

B
I
S
T
R
Y
K
O
R
E
N
K
A

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

Vol. 21, 1993. 4

目 次

卷 頭 言

「危機」だからこそ「夢」を見よう 奈良英夫

解 説

近未来のエレクトロニクス 1 武笠幸一

高速フーリエ変換とその物理教育への応用 9 小野寺広樹

下山雄平

報 告

「レオナルドダビンチ大発明展」(札幌会場)を解説して 14 山田大隆

研 究 論 文

Langmuir-Blodgett Film の構造と物理教育への応用 18 北井岳史

下山雄平

あたしい基礎物理学実験の試み 23 矢作裕

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態 28 鶴岡森昭

山田大隆

会 議 報 告

アメリカ理科教育学の現状とS T S教育 40

-NSTA40回年会の内容と米国国内の科学社会学教材開発-

山田大隆

ティー・ルーム

近況報告 中島春雄 47

物理教師その2 秋山敏弘 48

考えることをやめた人達 福田明治 49

近況報告 一口芳勝 50

物理離れを離れて 橋口泰久 50

卷頭言

「危機」だからこそ「夢」を見よう

北海道支部長 奈良英夫

青少年期における理科離れの加速度的な増加傾向～科学教育（わけても物理教育）の危機が指摘され、関係者の間で聲高に語られるようになってから久しい。こういった状況を憂慮する動きが、少數の関係者から関連する多くの学会や社会の各界各層へと拡がり始め、日本の科学技術進展の未来について真剣に心配する聲も、漸く社会の至る所で満ち溢れつつある、と言う見方もある。

しかし、本当にそう考えてよいのだろうか。そんなふうに事態を楽観していくよいのだろうか。物理教育学会が総力を挙げて（とさえ見える、さまざまな調査や呼びかけなどで）懸命に努力をしているにもかかわらず、事態は一向によくならず、例えば、小学生・中学生段階の国際（理科、数学などの）学力調査の結果の悲観的傾向はいよいよ強まるばかりであり、高等学校・大学の段階での学力（学習力）の質についての国際比較も惨憺たる状況が、一層深刻な課題として明らかになってきているというありさまである。

しばしば言われるホンネとタテマエの使い分け、ある意味で矮小化され、細部にわたる克明な検討比較をおろそかにしたり、行道する場合の責任回避的な傾向が、この（科学教育、物理教育、更には教育の営み全体の）危機を、慢性化している根源なのではないか、と考えずにはいられない。

学ばなければならないものは、学ぶべき時に学ぶ。自らの学習目標を設計し、選択する最終責任は、学習者自身にある。そのことは生涯にわたる学習の過程の、計画・実施段階における在りり方についての理想の具現した形の一つである、と言えるかも知れない。しかしこの議論のもたらした現実は、「学習者が適切な選択（進路、教科、領域、趣味、関心を持つべき事項、事象などについての）を、適切な時期・時機になし得るよう、それぞれの発達段階が適合していると見ることが出来るのかー指導者は自らの責任、更には責務、その時機になすべき自らの行道について、どのように考えているのか」という視座に立つ時、あまりにも恐ろしい結果であった、と思わずにはいられない。

日本物理教育学会北海道支部の活動は、会員同志の研鑽を積み、研究の交流を図る、という主たる流れの一方で、絶えず「次の世代のための科学教育～物理教育」を闇めることをその願いとして活動して来ている。

いま、「危機」を語り合う時点から一步抜け出し、青少年に（ある意味でシュガーマブし的な工夫ができるだけ溺れないで）素朴に堂々と（科学にかける私たちの）「夢」を語りたい、見せたい、（青少年と共に、体感する形で）夢を見たい。

北海道大学工学部電子工学科

武笠幸一

1. はじめに

本稿は去る1月30日電気学会北海道支部主催の市民公開講座「フロンティア：科学と技術」の講演を基に執筆したものである。高校生を対象に平易に話をしてほしいとの要望があったが筆者としては初めての経験であり悩むところであるが、以下の内容で話をすることとした。

2. 電子を箱の中に閉じ込める

何もない空間に電子を放すと、外からの力に応じて電子は自由に動くことが出来る。外から働く力に応じて、連続的にどんな速さにもなり得る。この電子を箱の中に閉じ込めると(図1)、どんなことが起こるであろうか。図2の様に電子のエネルギーはとびとびの値のみをとることになる。ここで図3の様な両

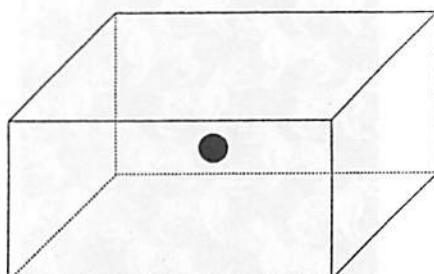


図1

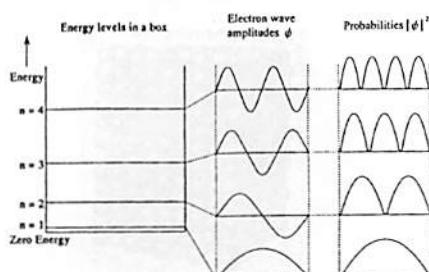


図2

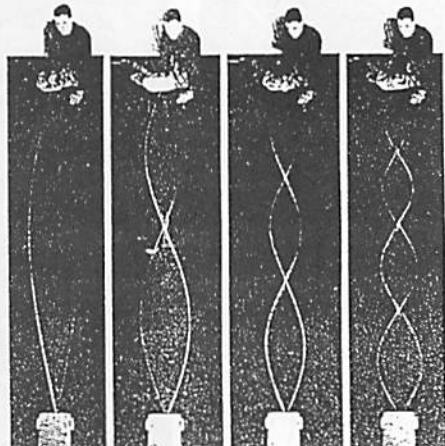


図3

端を固定した弦やひもの振動を考えてみる。弦に振動のきっかけを与えると、固定されている壁の間隔に対応していくつかの節が出来、波が生じる。固定端はいつも節であり、その間に全く節のないものであったり、真中に節が出来るものであったりする。勿論腹の部分が振動し、節の部分はいつでも節でこの状態は時間が経っても変わらない。つまり両端を固定することによって波の波長が決ってしまい、勝手な大きさの波長の波は許されない。従ってそのエネルギーもとびとびの値をとることになる。電子についても限られた空間に閉じ込めると、とびとびの波長のみが許され、エネルギーもとびとびとなる。これは電子が波としての性質をもっているために起こることである。電子が限られた空間に閉じ込められている例としては、水素原子がある。原子核と電子との間にクーロン力が働き、球対称の空間に電子は閉じ込められ、エネルギーはとびとびとなり、そのスペクトルは不連続となる。このスペクトルに名前がつけられてお

り、エネルギーの低い方から $1s$ 、 $2s$ 、 $2p$ 、 $3s \cdots$ と呼ばれる軌道に対応している(図4)。

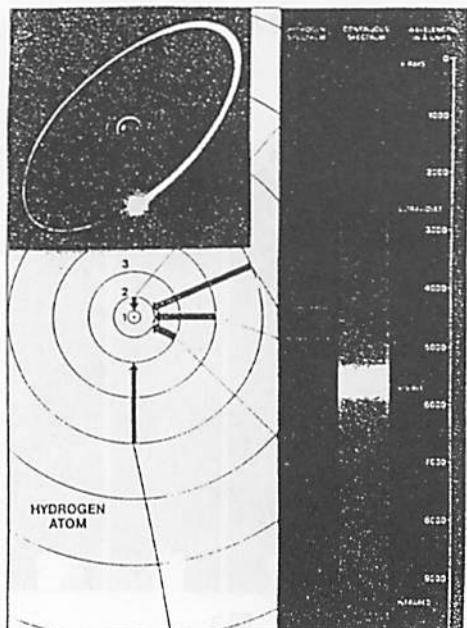


図4

次にこの様な水素原子を2個一般には原子を2個互いに近づけることを考えることにする。図5の様な1個の振子の共鳴振動数 ω_0

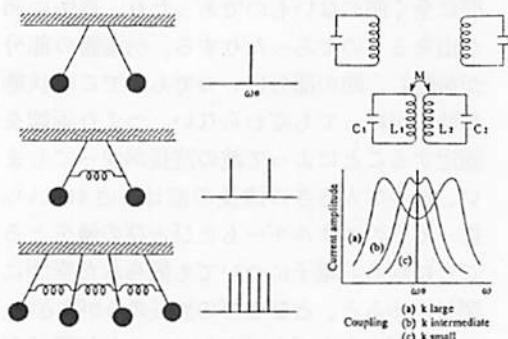


図5

はおもりの重さとひもの長さで決まる。ところが2個の振子をバネで結んで相互作用が及ぶ様にして振動させると共鳴振動数が2つの値に分かれる。N個の振子ではN個の周波数に分かれる。この状況は2つの並列共振回路についても同じである。2つの原子を近づけ

ると次第に相互作用が生じ、1原子における電子のエネルギーが2つのエネルギー値に分かれる。N個の原子をもってくるとN個のエネルギー値に分かれてエネルギーの範囲が広がる(図6)。エネルギー値間の間隔は非常に狭いので、連続的に見え、電子のとり得るエネルギーが帯状になる。原子の個数をN個にして互いに近づけ、ある一定距離にすると、これは孤立した原子からすき間なく規則正しく原子を並べた固体の状態を作ったことになり(図7)、 $1s$ 、 $2s$ 、 $2p \cdots$ が大小の差こそあれ、それぞれエネルギー値が帯状に分かれる。

