物理教育を語る

リカやカナダの大学では、例えば物理・化學には何百人の学生が登録されているが、スタッフの数をみると北大とそれほど違うわけではない。だから、今の日本の大学と同様の教育をそれらの全ての学生に当てはめることは不可能であって、ほんの20~30人のものが特殊なコースの中で行うことになります。日本流に言えば差別をしているわけです。大学が要求した科目を要求した点数を取っている者はそのクラスにとどまれ、それが4年間継続した者のみが先生と共に卒業研究ができる。日本では、そのようなクラスと形だけで教育されている。北大の土木や機械では100人近くの学生がいて、昔の20~30人の特殊な学生に対してと同じ教育を相変わらず行っているわけで、学生の方も、教える先生の方も迷惑しているのではないかと思います。

日本においては、学生を区別することは良くないこととされていて、いわゆるとび級のようなものは制度として認められていません。だから、中学でも高校でも、できる子供に対しては足踏みさせているし、入学試験よりもっと高いレベルの勉強ができる、それよりも正確率が少しでも高くなるようなトレーニングをしている。それは非常に無駄なことで、そのような生徒は無試験で入学させてよいのではないか。そうしないと世界に通用する人材はこれからはでないでしょう。

加藤 問題点がいくつか出されました。いずれも、ここで簡単に結論が出されるものではありませんが、改善策としてどのような方向が考えられるでしょうか。高校でも確かに90%以上が入学するようになりましたが、依然として古い時代の高校のレベルを維持しようとすること自体が無理である、ということから「弾力化」がいいだされ、必修科目がどんどん減ってきました。そのため物理の履修者が大幅に減少したということがありました。ひと昔前の学生にくらべて、今の学生の能動的な力が不足しているとすれば、日本の高校数が増加しており、かつ

学力上位の者から大学へ入ってくるものとすれば、生徒の学力そのものが低下しているとは考えにくく、従って、高校の指導法を今後考えなければならないことになる。改善の方向として何かお話し願いたいのですが……。

三好 ここに出席されている大学関係の人は理工系ですので、物理は重要であると考えられていると思いますが、全体の分野からすると少数派といえるでしょう。私が関心を持っているのは、高校で物理をとってかなり良い成績をおさめ、大学ではあまり物理を必要としない方向に進んだ学生がどの程度物理についての学力を持っているかということです。大学で物理が必要な分野に進んだ学生でさえ学力が低下している。つまり、高校で勉強した物理が卒業してからほとんど役に立っていないのではないかということです。物理が役に立つような分野へ進んだ者は別にして……。生物や化学などでは実際的には物理よりも役に立っているようにみえ、より日常生活的のようである。

数年前から高校での物理の履修者が減少しているという危機感が話されていましたが、物理をとらないのは、やはりおもしろくないからではないか。「おもしろい」というのはいろいろな見方があり、知的興味のハイレベルなおもしろさもあるが、実感がない、実体に即していないことである。工学部の北村先生が言われるよう、物理は抽象概念ばかりだから難しいのは当然、という考えが一方にはあると思うが、大多数の若い人に魅力を持たせるにはそれは適当ではない。

高校の教科書のレベルを下げる、大学入試の物理の問題を作る先生が困るということもあります、少数トップレベルの生徒は別として、大多数の生徒にとってはもっと自然が理解できる教科書が作られなければならない。高校の大半の教科書は大学の理学部の物理学科の先生が書いており、あのような教科書にならざるを得ないのかも知れないが。また、カリキュラムが変れば

大学の入試問題の形も変り、したがって、高校の授業の方法が変わってくる可能性もあります。

加 藤 入試の問題が出されましたか、福田先生いかがでしょうか。

福 田 入試を大幅に変えるということは、浪人をしている人のことなどを考えると非常に難しいと思います。

学生を見ていて思うことは、例えば力学で $F = m a$ に数値をたたき込んで答えを出させる問題についていえば、あらゆる問題について訓練しておけば所詮数が知られているので大学入試のどれかにひっかかります。出題の範囲は決っているわけですから。しかし、それでは何もならないのです。