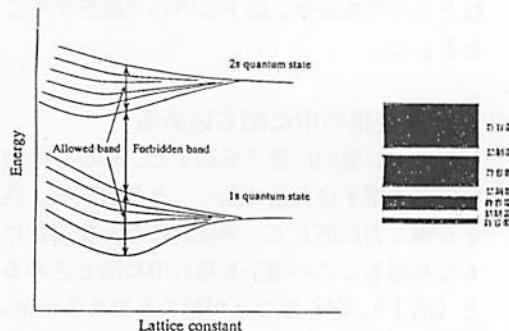


図6

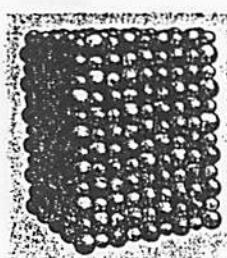


図7

電子が波の性質を持つことから電子がいられる帯状の部分と、いられないところが出来ることが分かった。このことが、現在のエレクトロニクスの発展の基となったトランジスタを出現させることになる。トランジスタは今から約40年前ショックレイ、バーディン、ブラッテン(図8)により発明された増副作用のある固体の電子デバイスである。それまで使われていた真空管に変わって固体素子となり、長寿命と高信頼性が得られた。エネルギーの状態のちがう固体を図9の様にくっつけると真中に堰が出来、電池をつないでこの部分を左の部分に比してプラスにすると、この堰が低くなり川の流れと同じで上の帶状のエネルギーの部分にいる電子は左から右へと

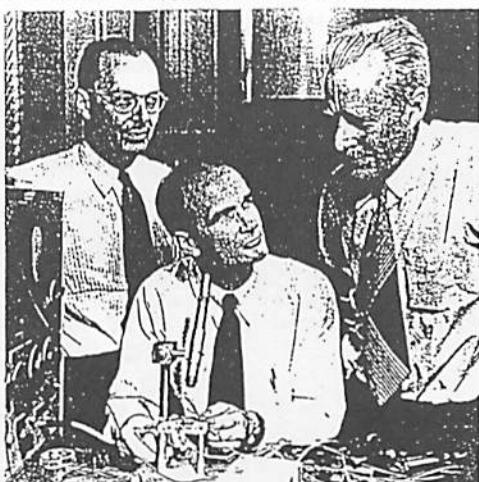


図8

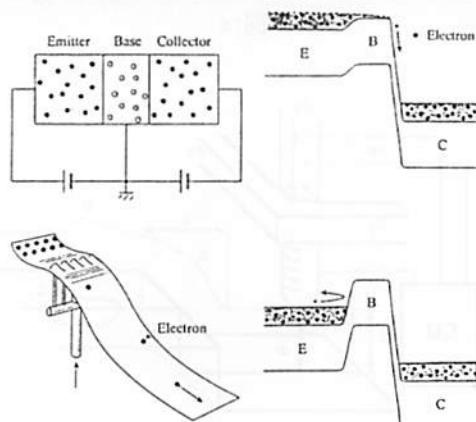


図9

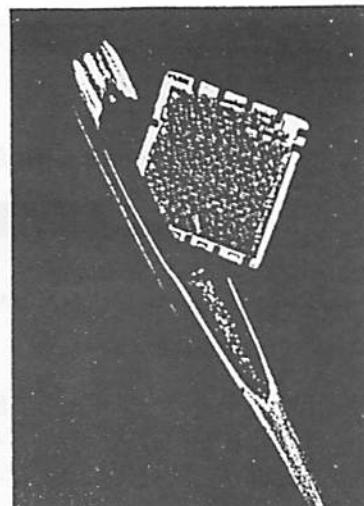


図10

流れやすくなる。真中の堰の上下の仕方で電子のながれ方が変えられ、堰にかける電圧を増幅して電子の流れにすることが出来る。現在のエレクトロニクスの夜明けは、この様に電子の波としての性質が巧みに使われて始まったことになる。このトランジスタを 1 mm^2 に数百万個ものせると IC (集積回路)(図10) が出来、これがコンピュータの心臓部となる。

以上、固体という自然の器に電子をいれると、原子と原子との間隔、器の大きさで決まるエネルギーの状態となることを示した。逆に器を人工的に工夫して作ることによって人間の望むエネルギー状態を自由に作れないかというアイディアが生まれる。図11の様に物質同志をくっつけると真中の部分では帯状のエネルギーの部分に井戸が出来、この井戸の幅で決まる様な新しいエネルギー状態が出来る。井戸の幅を変えることによりエネルギーの高低を人間が自由に調節できる。これは任

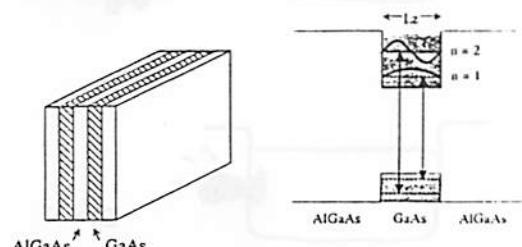
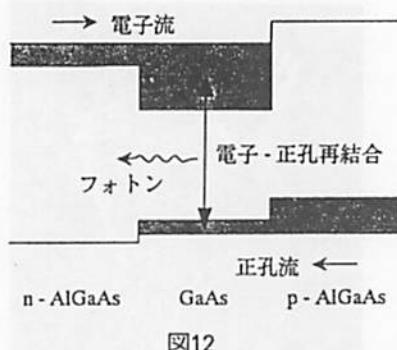
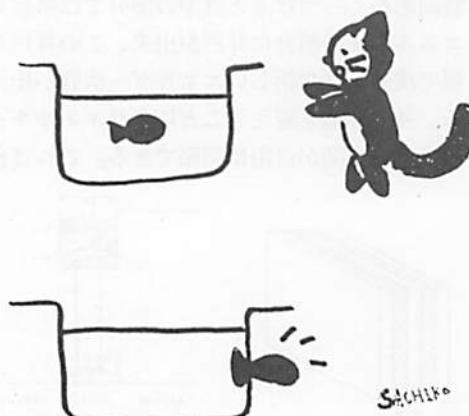


図11



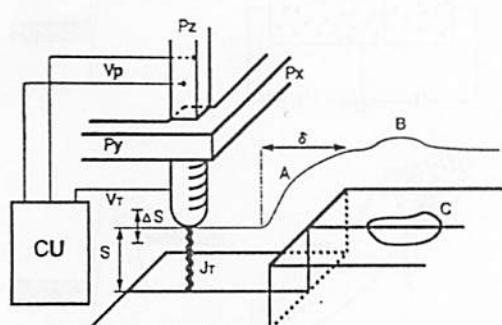
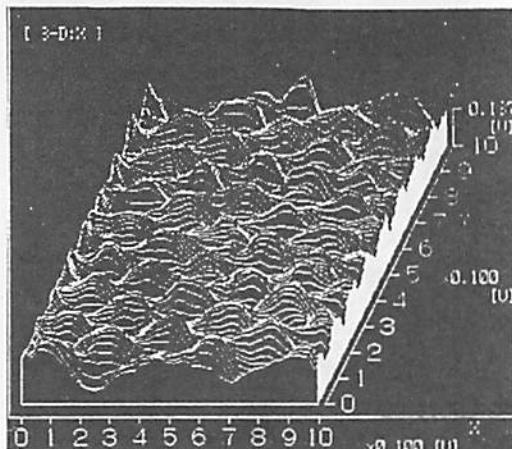
意の色を出せるレーザー素子として使える(図12)。すなわち電子は高いエネルギー状態にいると不安定で、より低いエネルギーに落ち込みその余分なエネルギーを光として外に放出する。エネルギーの高低を変えられれば、その振動数すなわち色を変えることが出来る。この領域はレーザーに限らず様々なデバイスへの応用が考えられており、現在盛んに研究が行われている。今迄にない新機能のデバイスがこれから登場するであろう。

3. 閉じ込めた電子は箱から出られるか
金魚が金魚鉢の中で泳いでいる(図13)。この金魚が外に出るのは、猫がすぐうか、酸素不足で金魚自身が飛び上がるかである。ところが鉢のガラスを素通り出来る場合がある。それは金魚が波であるときである。電子についても波としての性質があれば、物質表面よりしみ出すことが出来る。このしみ出した電



子による効果は江崎玲於奈により明らかにされ、江崎はノーベル賞を受賞している。このしみ出してくる電子を用いて、炭素表面を観ると、図14の様な1個づつの炭素の原子像が得られる。観測方法は図15にその原理を示すが、炭素試料表面の電子の分布に応じてしみ出してくる電子を、金属製の先端のとがった針を数Å(髪の毛の太さの1万分の1)迄近づけ検出し、表面原子の形を観察することが出来る。テレビあるいはパソコン等の表示装置として現在用いられている液晶の分子をこの装置を用いて観察したものを図16に示す。この様に電子が波である性質をもつために分子の状態を簡単な方法で見ることが出来る。

筆者の研究室では、この方法を用いて物質表面の原子が持っているミクロ磁石の状態を観測する試みを行い、世界に先駆けこの可能



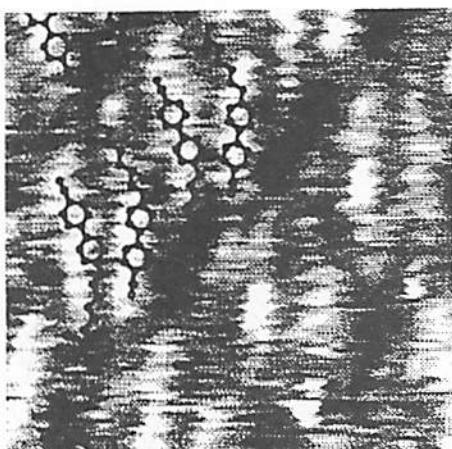


図16

性を検証することに昨年夏成功した。この方法で物質表面のミクロ磁石が原子ごとに見えれば、科学的にも工学的にも価値があるものと考えられる。例えばハードディスク等磁気記録の高密度化が急速に進んでおり、現在1つの記録が0.2ミクロン(髪の毛の50分の1)の大きさに迄なっている。将来更に小さな記録部分を観測することが必要となり、この方法が大いに役立つであろう。又試料のミクロ磁石と針先端のミクロ磁石との間に働く力についても研究を現在行っているが、この力を用いて試料のミクロ磁石の状態が変えられれば、原子ごとのメモリ(原子メモリ)が可能となる。この様に著者らは原子尺度のミクロ磁石の状態を制御する研究を行っており、将来札幌をこのミクロ磁石(スピニン)のメッカにしたいと思っている。