$F = m a$ の式は忘れてしまっても良いわけで、要するにある質量のものに力を加えれば加速度が生ずるという感覚の方で試験ができるといいと思いますが、実際には出題する方にとってはこれは非常に難しいことです。

加 藤 共通1次に関するアンケートにもありますし、私自身も常々考えていることですが、練習さえしておけば解けるという問題ではなく、子供達が接したことがないような材料を使った、しかも計算が長くなくそれほど難しくないが、材料だけは新しい入試問題がほしいということです。限られた材料からの出題だと予備校に通っている生徒にかなわない。生徒達は見たことはないが、しかし基本がおさえられているというような問題を高校の側から期待するわけです。

中 島 努力はしているのですが、我々の頭の中ではやはり「安全性」が優先されてしまうので、何となくどこでも同じような形の問題になってしまいます。つまり範囲を逸脱していないかという……。どの生徒にとっても共通の地盤である領域から誘導尋問でだんだん領域外へ引いていっても良いと思いますが、それをやると必ず叱りを受けてしまいます。ですから、もうそろそろ自動車の免許の試験と同じように、例えば500題の問題の中から数値を取り変えなが

ら出題し、できていれば合格にするということにしても良いのではないだろうか。彼らはそれだけのトレーニングをしているわけですから。

飯 田 学生の側では問題をパターン化しパズルと同じように、この問題はこのパズルの解答を使えば良い、という具合に、要は総合点が高ければ合格できると考えているわけですが、大学側としてはそのようにして入学した学生で結構なのですか。

中 島 大部分の先生がそのように考えるかどうかは別にして、北大の入学生は受験した生徒の3分の1以下ですから非常にせまい範囲の点数に限られている。ですから学生間の能力の差はそんなに違わないわけです。朝早く並んだ順に入学させるというわけにもいかず、結局1点でも多い者が、ということになる。もし、受験生が少くなり、しかも入学した学生ではこれまでの水準を維持することができないとなったときにはもう少し別な対応をするでしょうが。

三 好 うちの大学の場合でいうと、知識の量は問わない、と考えています。知識ということになれば大学で必要なすべての科目的試験をしなければならないし、足切りもしなければならず、それはできない。知識を問うのではなく、高校時代にしっかり勉強したかどうかが問題である。大学の勉強についていけるかどうかは努力する能力であって、今何か知っているかということが重要なではない。

福 田 学生を見ていると高校、そして中学へ下がって考えなければならない問題がでてきていることがわかるのです。日本の教育がアメリカよりすぐれている、というのはあたりまえのことであって、上の学校へ進むごとに閑門があり、それを成就するという目前の目標があるわけですが、大学へ入ったらそれがない。とたんに目標がなくなるので大学生の学力が伸びなやむのは当然で、大学の上にもう1つの学校があったら同じように続いているはずです。それともう1つは、入学した学生をみると、例えば応用物

座談会 これからの物理教育を語る

性などは物理系ですから、本当に物理に向いていないと私が感じるのは半分ぐらいだということです。自分は何が好きかということについて、大学に入ったころになってようやくわかるようです。小学生以来どの科目も平均して成績が向上するように指導されているから、自分は何が好きで何が得意であるかを知らずに大学へ入り、非常に程度の高い勉強をしたときに初めて自分は物理に向いていないと気がついたりする。このような学生と、伸びようとする学生との平均のレベルで教えることになるから、ぬきんでている学生をスパイルしてしまう。これは入学試験以前の問題です。

吉 田 大学側としては物理だけでも良いからぬきんでている生徒がほしいわけですが、そのような生徒はいない。親はどの科目も平均して勉強させようとするし、例えばパソコンをしようとすれば身体に悪いからといい、スポーツをすぎると止めようとして芽をつんてしまう。親が悪いのか社会が悪いのか、問題の根底にあるものについてまだ議論されていないような気がします。

加 藤 昨年の北理研のスローガンというか主題を「個性と創造性を伸ばす」というように変えたのは、そのような点が問題化されたためです。今問題として上がってきたのは「個性」ということですが、入試制度で見ますと日本の大学でも数学とか物理がとびぬけていれば1定の割合で入学させるというところもあります。これをすぐ多用されると問題があるのかも知れませんが……。