4. ICは何処までも小さく出来るか

集積回路(IC)は世の中の要求に応じて高密度化が急速に進み、図17の様に現在線幅0.8ミクロン(髪の毛の太さの約10分の1)の微細加工のレベルに至っている。この加工法は光を用いて図18の様に、フィルムから印画紙に写真像を焼き付けるのと同様の方法で、光に感じる有機物質膜を用いて思い通りの形に薄膜を加工するものである。何処まで細かく正確に加工できるかは用いる光の波長で決

まり、その限界は現在紫外線を用いて約0.2ミクロンである。又一定面積に多数の素子を並べると、数が多くなる程素子間が近づき放熱が出来にくくなる。信号が伝わっていく速さも遅くなり、これら3つの要因で0.2ミクロンが限界となり、0.2ミクロンより細かい加工を必要とする小さなICは作れないことになる。光を更に波長の短いX線にすると0.1ミクロンとわずかに小さくなるが、これが現在の方法での限界である。

この限界に達するのは21世紀の始めであり、

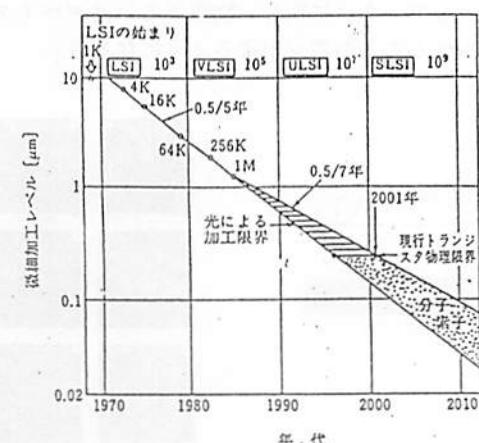


図17

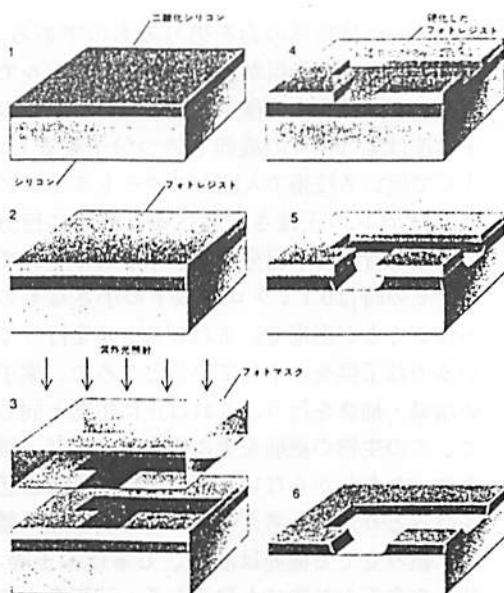


図18

この先は現在の方法での IC の小型化、高密度化は不可能で、これを打開する方法としては 2 つのことが考えられている。針を試料に近づけ試料からしみ出す電子を見ることを 3 章で述べたが、これと同様の装置で針と試料原子間に働く力を用いて、試料表面原子を動かすことが出来る。不要な部分の原子を取り去る、あるいは必要とする部分に原子を移動することが出来る。図 19 は原子の移動の原理と、IBM の文字を原子で描いた様子を示す。すなはち原子尺度での加工が可能となる。こうしてミクロに新しい物質あるいはデバイスを作ることが将来出来るようになろう。

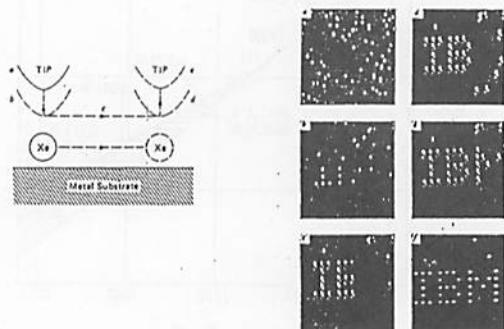


図19

他の一つは自然の力を借りるものである。図 20 は何人かの子供が徒競争をしてゴールで組み立て体操をする様子を描いている。この子供達は実は色々の機能を持つ分子を表し、IC で用いる技術で人間がスタートラインに 0.1 ミクロンの正確さで並べると勝手に自分で走って行って、自分で電子素子をくみたてる。その時は 0.1 ミクロン以下の小さな物も作ることが出来る。またピストルを打っているのは子供をふやしているところで、素子の増殖・補修を行う。これは正に生物と同じで、この生物の機能を更に研究し、学び、誰が作ったか分からぬがこの生物の設計思想を盗みとりたいと考える訳である。自然に勝手に組み立てる機能は油脂、しゃぼん玉等、我々の身近かな物でも見られる。油脂を水上にたらすと、その分子は必ず水と親しみや

すい側が水と接し、水をきらう部分が空気側へ並ぶ(図 21)。しゃぼん玉では水で出来た

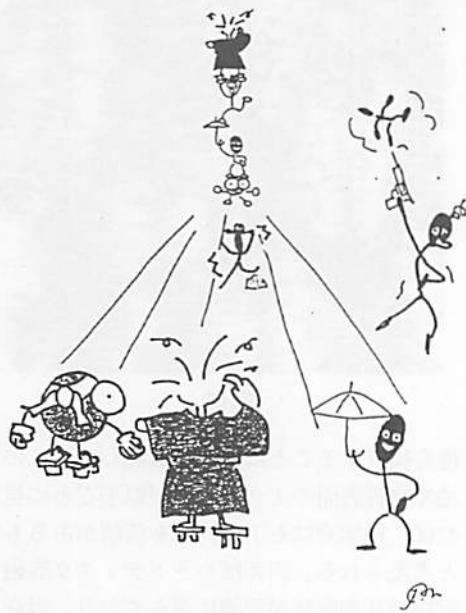


図20

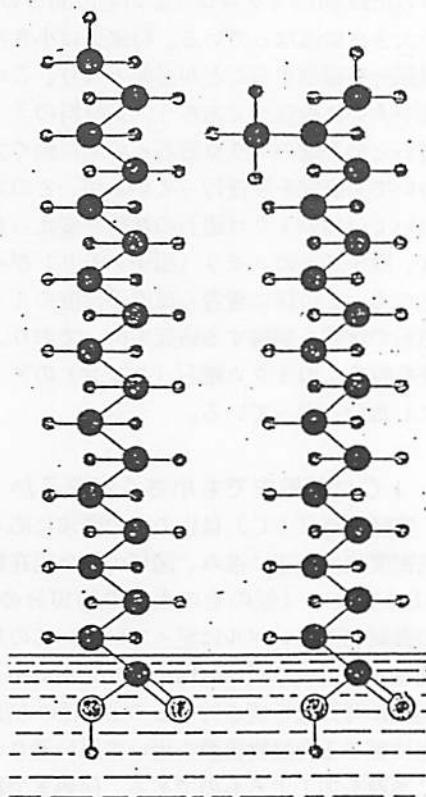


図21

薄い膜の両側に石けんの分子が水を好む側と水をきらう側とを正確に識別して配列する(図22)。また生物体中にある赤血球は分子の二層の膜でつつまれており(図23)、この様

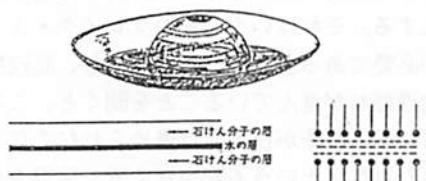


図22

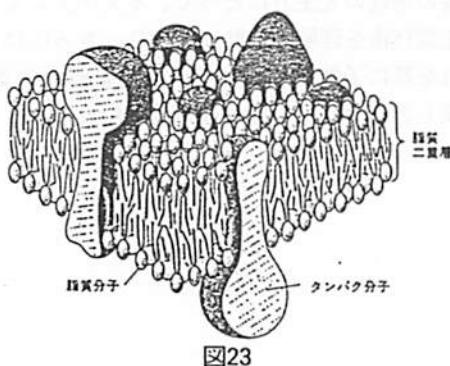


図23

な自然に組み立てる過程が繰り返されて生物体が出来て来たのではないかと考えられる。現在この様な生物の機能をまねようという動きは始まったばかりで、センサーの領域でわずかに実用化されているが、自然の力を借りるところ迄は至っていない。図24の例はブドウ糖を検出する酵素センサーと呼ばれているもので、血液中の糖分の量が検出出来、病院での検査に用いられている。信号を減衰なしに伝えるのに有機材料で考えられているのが図25の様なもので、結合が二重になっている部分が左から右へ進み、この信号が右端に伝わることになる。またエレクトロニクスのデバイスの機能をそれぞれその機能をもつ分子で置き換えようという考え方もある(図26)。これらは未だアイディアのみである。これらの領域は現在基礎研究が盛んに行われている状態で将来大きな成果が期待される。

以上2つの方法で0.1ミクロン以下の世界が拓けてくると、困った問題が出てくる。そ

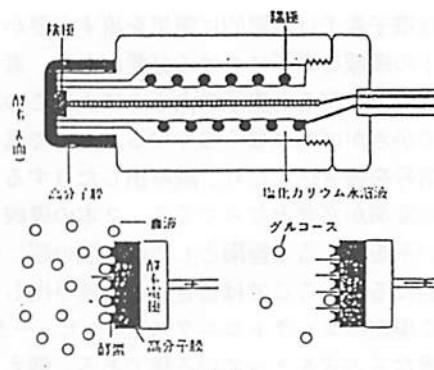


図24

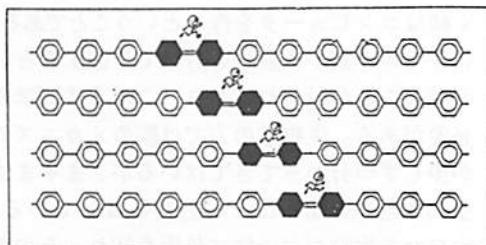
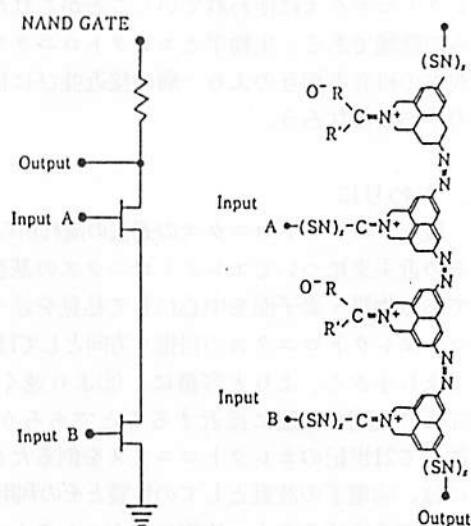


図25



Carterが提唱した分子構造

図26

れは電子素子は本質的に電気を流す必要から2つの導線を素子につける必要がある。素子の密度が上がると素子の大きさによりこの導線のかさがばかにならなくなる。そこで素子に信号を書き込んだり、読み出したりする方法の変革が必要となってくる。2つの導線のない系を考えると極限としては人間の脳に突き当たるが、ここでは書き込み、読み出しは全く現在のエレクトロニクス（コンピュータ）と異なる方式をとっている様である。例えば交通事故で脳細胞の一部分が失われても様々なトレーニングで記憶が蘇る場合がある。コンピュータであれば素子が一つでも壊れると、コンピュータ全体が動かなくなる。これに対して一部分が間違っていても全体としては動く様なコンピュータを作るということである。いくつかの素子に信号を分けて記憶するという様なことが行われており、この方式に学ぶ必要がある。生物学の方では脳のメカニズムが少しずつ分かってきてはいるが、ますます生物体自身を知ることが必要となっている。すなわち生物がどの様に外界を知り、その情報をどう処理するか、そこからどの様に外に働きかけをするかを知り、これらの結果がエレクトロニクスに使われていくことがこれからの課題である。生物学とエレクトロニクス双方の研究者相互のより一層の接近並びに協力が必要になろう。

5. おわりに

以上、エレクトロニクスの過去の流れから、その近未来についてエレクトロニクスの基盤である物質・素子面を中心にして私見を述べた。エレクトロニクスの目指す方向としては、①より小さく、より大容量に、②より速く、③より人間の頭脳に接近することであろう。従って21世紀のエレクトロニクスを創るためにには、④電子の波動としての性質とその利用、⑤生物を極めること、生物に学ぶエレクトロニクス、⑥脳についての研究を重点的に進めることが重要であると考えられる。現在迄エレクトロニクスは、技術の進歩と科学の進歩

が作用しあい、互いに刺激をして進展してきた。今後はその傾向は本質的にますます強くなろう。互いにフィードバックし、互いに新しい領域を生み出していく繰り返しである。これを強力に進めるためには若い頭脳を必要とする。それはいくつものブレイク・スルーが必要であるからである。しかし、高校生の物理離れが進んでいることを聞くと、この様な科学・技術が日本では進められなくなるかも知れないという不安を覚える。勇気をもって物理教育に日々工夫を凝らしておられる高校の物理の先生方にとって、本文が少しでも先端技術を理解する助けとなり、さらにはこれを基に子供達に少しでも科学する面白さ、楽しさを話していただければ幸いである。

解説 高速フーリエ変換とその物理教育への応用

小野寺 広樹、下山雄平
北海道教育大学函館分校物理学教室

Fast Fourier transform and its applications for physics education.

Hiroki ONODERA and Yuhei SHIMOYAMA

Department of Physics, Hokkaido University of Education, Hakodate 040, Japan.

Abstract

In order to introduce a concept of Fourier transform to the physics education, we established coursewares of the window functions and the frequency domain method as applied to spectroscopy. We found that Fourier transform is a quite useful not only for the analytical method but also for the signal processing. We can conclude advantage of Fourier transform in two-fold:(1) For the elementary students, FFT shows that a function can be express by a trigonometrical series. (2)The serial data can be transformed into the frequency data through the transformation.

要旨

高速フーリエ変換を物理教育に応用するためにはその理論的基礎を確立し、分光学への応用、即ち窓関数と周波数領域法の計算機実験を行なった。その結果、フーリエ変換(FT)には解析法のみならず、様々な信号処理に活用できることが分かった。さらにFFTを応用することによってFTの特質である(1)関数の三角級数による表現可能性(2)逐次情報から頻度情報への変換可能性を物理教育に導入することが検討された。

1. 序論

フーリエ変換は19世紀初め J.B.J.Fourier の熱伝導の方程式により生まれた。近年のコンピュータの導入によって不連続信号に離散的フーリエ変換(DFT)、計算時間向上に高速フーリエ変換(FFT)が開発された。フーリエ変換は一見不規則に見える信号の中から規則性を見いだすことができる。最近FFTはComputerを用いて音声信号や地震波、経済変動データ、画像情報処理、光計測及び医療用断層写真などの分析に幅広く利用されている。以下、フーリエ変換

の原理とそのImplementation(FFT)、及び物理教育への応用について述べる。

2. フーリエ変換とFFTの原理

ある時間信号 $g(t)$ がある周期 T を持つ連続関数であるとき、直流成分および周期 T の逆数 $1/T$ で与えられる周波数の成分と、その整数倍の周波数成分 n/T の和として表現できる。

$$g(t) = a_0 + a_1 \cos \frac{2\pi t}{T} + a_2 \cos \frac{4\pi t}{T} + \dots + b_1 \sin \frac{2\pi t}{T} + b_2 \sin \frac{4\pi t}{T} + \dots = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{2\pi n t}{T} + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{2\pi n t}{T}$$

この式の a_0 、 a_n 、 b_n をフーリエ係数といい、元の信号 $g(t)$ における各成分が含まれる。フーリエ係数を求める式となる。

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T \{ g(t) \cos \frac{2\pi n t}{T} \} dt$$

$$b_0 = \frac{2}{T} \int_0^T \{ g(t) \sin \frac{2\pi n t}{T} \} dt$$

ここで三角関数を指数関数に変換する Euler

公式を使い、 a_n 、 b_n をまとめると次式のフーリエ(FT)、逆フーリエ変換(IFT)を求めることができる。

$$G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

$$g(t) = \int_{-\infty}^{\infty} G(f) e^{i2\pi ft} dt$$

さらに離散的関数をフーリエ変換する式を求めると、

$$F(n/N) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{\infty} f(k) W^{nk}$$

となる。これが有限データにおける、離散的フーリエ変換(DFT)の式となる。 W^{nk} は回転子と呼ばれ、 $W^{nk} = e^{-i2\pi fk}$ である。DFTのデータ数を N とすると計算回数は N^2 回となる。これではデータ数が多くなると膨大な計算回数と時間がかかる。そこでDFTの演算速度を高速化したのがFFTである。

フーリエ変換結果は Fourier Spectrum と呼ばれる。しかし複素数表示なので、複素数で求まり、各周波数 f に対して $G(f)$ の実数部と虚数部が cos 成分と sin 成分を示している。このとき、ある周波数 f に対する強さ G は、

$$G = \sqrt{(G(f) \text{の実数部})^2 + (G(f) \text{の虚数部})^2}$$

で求まる。このときの G を Power Spectrum と呼ぶ(図1)。

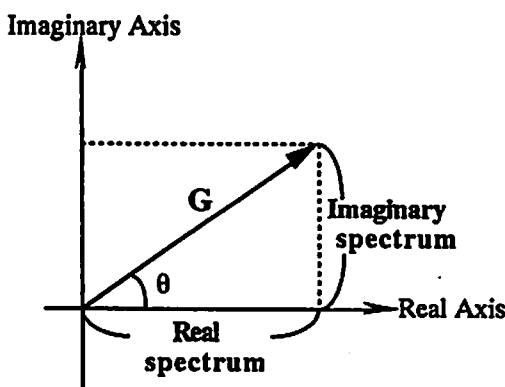


図1 Power Spectrum

3. FFT の Algorithm

FFT の Algorithm は1965年に Cooley と Tukey によって始められ、現在では多数の FFT Algorithm が提案されている。Algorithm の違いとして(1)時間間引き or 周波数間引き、(2)基數などが挙げられる。演算回数を減らすために、時間データか周波数データのどちらかを入れ替える。それが(1)である。データ数を N としたとき $N=R^k$ であるとする。このとき基數は R である。基數が大きくなると Algorithm は複数になるが、計算速度が上がる。最もシンプルな基數は 2 である。FFT の Algorithm の中でも最も重要なものは基數である。