福 田 今の状況だからこそ数式的でない入試問題ができればといいい方をするわけです。もし、子供達が小学校の頃から自分の興味あるものの中から疑問を持ち、次第に物理へ志向していくという育ち方ができる社会であれば、現在の入試の形でも決しておかしくはない。ところが今のように平均化されているから、現在の試験がおかしいと見えるわけで、試験そのものがおかしいのではないような気がするのですが。

加 藤 教育には二律背反の要素があり、どんな

制度であってもその欠点をサポートする心がまえが我々の側にあればある程度制度上の弱さがカバーできる。逆にいと、本当に良い制度というものは、あるいは無いのかも知れません。そうなると基本的にはやはり親の教育ということになりますか……。

木村先生におうかがいしたいのですが、共通1次でいいますと、大して苦労もなく900点ぐらい取ってしまう生徒がいれば、700点を取るのがせいいっぱいであるという生徒もいて、そのあたりを我々が見きわめて個性を伸ばすための配慮が高校の側が必要なのかなと思うのですが、いかがでしょうか。

木 村 南高は道内で高校入試点が一番高いという生徒がきますから、非常に優秀な子供もいるけれど、来てみて感じたことは以外にできない子供もいるということです。というのは、中学校までたたくにたたかれ、すっかり伸び切ってしまい南高に入って安心し、どんどん進む授業についていけないという生徒が以外に多い。私は現在1年の担任をしていて2度ほど父母懇談を行いましたが、親の関心は成績とか大学合格の可能性のみで、生徒の人格的な話をしても受け付けません。それでつい勉強の仕方とか、成績向上の話になってしまい、さきほどからいわれている意味の個性のない生徒を作るのに自分も手を貸しているし、親もまたそうである。しかし、親に責任はないでしょう。親がそれを望むのは日本の痛烈な学歴社会を常日頃感じて、自分の子供をどうしても、ということになる。そこまでいくと日本の社会構造を変える話になり、とても我々の任でないし、ここで議論してもはじまらないと思う。やはり現状の中で考えざるを得ないのではないか。

私は奥尻高校に4年間いましたが、本当にピンからキリまでの生徒がいて分数計算や簡単な一次方程式も解けない者もいるわけです。ですから、それらの生徒に対して化学や物理の何を教えるべきかを真剣に考える。南高では無反省にただ教科書に従っ

- て教えるわけですが……。奥尻の生徒はほとんど進学せず、スーパーや自動車工場などに勤める者が大半で、それらの子供に物理を教えるということはどういうことなのか。また、教科書を教えるだけなら全く意味がない、と考えてしまう。できるだけ実物を使って授業をし、少しでも自然の法則性に興味が持てるように工夫するわけですが、なかなか思うようにはいきません。
- 加藤 北高の斎藤先生がスタッフを集められ、「地域性を生かした物理教育」を検討しておられます。斜里高校の定時制の穂積先生が奥尻高校と似たような環境で教えてします。
- 地域に密着した材料、身近かな材料というものが、改善策とまではいえないまでも、何かある一つの方向になると思いますね。
- 地域を生かすと言う点ではどのようにお考えですか。
- 飯田 國際化と言われる時代にオリジナリティを出せる人間がどれくらいいるでしょうか。日本の今までの教育では個性を育てる教育が片手落ちだったと言わざるを得ません。
- ただ、個性を伸ばす教育は全員に必要なではなくて、ある程度優秀な生徒の集まった学校で必要なのではないかと思います。何でも平等にしなくとも良いから、非凡な人間を非凡と認めて、エリート教育が必要なのではないでしょうか。
- 加藤 個性にはエリートとかそう言うものは関係なく、全ての人に必要なのではないだろうか。たしかに画一的と言うのは日本の教育の良い面とまずい面と両方あると思うが。
- 中島 日本では個性が人によって違うと考えず、個性イコール人間の価値を考える傾向がある。だから、何でもいいから東大に入れば良いと考えてしまう。
- 加藤 大阪大学の内山先生がおっしゃっていたことですが、子供に「やればできる」と言っておだてるようなことはやめた方がいいのではないか。個性なんだからダメなものはダメと指摘してやる方が本人のためだ。あまり子供をおだてるから日本の教育がおかしくなるという訳です。
- 三好 子供達は分っていますね。仲間打ちでは「あいつはできる」とか、お互いに認め合っていますよ。
- 加藤 そうすると、大人が問題ですね。
- 中島 大人が社会体制を考えて、その辺からおかしくなる。
- 吉田 大人は社会を知っている。「突出するものは必ずぶたれる」ということを子供に教えようとする。だからその結果は押して知るべきですね。
- 三好 話は変わりますが、子供に実験をやらせる時、子供が自由、勝手に実験を進め、どんどん発展してゆく時がありますが、このような時は、決して怒るべきでありませんね。まだ、やった事をレポートさせるほうが良い。
- 中島 それは一番生徒を抑圧することになるのでは。
- 吉田 教育のベクトルの方向をそろえてしまうと駄目ですね。教育というのはベクトルの方向をそろえなくても成り立つものですね。それを無理やりそろえるからおかしくなる。彼に向いているものを見つけてやることが大切です。そういうことを見通してやるのが教育のプロフェッショナルだと思う。
- 三好 集団教育は幼稚園から行っている。これは恐ろしいことだ。
- 中島 PSSCの活動が30年たって反省されているという記事がありましたので、これについてお話しします。
- 第1点は、たとえ目標がどんなに立派でも改革を継続することは、大変難しいということ。自然科学に限らず、教育で一番大切なのは先生である。アメリカで一番困っているのは、物理の若い先生が減っているということである。次に、答えがオープンになるような問題形式で教育を行うのが望ましいのだけれど、教師にとって負担が大きすぎるということ。物理学者のかいた教科書が本当に良い教科書なのだろうかと言うこと。最後に教育にとって必要なのは、熱意のある人、時間、お金、この三つであ