4. 代表的関数の FFT

代表的な関数の FFT を Computer によって計算し Graphic 化させた結果を図2を示す。FFT ソフトは FFT ver. 1.00 (国立岡崎生理学研究所) を使った。この結果で注目したいのが SINC 関数である。この FFT 結果は理論的に矩形波になる。不連続面を持つ関数を表現する時には連続な関数の第 n 項までのフーリエ級数の和で表される。この n が無限大に近付くことによって矩形波になるのだが、有限であるが故に Gibbs 現象が起きていることが解る。

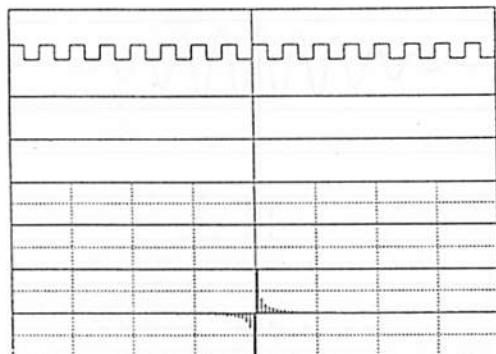
5. 分光学の応用

5. 1 時間領域の窓関数

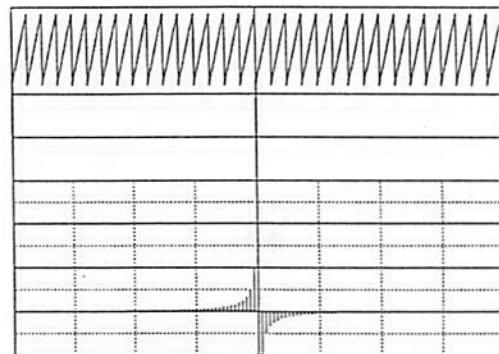
信号を測定するということは、無限大の時間の中から、ある時間を切り出して測定することになる。この時に切り出した時間軸の端の影響を避けるために窓関数という重み関数を掛ける操作が必要である。この端の部分をなだらかにするためにいろいろな窓関数が考えられている。原始関数として 100.5 Hz の三角関数を用い、窓関数は Hanning 窓で行なった。元関数の FFT ではピークはでているが、左右に振動していることが分かる(図3a)。窓関数を用いたときはピーク値の左右では振動は抑えられている(図3b)。

5. 2 周波数領域の雑音除去法

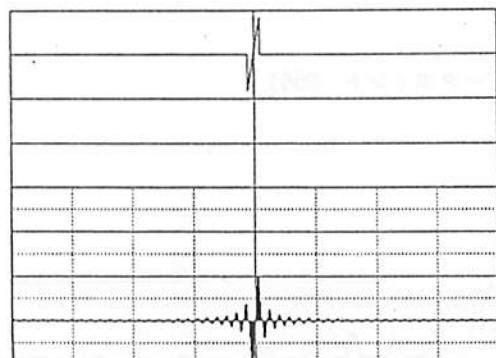
雑音除去法の基本となる Convolution 演算は、



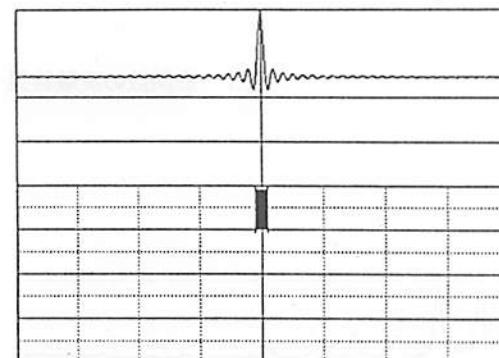
(a) 矩形波



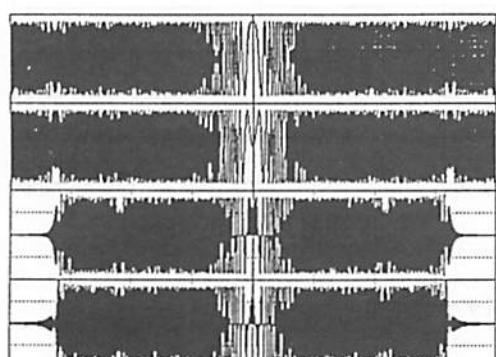
(b) 鋸形



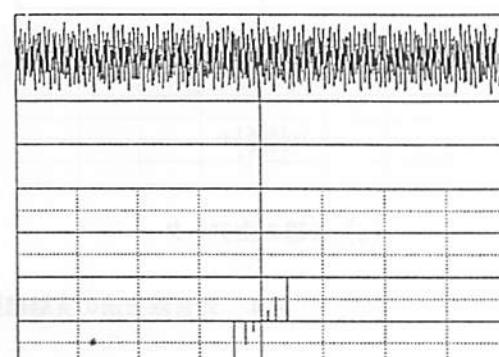
(c) 有限区間の一次関数



(d) SINC 関数



(e) $y = e^{iA^2x^2}$



(f) 4 つのSIN 関数の合成波

図2 FFT 結果

上の窓から順に、時間軸の実数、虚数、周波数軸の実数、虚数を表示する。

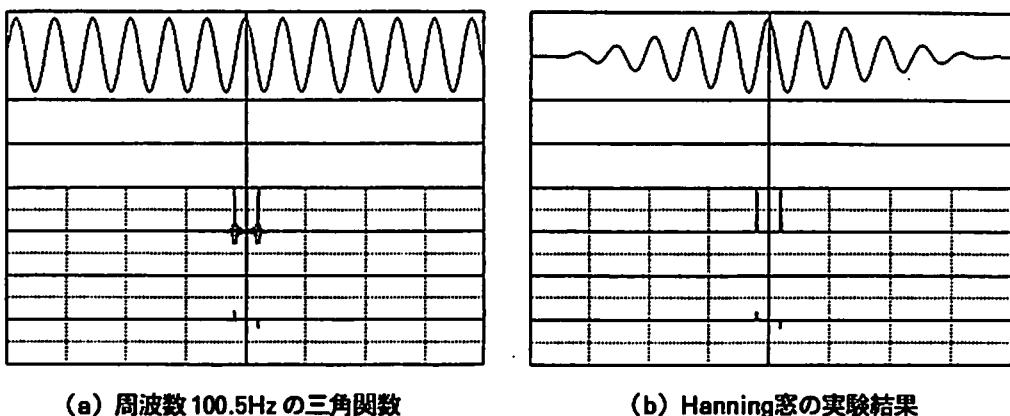


図3 窓関数の実験結果（データポイント 256）

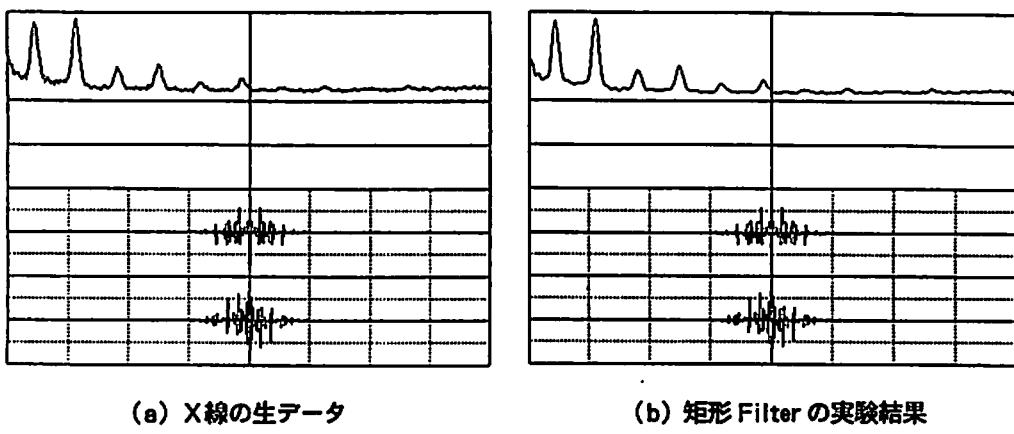


図4 雑音除去法の実験結果（データポイント 256）

FFT された面では、乗算として表される。いま時間の連続関数で表わされる測定波形、重み関数、移動平均結果をそれぞれ $x(t)$ 、 $c(t)$ 、 $y(t)$ とし、それぞれの FFT 結果を $X(f)$ 、 $C(f)$ 、 $Y(f)$ とする。この時、

$$X(f) \times C(f) = Y(f)$$

$$\xrightarrow{\text{IFFT}} y(t) = x(t) * c(t)$$

の関係が成り立つ。このとき * は Convolution 演算を示す。この $C(f)$ の重み関数を一般に Filter 関数と呼ぶ。

周波数領域での平滑化では、測定波形を FFT したものに対して直接各種の Filter 関数を乗算し、この結果をさらに逆変換して平滑化波形を得る。したがって FFT 操作が 2 回必要となる。この方法では Nyquist の定理を使い、信号成分と雑音成分の周波数特性の違いにより両者を分離できる。

Filter 関数の実験データとして、X 線データを用いた。このデータは高周波数雑音がはっきりと見られる。(図 4 a)。しかし、Nyquist 周波数が分からないので任意に 70Hz とし、実験を行なった。実験結果を見てみると、雑音は軽減されていることがわかる(図 4 b)。大きなピークもなくなっている。この方法は移動平均法などとは違い、雑音と思われる高周波数をカットしているので、オリジナルデータにかなり近くなっているといえる。

6. 物理教育への応用

FFT が連続ないし不連続関数を級数展開できることによりパルスの解析学的分析也可能である。これは現代の解析学の基礎であり、物理学及び数学教育に大きな影響を与えている。

一方向性しか持たない遂次情報を解析するとき、データ全体の比較は不可能である。しかし FFT を用いて周波度情報に変換したデータは強度と周波度数より全体を見渡す事ができる。

物理教育では色々な振動及び波動をカリキュラムに入れている。しかし複雑な波形を取り扱う場合には、指導内容によって理解が困難とな

る。フーリエ変換を用いれば波形成分を周波度情報として分析できる。音声解析を例にとると色々な音声を耳で聞き分けることはできるがその周波度成分を表現することは難しい。フーリエ変換を使うことにより、その音声の成分を目で見ることができる。1/f のゆらぎも逆フーリエ変換で表現が可能である。

以上のことから物理教育におけるフーリエ変換の効用として 2 つ例挙できる。(1)あらゆる関数は三角関数の和で表現できる。(2)遂次情報をフーリエ変換することによって周波度情報変換できる。フーリエ変換の原理の理解は容易でないが、その役割は物理教育においてますます重要なよう。

参考文献

1. トランスナショナル・カレッジ・オブ・レックス編「フーリエの冒険」共立出版株式会社(1988)
2. 安居院猛、中嶋正之「FFT の使い方」産報出版(1981)
3. 松田稔「ディジタル信号処理入門」日刊工業新聞社(1984)
4. D. C. Champeney : Fourier Transforms and Their Physical Applications, Academic Press, London(1973)

報 告

「レオナルド・ダ・ビンチ大発明展」(札幌会場) を解説して

札幌藻岩高校 山田大陸

1. はじめに—レオナルド・ダ・ビンチ展の 今日的意義

ダ・ビンチスケッチによる国立科学博物館蔵の再現機械模型53点を展示した、全国巡回展「レオナルド・ダ・ビンチ大発明展」に参加した。これは、1991年3月28~31日、4月6、7日の6日間、札幌丸井百貨店1条本館8階催物会場で開かれた。春休み学校生徒向けの企画で、全国発明協会が後援し上記のタイトルになっている。「参加」と書いたのは、筆者が伊良原先生（札幌市青少年科学館）の依頼を受け、2人で展示品解説（1日2回、各3日）を行なったからである。やや古い話だが、今日の物理離れや科学の祭典の考え方、創造性養成の貴重な話題でもあり、報告することにした。

ダ・ビンチ（1452-1519）は、美術家で万能科学者として著名だが、より総合的には、彼の主たる関心がむしろ技術にあって、美術と工業設計を結びつけ実行した点で、今日でいう「工業デザイナー」の先駆とした方が、よい。美術上の作品は著名だが、10点ほどの絵画・壁画に過ぎず、ミケランジェロと比べ少作というより、完全主義と湧きすぎる着想のため依頼しても完成出来ない「移り気」の芸術家と当時見られ、必ずしも評判は高くなかった。一芸に突込み（誤ると専門馬鹿）専門志向の強い現代では評判され難い、多芸、総合的発想（万能器用）で多方面に強い好奇心を持つ多産・博識の才人らしかった。工業化社会が未成熟の時には、しばしばこの型の才人が出て社会をリードした史実がある。仏では百科全書派、英ではフックやニュートン、独ではゲーテやライプニッツ、米ではランクリン、日本では平賀源内がよく知られる。社会はこの「英雄」時代のビジョン提示の後、「人間の見えない」大量の専門家集団に分化し

集まって、精密高度な近代国家に成長する。ダ・ビンチはこの英雄タイプ人物でも傑出していた。彼の関わった多領域のどれを見ても、各領域の今日の一流者を上回る。多くの領域で第一級の仕事可能と集中力は優れが、人々には限界があり、3人分位の活力を各領域に分散して、彼の仕事がどれも初段階・中途で終らざるを得ない不幸がある。彼は人を集めグループを作り、その総合指導者として1人が仕事をしたように行動すべきであった。今日の高度な工業化社会は多量の専門家をこのように使って動いている。科学史家故加茂儀一氏に見られる、今日も昔も変わらぬダ・ビンチへの魅力共感は、この多才・努力家の持つ超人の魅力と、総合性・先見性があり乍ら世に理解されず、未来を見てすべて未完成のまま歴史に埋没した時代に先んじた悲劇性への同情から成る。多才でないが多芸多感で好奇心の強い筆者も、ダ・ビンチに以前より強く心惹かれる一人であり、この展示会には並々ならぬ関心と調査を持って臨んだ。

今回の展示会は、このようになだらかなダ・ビンチの人間的魅力・創造性とともに、彼の技術的関心と当時の技術の限界を著名なダ・ビンチ研究家作の模型を通して認識できる点で誠に意義ある企画であった。

2. ダ・ビンチの人物像の眞実と技術手稿

ダ・ビンチの絵画は有名だが、膨大（7000枚）自然科学技术のスケッチ集の存在は知られていない。放浪の美術家の彼は、生活のため、技術コンサルタントとして、初步的工業が起り始めた北イタリア（ミラノ周辺）で幾人かの領主（スフォルツァ等）に戦争技術や治水技術を売り込んだ。18C初頭まで、戦乱の歐州ではこの戦争工学（ミリタリーエンジニアリング）が工

業の主で、平和（市民技術）（シビルエンジニアリング）は、その後戦乱の安定後定着した（これが発展して、今日の土木工学になる。市民社会成熟、平和時代の産物である。）彼はこの売り込み技術の素材集めのため、ルネサンス下で市民社会が成長を始め、職人市民が技術を蓄積しつつあった都市の産業の現場（水車場、鍛冶場、工場、織物場、運河、兵器廠）を精力的に見学、本来の画業力での確精密にスケッチし、自分の独創を加えて「手稿」とした。これが、ロンドン（アランデル、600）、ミラノ（アトランティコ、1200）、マドリッド（680）、ウィンザー（200）、パリ（アシュバーン、2200）の博物館、大学の図書館に保存の手稿で、彼は生前、生涯それを宝として持歩いた。生前に現在の3倍（2.1万枚）あったと言われ、弟子（マルツィ）に遺産で譲られ、弟子の死後四散した。この手稿中、ミラノ・マドリッドが技術関係で近年総合研究され、M. Cianchi : Leonardo da Vinci's Machine's (Becocci Editore, Milan 1988) という詳細な研究書も出た。1906年に建設、戦後1953年ダビンチ生誕500年祭を契機に改修復興された、ミラノの「レオナルド・ダビンチ国立科学技術博物館」は、フィレンツェの「国立科学史博物館」がガリレオ顕彰のように、ダビンチを顕彰すべく作られている。ここでは、ダビンチの技術手稿が大型パネルで公開され、その前に模型（木製）をおき実体を補って見せている。2階展示場（ギャラリー）が「ガレリア・レナルデスカ」としてメインで賑っている。ダビンチは、ガリレオのように実際に技術物は作っておらず、すべて頭中に涌いた着想（ただし現実観察よりで具体的）を空想世界として楽しみ、その形態をスケッチしたのみである。しかし、その図示内容は当時の技術水準を大きく越え、その後400年の世界の、使用可能エネルギー種や量の発展、材料の工場、工作力の向上下で次第に実現していった点で先見性があり、「予言者」的と言ってもよい。今日でも、何の用途か意味不明（将来出現？）の謎のような装置もある。スケッチは通常の工業デザイナーと異なって、芸術品ともいえる味のあるもので、

立体性、描写力、用途図も実にしっかりしている。添付の解説字はすべて左手で書き、左方向に書く「鏡面文字」で、これは盗作を恐れた彼の防止という通説よりは、医学上しばしば現われる鏡面対称の特殊技能であろう。

3. ダビンチの機械

歴代多くの工学家により、この技術手稿は研究されてきた。今日でも難解な、予言詩のようなダビンチ手稿中の機械の意図理解のため、1940年以降、主要装置図で3回の模型化がなされた。第1回は全体製の非動物で作られ、その模型の多くは国立科学技術博物館に前述のように陳列されている。今回の展示作品（第3回目）は、IBMの資金によりダビンチ研究家の伊系米人技術史家、ガッテリ氏作成のもので、最新である。この模型は鉄・木混成で、すべて可動で、機械の意味を実際運動で理解させる点に特徴があり、これまでのものより判りやすく、模型による理解補助をよく体現している。氏から昭和43、45年の2回に渡り、日本の国立科学博物館に寄贈されたものである。可動に徹するあまり、難点もある。

1. ギア系は今日のを用い（特に近代のエネルギー機械の産物ウォームギアも）、ダビンチ時代の稚拙な歯車系（ピン歯車）でない。歯の材質（真鍮、当時は木製のみ）、形状（インボリュート曲線）も正しい再現でない。
2. 可動を追及する点原団と異なる装置もある。
3. 装置に加工した金属を使いすぎ。

つまり、ガッテリ再現は作動操作・原理の再現といえ、形態・材質の忠実再現（可動は無理か）ではない。ダビンチの描図自体が、当時の使用エネルギーレベル（人力、せいぜい馬力）、材料レベル（木材）、摩擦への考慮不足（このため、型が整っても動かない）から原理的に作動維持が無理なものである。これは、製造業、工作加工業、それに材料を採鉱、製鋼業が皆無か未発達の状況の下では無理からぬことで、自由主義都市で僅かにあった中世からの時計技術蓄積からマニュファクチャレベルを超えて、これだけの今日の工場制工業を誤りなくイメージ

「レオナルドダビンチ大発明展」(札幌会場)を解説して

出来たダビンチの創造性・予見性をこそ評価すべきである。つまり、ダビンチには、400年前に今日の工場内部が透視され、それを克明にスケッチしたことであろう。この先見的能力には驚嘆する外ない。

展示された四系統機械（飛行機械、機構装置、兵器、建築物）の代表的なものをみてみる。

A. 飛行機械（着想よいが浮上不可）

はばたき飛行機（1人用）／ヘリコプター（4人用）／垂直飛行機（2人用）／バラシュート（四角錐型）

B. 船舶（使用動力に難点）

2重船体（防水工夫）／外輪船

C. 機構装置（当時の工作機械未発達で具体性欠く）運動変換／ギア式ブーリー／遊星歯車／三段式変速機（ピン歯車）／ローラーベアリング車／組合せ滑車／間けつ運動装置／カム式往復運動装置／カム装置／ジャッキ／ジャイロ（多用のウォーム歯車は送り旋盤未発明の当時無理）