座談会 これからの物理教育を語る

る。北海道支部にとってはいずれも困難な問題ばかりで新春座談会としてはいささか、えない話しになってしましましたので、どなたかもう少し明るい話しで終わるようにして下さい。（笑）

加 藤 この座談会は何も結論を出さなくとも良いわけですので、自由に意見をお願い致します。

福 田 物理に魅力のあるカリキュラムにいかなければいけないと思います。

我々は物理が好きな人間だから、本当は駄目なので、物理に挫折した人間の意見を聞きたいですね。物理に失敗した人間から「どうすれば物理が面白くなるのか、物理にやる気が出てくるのか」を聞きたいですね。

三 好 高校の先生がかいた教科書を多くの学校で使用してはどうか。

吉 田 物理の評価は5～1の点数でする必要はないのでは。もし、他の評価法がないのなら評価などしなくても良いのでは。

三 好 私は看護学校の生徒に物理の随筆をかかせています。そう言うので評価しています。

木 村 各学校で教える物理を生徒に合わせてどんどん変えていいければ良い。

奥尻ではフェリーの欠航が重要なので、天気予報や天気図を物理でやると面白いんです。僕ら自身が一つの物理像を持って教えれば良いが、それには僕らがうんと勉強しなければならない。

加 藤 司会としては、あまりまとまりませんでしたが、今後に課題を残すと言うことで…。

飯 田 最後に一言。やはり、皆さんは、物理と言うのは重要な科学で、高校でしっかり教えて欲しいと思われるのですか。

福 田 今の半分で良いから、自然法則が身体にしみ込むような形であれば良い。あとは大学で……。ただ公式をたくさん覚えても意味はないのでは。

加 藤 時間が参りました。将来につながる御提言をいただきましたので、今後これを整理して、北海道の物理教育に生かして参りたいと思います。先ほどの話ではありませんが、お金はありませんが熱意はありますので、がんばりたいと思います。今日はどうもありがとうございました。