D. 時計（当時の職人技術集成）

脱進機構／時計機構

E. その他の機構装置

計算機／旋盤／自動くし焼機／やすり目立機／印刷機／自動車（最初の自走車）／紡績・製綱機械

F. 兵器

三段型連射砲（33砲）／戦車（花電車？）／攻城用はしご

G. 光学

投影装置／フラスコレンズ

H. 水力機械（当時水車動力集成、具体的）

永久機関／水力のこぎり／アルキメデスポンプ／水車／揚水機

I. 測定機械（使用不明だが推測）

風力計／流速計／傾斜計／ワイヤー試験材／天坪式湿度計／里程車

J. 建築（新式着想だが、材料強度に難）

王宮／教会建築／二階建橋／旋回橋

4. まとめ—ダビンチを理科教育にどう生かすか

ダビンチ研究の今日的価値は次にある。

- (1) 広い視野からの科学技術を見る総合性
- (2) 当時の稚拙な工芸レベルの未来工場技術へ昇華可能部分（本質）を抽出予想する先見性（発明教育の本質）。
- (3) 着想を描図により記録、発展させる作業習慣（手作業労働の重要性、着想と手作業）
- (4) 当時の工業化要求水準・内容の把握と使える技術での展開の具体性
- (5) 流体、動物体の運動や歯車機構にみられる精密観察力と描図力

ダビンチの時代の限界は、工学の常として、経験不足であった。

- (1) エネルギー学がない（動力利用レベル）
- (2) 摩擦学がない（機構学的作動困難）
- (3) 材料力学がない（部材の強度計算と形態）
- (4) 工作機械学がない（ネジ、歯車等部品の作成不可）

つまり、部材、歯車系、使用可能動力、基本物理原理（流体、材料、熱力学）で時代に先んじ、着想を生かし切れなかった。しかし秀れた洞察力で未来の工場、工業化社会の有相を本質的に見抜いていた、といえる。生誕が200～250年遅ければ、着想が実現する時代に腕をふるえ、工業化社会を一層発達させた、ということであろう。

限られた条件（使える原理、材料）から、本質的な新開発物を作る、発明発見、独創性開発教育（今日の理科教育の欠落部分）は、ダビンチのこの生き方から、大きな示唆を得ることが出来るのである。（1993.3.31）

参考文献

- (1) 科学博物館後援会「科学者レオナルド、ダビンチ展」（図録、1991）
- (2) M. Cianchi : Leonardo da Vinci's Machines (Becocci Editore, Milan, 1988)
- (3) 加茂儀一「レオナルド、ダビンチ」（小学館、昭和45年）
- (4) 講談社刊「世界の博物館15、レオナルドダ

「ビンチ国立科学博物館」(昭和54年)

- (5) 杉 浦 明 平「レオナルド・ダビンチの手記」上下(岩波文庫、1958)
- (6) 高 津 道 昭「レオナルド・ダビンチ鏡面文字の謎」(新潮選書、1990)
- (7) The National Museum of Sience and Tech-nology Leonardo Da Vinci, Milan (Fede-rico Ganolla Editore, 1991) (ガイドブッ-ク)

Langmuir - Blodgett Film の構造と物理教育への応用

北井 岳史、下山 雄平

北海道教育大学函館分校物理学教室

Formation of Langmuir - Blodgett Film and its Application to Physics Education

Takeshi KITAI and Yuhei SHIMOYAMA

Department of Physics, Hokkaido University of Education
Hakodate 040, Japan.

Abstract

In the present study, we report on the structure of Langmuir - Blodgett (LB) films of fatty acid by use of X-ray diffraction method and the application of LB film to the physics education. We found different plain distance and diffraction intensity depending on the number of layers. This is mainly due to the physico-chemical properties of subphase, in particular, the pH of the subphase liquids.

要 旨

有機超薄膜の構造評価と、その物理教育への応用を目指し、脂肪酸 Langmuir - Blodgett (LB) 膜の製作と X 線回折を行った。その結果、LB 膜の回折強度や面間隔は積層度に依存することが分かった。本研究によって LB 膜の熱力学教育への可能性が示唆された。

1. はじめに

1774年に B. Franklin がオリーブ油を池に浮かべ油膜の厚さを推定し、さらに1890年に Rayleigh が油膜の極言の厚みが单分子膜である事を発見した。A. Pokel は Langmuir trough の原型を作製し、展開溶媒を用いて室温で固体物質の单分子膜を水面につくった。さらに表面張力の測定法の原型を考え、表面汚染について考察した。I. Langmuir は单分子膜を固体基板に移し取ることを読み、1930年代に共同研究者の K.B. Blodgett が累積膜技術として確立した。1967年、H. Kuhn は LB 膜作製装置を提案、技術化した^[1]。

单分子膜は本来 3 次元である液体分子を水面上に 2 次元の単結晶で閉じこめ、熱力学的な状態の人工的に作製できる希有な例である。しかしこれを基板に累積させた LB 膜は低次元系として注目される。LB 膜を物理学教育に導入すれば、熱力学的考察ばかりでなく、液体の構造について知る事ができる。本稿では表面圧 - 表面積 ($\pi - A$) 曲線により熱力学考察を行なう。また、作製された LB 膜の X 線回折による構造回折を報告し、物理教育への応用を考察する。

2. 单分子膜 (LB 膜) の特性

2. 1 单分子膜と $\pi - A$ 曲線

親水部と疎水部を科学的に結合した両親媒性分子は、水面上に展開されると分子内における表面エネルギーの大きく異なる親疎水部のため密度が低ければ、水 - 空気界面で单分子膜を形成し水面上に広がる (図 1)。その運動による圧力を表面圧とよび π_w で表わす。ここで表面圧は表面をおおう膜分子が広がろうとする力である。一方表面張力 Γ は表面の単位面積当たり

のエネルギーで、これは表面を面積最小にしようとする力である。従って測定される膜の表面圧 Π は次のようになる。

$$\Pi = \Pi_w - \Gamma$$

二次元の水面上における両親媒性分子は気体膜となる。これをバリヤーで圧縮すると、気液共存膜、液体膨張膜、中間膜、液体凝縮膜、固体凝縮膜という凝集状態へ推移すると $\pi - A$ 曲線から考えられていた。ここで A は分子一個が占める表面積である。しかし、水面上での単分子膜形成過程は熱力学的に閉じた系ではない。その為、気体の凝集過程での閉じた系と同様な議論が可能であるのかなど、十分議論されていない問題点がいくつかある^[3]。

2.2 単分子膜と凝集構造

水面上単分子膜の凝集状態は表面圧のみならず、両親媒性分子の科学構造、下層液成分、pH、溶媒分子などの因子に依存する。特に単分子膜の分子熱運動状態が決定的影響を与える。このため累積層の前駆体である下層液上の単分子膜構造とその物性は重要である。

結晶緩和温度と脂肪酸単分子膜の融点と透過型電子顕微鏡(TEM観察)により単分子膜の凝集構造は次のように分類される^[4]。

- 「圧縮融着配向結晶性単分子膜」
- 「ランダム配向結晶性単分子膜」
- 「非晶性単分子膜」
- 「圧縮結晶化単分子膜」
- 「冷却結晶化単分子膜」

3. 累積膜(LB膜)

LB膜の結合力は表面エネルギーに起因する力、疎水結合、ファンデルワールス力、クローン力、水素結合やその他の化学結合などによるものである。そのような力で基板に累積される膜はその累積の仕方によりX膜、Y膜、Z膜と分類される^[5]。

脂肪酸LB膜はY膜として累積されることが知られている。一般に金属イオンを用いたときカルボキシル基からH⁺が解離し、金属イオンが結合する。脂肪酸は脂肪酸カドミウム分子となって下層液上に垂直にたっている。また偏光全反

射スペクトルを利用した累積層の分子配向の研究によると、純粋なステアリン酸累積層ではアルキル鎖が基板に対して大きく傾いているとされている^[6]。これらを考慮すると成膜性が悪いときは回折強度は小さくなり、アルキル鎖が若干傾き面間隔は小さくなると考えられる。しかし、高度の層状秩序構造を形成する場合、回折強度は大きくなり、アルキル鎖は基板にたいして垂直に立つために面間隔も増加すると考えられる。

また、ステアリン酸カドミウム累積層については次のことが明らかにされている^[6]。0.0 ℓ 反射強度の角依存性は試料によって大きく異なる。プラグ反射と小さな反射が低角側でみられる。製膜後数ヶ月経た試料では低角側の反射強度が製膜直後に比べて相対的に弱い。反射の相対強度は累積基板によって大きく異なる。

FT-IRによるGe基板に累積したステアリン酸LB膜の研究により、1層では平面ジグザグ構造のアルキル鎖が六方晶型のパッキングを形成する。結晶のC-C軸に沿った分子軸はGe面に垂直に立ちながら、自由な回転をしている。他方、2層以上では斜方晶型のパッキングをして、分子鎖面が互いに交差し、下地に約60度傾いている。また、ステアリン酸のC=O結合とC_a-C_b結合は1, 2膜でシス構造が加り、層数の増加とともにその割合をますことが報告されている^[6]。

4. 実験方法

本実験において、膜物質に用いた脂肪酸はステアリン酸($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$)とアラキジン酸($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$)2種類である。この脂肪酸それぞれをクロロホルムに溶かし0.5mM/ ℓ の濃度としたものを展開溶媒とする。これらを協和科学製Langmuir膜製造装置上に展開し、単分子膜を生成させる。