———
ていー・るーむ
———

釧路湖陵高等学校 河 合 一 也

理科教育センターを出て早や 6 年が過ぎました。この 6 年間、定時制の物理、津別では数学を教え、釧路に来てから、初めて理科 I の物理・化学領域を担当することになりました。津別の数学では習熟度別学級編成で最下位層の生徒を相手に、分数や小数の計算指導に随分時間をかけました。しかし、高校生になってから、小学 4・5 年生の数学を教えることは、考えているよりもずっと難しいことが判かりました。教えた直後は理解できても数週間も経過すると、ほとんど白紙の状態に戻ってしまいます。小学生と異なり、生徒をとり巻く環境が複雑化しており、教える側が期待するほど、生徒は集中できない状況になっております。学習の適時性が大層重要であり、適切な時期に、適切な教材を使って十分時間をかけて指導することが大切であると思います。

釧路に来てからは、この地方で最も学力の高い生徒を相手に理科 I を教えることになりました。ほとんどの生徒が記憶力に優れ、設問に対する反応がきわめて早いことが判りました。授業も真面目で、課題や小テストへの取り組みも真剣で、教師にとっては誠に指導し易い生徒達です。しかし物理の法則や原理を覚え、沢山の知識を持っている生徒達が、身近に起こっている事象を考えるとなると、全く手が出ない有様です。全く新しい形の問題や、少し複雑な応用問題については、初めから飽らめてしまう傾向があります。きわめて、スマートで恰好が良いのですが、粘り強さに欠けています。応答速度を争うような問題ばかりで訓練されてきたような感があります。中・高等学校の理科では、もう少し結論を出すことばかりを急がずに、じっくり考えさせる教材を用意する必要があると思います。

私自身もう少し教材を検討してみようと思います。

旭川西高校 松 村 勲

その 1 母校

26 年ぶりに母校にもどった。

西校という名前は変わらないが、伝統と思っていた「自由」と「創造」の精神が薄され、「規則」と「責任」を重んずる学校に変っていった。もちろん校舎も木造からコンクリートへ。生徒もパンカラから 5 徒順に。

何からのたりない。新人類といつてしまえばそれまでであるが。何か失なわれた事だけは確かである。この現象は本校ばかりではないと思うが。

その 2 理科 I

理数科の設置校である。全道で 6 校あり、各都市の受験中心校に設置した理数科は、いわゆる出来る生徒を集めたが、本校では、普通科の方がレベルが高いと、父母には思われている。

普通科の理系との差はほとんどなく、あえて言うなら、1・2 年次に体育が少なく理科が多い。もちろん女子の家庭科はない。

今、私は理科 I の物理・地学分野を 4 単位で指導しているが、理科 I に対する苦痛は今は無い。実験で内容を深め、演繹的な授業が出来るのが理数科の魅力であり、時間的なゆとりがありがたい。

その 3 伝統

伝統ある学校には古い機器も多い。教材からはいずれ使われなくなった光学台。エレクトロニクスの急速な進歩とともにない、性能的に問題が残る真空管を使った電波実験器。教師の無計画、思い付きで購入したと思われる機器等がホコリにまみれて棚に列んでいる。何んとなくもったいない。その学校で必要な実験テーマを決めて購入すべきであろう。だれが来ても使える機器を用いた実験を創るべきであろう。今実験プリントを作成中である。

その 4 清掃

物理の教師が赴任した場合、まずその学校にある機器を頭にたたきこむ必要がある。そのためにはバケツと雑巾を持って清掃から始めるのが手取り早い。人間は一年たつと窓のよごれもホコリも気にならなくなるから恐しい。

前任校（名寄高校）でも清掃に一月かかったが

西校ではさらに一月かかりそうだ。

11月に旭川医大の機器センターを見学する機会を得た。主に電子顕微鏡を見学したが、ホコリ一つない整理された部屋に感心した。さらに設置（47年度）したとき導入した真空管式の透過電顕で1万枚近くの写真を写すとの説明にびっくり、さらに専任技師が整備しているとはいえた真空管の補充（作ってもらう）に3ヵ月かかるとのこと。機器は大切に使いたい。

その5 レポート

一年生に比熱の測定をさせた。使用した水熱量計が私が在籍していた以前からあった古いものであったが、ほとんどのグループの相対誤差は5%以内でおさまった。

生徒のレポートの感想に

「昔の物でも立派に実験を行えるのだと思った。」

しかし、現在で最も新しい水熱量計を使うといつた誤差は何%になるだろうか。私は0.5~1.0%になると思う」

と書かれていた。誤差についての指導を別にして生徒も古い機器に興味があつたらしい。又別のレポートには

「僕の父も西高出身、お父さんもこの水熱量計を使って実験したのだろうか」

何んとなく、親子の対話・親子のふれ合いを感じられた。

またたくうちに一年が過ぎようである。今の若人に失なわれている何かを発見する喜び、物を創る喜びを与える授業をして行きたい。むかしの活気ある西高を目指して。

学会ニュース

第4回物理教育研究大会

本学会主催の第4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62年8月22日(土)・23日(日)

場 所 北海道大学法学院講堂(1F)

内 容 8/22(土)

12:00～13:00 受付

13:00～17:00 原著講演、ポスターセッション

18:00～19:30 懇談会(クラーク会館、会費3,000円)

8/23(日)

9:00～10:30 原著講演、ポスターセッション

10:30～12:30 特別講演

(1) Dr ブラック(ロンドン大学教授、ヨーロッパ物理教育学会会長)

(2) Mr スコット(英国高校教師)

参加費 1,500円

発表申込締切 5月末日

申込先 日本物理教育学会北海道支部事務局

(063) 札幌市北区北13条西8丁目

北海道大学工学部 TEL 716-2111(内6723)

第30回北海道高等学校理科研究大会

日 程 昭和62年7月26日(日)・27日(月)

場 所 札幌平岸高等学校(062札幌市豊平区平岸5条18丁目 TEL 812-2010)

主 題 豊かな個性と創造性を伸ばす理科教育

副 題 1. 理科教育におけるコンピュータの効果的活用

2. 身近な素材で展開する理科教育

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＊、＊＊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・写真的場所指定は、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. その他の

- (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62年6月4日発行

日本物理教育学会北海道支部

第15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)

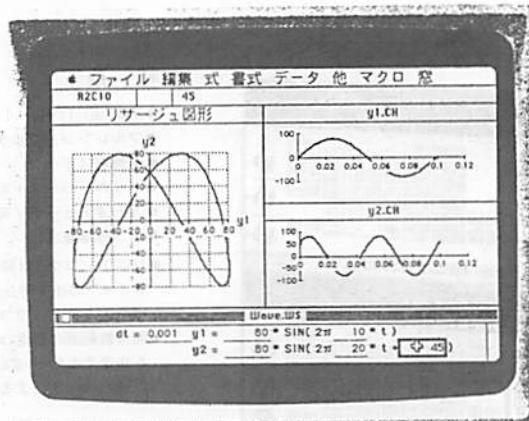
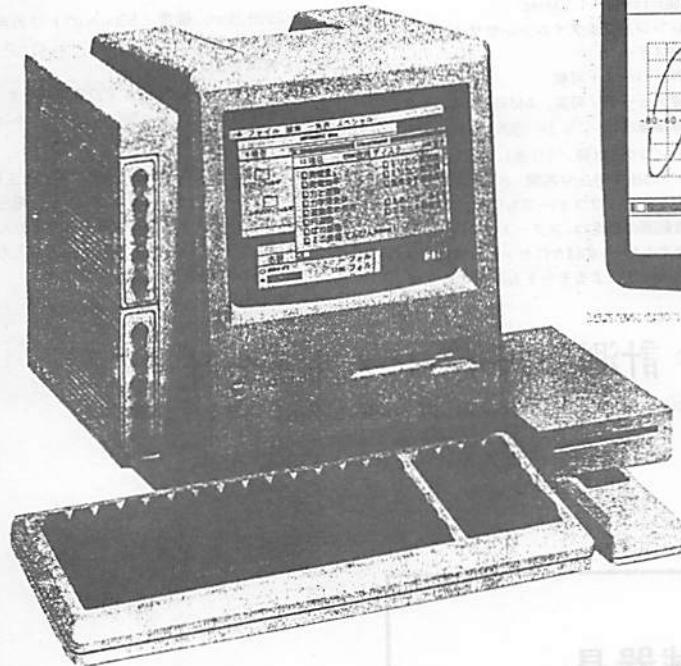
印刷所 北海道文化社 電話(011) 512-9737

教育に島津が選んだパソコンは マッキントッシュ

島津とアップルの提携がマックススクールをつくりだします

Shimadzu MacSchool

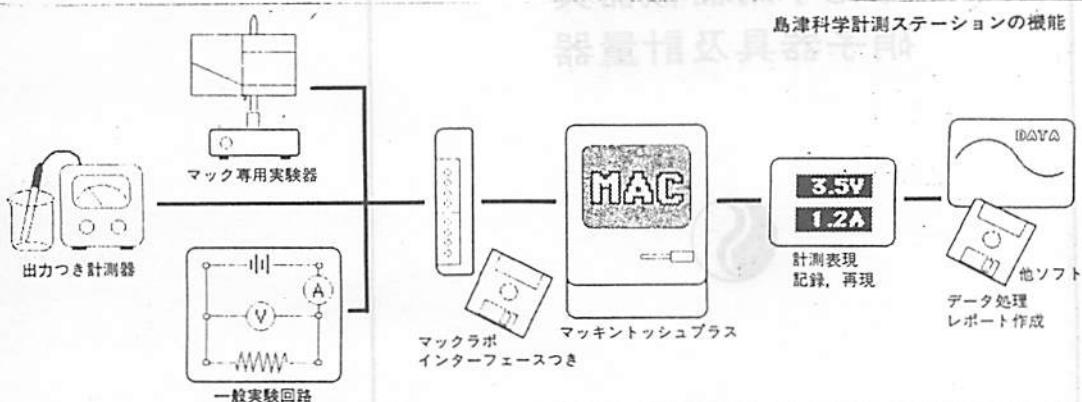
科学計測ステーション



どんな実験にも使える
オリジナルソフト・マックラボを開発

マッキントッシュの理科実験での利用を目的に、島津が開発したオリジナルソフト・マックラボ（インターフェースボックスつき）による実験システムです。マッキントッシュの他のソフトと同様に、計測表現ツールとして高レベルの汎用性をもち、小学校から高校・大学まで使い方しだいでどんな実験にも利用できます。もちろんコンピュータの知識は一切不要で、生徒も自分達だけで使えます。

島津科学計測ステーションの機能



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

エヌエフ ワイド ファンクション シンセサイザ

1930は、0.1MHzから1.2MHzの全域にわたって、しかもどんな動作モードでもシンセサイズされたフルレンジフルタイムシンセサイザ。その周波数確度は5ppm(0.0005%)と驚異的です。そのうえ、5つの基本波形、多機能スイープ、バースト、ゲート、デューティ可変、AMなど、従来のファンクションジェネレータの高級機種の機能を備えています。もちろん、全ての設定はデジタルですから、設定誤差解消!!



特 長

- 広帯域0.1MHz～1.2MHz
- フルレンジ、フルタイムシンセサイザ
- 多機能スイープ
- トリガ、バースト可能
- 方形波デューティ可変、AM可能
- 出力振幅確度1%($\sim 3V \sim 30Vpp$ 1kHz)
- リニア／ログ、単発／くり返しなどはもちろん、スイープの途中停止や再開、さらに2周波数間を切換えるステップスイープも可能です。
- 周波数範囲の設定は、スタート/ストップ周波数を指定するモードのほかにセンタ周波数とスパン周波数の指定によるモードも選択できます
- 1μsec～2999.9sec、確度±50ppmのトリガ用サブ発振器を内蔵しておりトリガ、ゲート、バーストに威力を発揮します。
- バーストは、1波から65536波まで設定可能で、いずれのモードにおいても±360°の範囲でスタート(ストップ)位相を設定できます。
- 出力振幅は誤差1%($\sim 3V \sim 30Vpp$ 1kHz)と正確ですのでオシロスコープでモニタしたり、電圧計でキャリブレーションする必要もありません。
- しかも、pp、rms、dBV、いずれの単位でも入力でき、出力は30Vpp(OPEN)まで可能です。

KRS 計測理研サービス株式会社

〒060 札幌市中央区北6条西10丁目3番地 安田ビル2F

電話 281-4322 番

FAX 281-4079 番

理化学用器械器具 硝子器具及計量器



有限会社 **サンブク** 久商会

〒001 札幌市北区北15条西2丁目30番

TEL 011-716-0448