下層液のみを広げ、面積を圧縮し表面圧が上がったら表面汚染があることを示す。その場合、下層液表面を清浄してから表面圧測定用の吊り板や基板をセットする。次に展開溶媒をマイクロシリジンを用いて展開し、表面圧をゼロに調

整した後、圧縮と同時に測定を開始する。

X線回析のための試料作製では、Langmuir膜製造装置の水槽に下層液として $0.5\text{mM}/\ell$ の濃度とした塩化カドミウムを用いた。単分子膜を生成した後、表面圧を約 $25\text{mN}/\text{m}$ 保った状態で、膜面に対して垂直方向に SiO_2 基板を上下させ、基板表面に単分子膜を移し取る。

SiO_2 基板表面に移し取った約 3.6cm^2 四方の膜をDiffractometerで回折角 2° から 20° までX線回折測定した。

5. 結果と考察

図2はアラキジン酸カドミウム単分子膜の $\pi-A$ 曲線である。ステアリン酸カドミウム膜1層と3層のX線回析パターンを図3に示す。この図から作製した試料は典型的な層構造を示していることが分かる。ステアリン酸カドミウム累積層については 00ℓ 反射の反射強度の角依存性は試料によって異なることが明らかにされており、図3においてその傾向が見られる。成膜性が悪い場合はアルキル鎖が若干傾き面間隔は小さくなり、回折強度は小さくなる^[3]。図4は002面間隔の累積層数依存性を示す。この図からは累積層数依存性はみられないが、アルキル鎖の鎖長による依存性がみられる。pHが減少するに従いイオンの置換割合が増し累積層中の金属イオンが増加する。このため高度な層構造が形成され回折強度は大きくなる。つまり、主鎖は基板にたいして垂直に立つために面間隔も増加すると考えられる。

脂肪酸LB膜では1層目は基板に対して分子が垂直にたって2層目からは傾く傾向があると報告されているが図4からはそうした傾向は見られない。これもpHによって金属イオン層間距離が大きく変化するためと考えられる。また、上で述べたとおり、純粋なステアリン酸累積では主鎖が基板に対して大きく傾いている。以上のようにLB膜の面間隔は下層液のpHや温度など製膜条件に強く依存する。本実験の場合、塩化カドミウム下層液のpHが一定ではなかったため、面間隔に対する下層液の状態や展開溶媒の違いによる影響等を考慮しなければならな

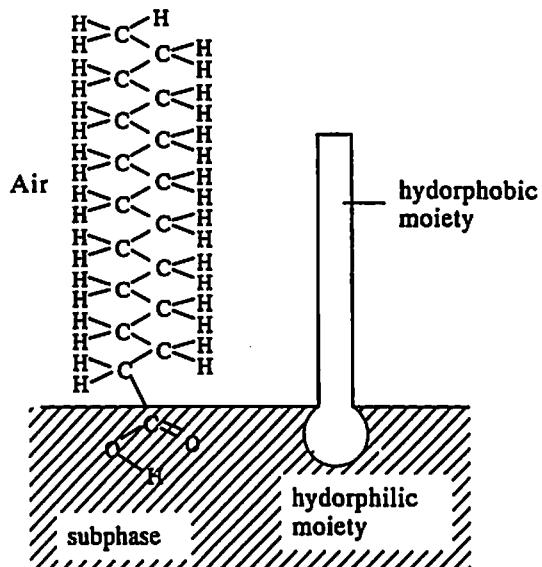


図1 水面上のステアリン酸分子

Surface Pressure
(mN/m)

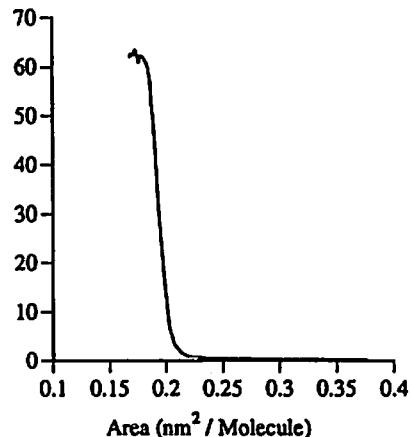


図2 アラキジン酸カドミウム単分子膜の $\pi-A$ 曲線

い。結論として、面間隔は膜物質の鎖長に依存すること、また、脂肪酸カドミウムLB膜では面間隔は下層液の状態に依存することがいえる。LB膜の構造を評価するためには他の評価法と合わせて、分子レベルで解明することが望ましい。

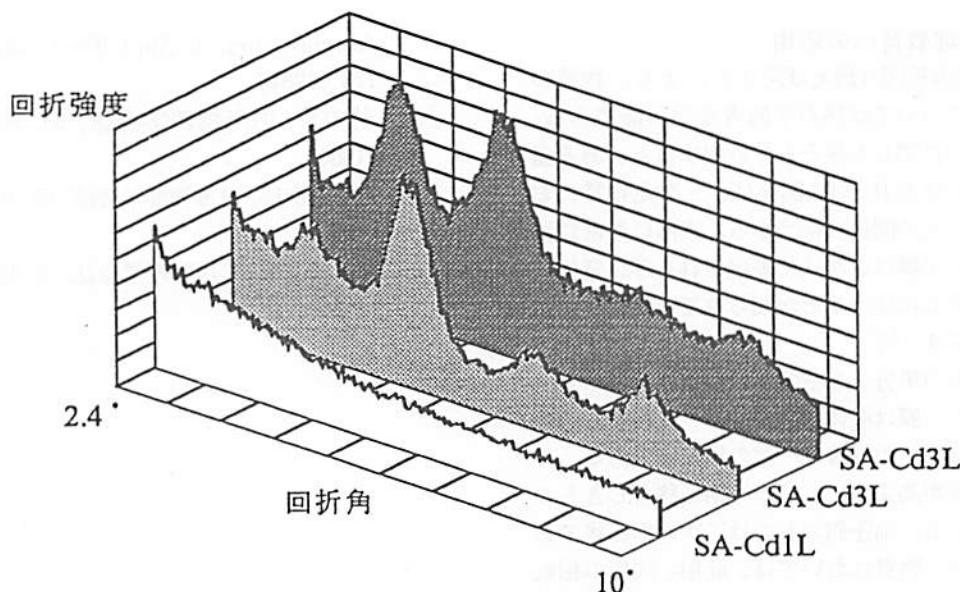


図3 ステアリン酸カドミウムのLB膜によるX線回折パターン（1～3層）

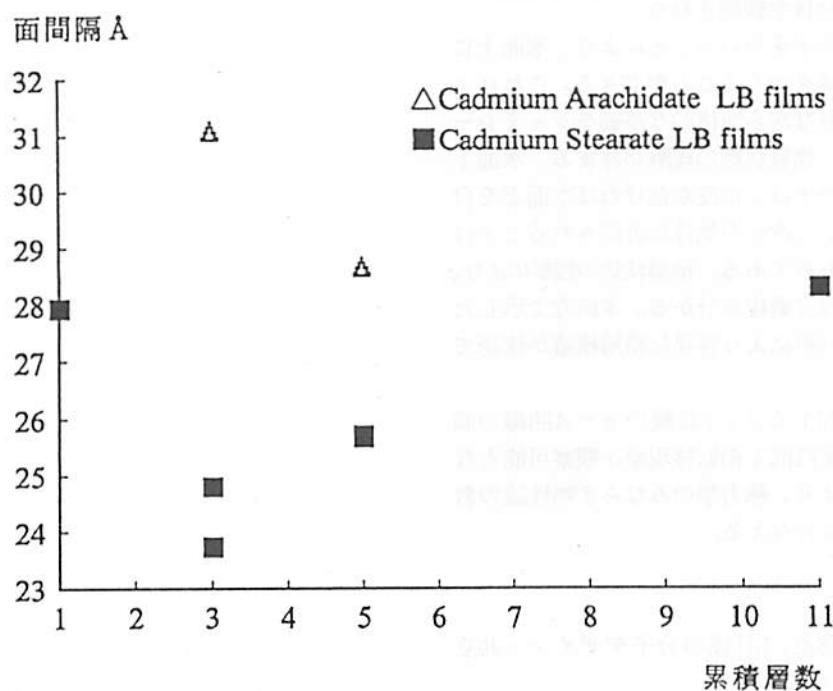


図4 累積層数に対する002面間隔の依存性

6. 物理教育への応用

LB膜の相図（例えば図3）により、物質の相変化については熱力学的考察が可能である。熱力学的に閉じた系として近似すると、ある温度Tにおける Π とAの関係は、三次元物質におけるPとVの関係に相当する。実際に非常に稀薄な单分子膜は、次式で表現される理想気体の状態方程式に従うことが知られている^[6]。

$$\Pi A = kT$$

水面上の单分子を密度が低い気体状態から圧縮すると、膜は液体状態(L)へ転移する。気相から液相への転移は一次の相転移である。さらに密度が高まると、二つの相転移らしきものが現われる。高圧側のものは二次の相転移である。三次元物質においては、液相、固相の相転移は常に一次である($PV=$ 一定)^[7]。しかし、二次元系では構成素子の配向状態が関与するため高次の相転移が観測される。

両親媒性分子を用いることにより、水面上に2次元の気体をつくることができる。これにより液体でありながら気体的な挙動をシュミレーションでき、物質状態の理解が深まる。水面上の両親媒性分子は、密度が低ければ水面上を自由に移動し、二次元の気体に近似されることは前述したとおりである。積層状態の観察により、固体構造の成立過程が分かる。本研究で示したようにX線回析により容易に積層構造が確認できる。

以上を要約するに、LB膜の $\pi-A$ 曲線の測定により、実時間で相転移現象が観察可能となる。これにより、熱力学のみならず物性論の教育を効率的に行なえる。

参考文献

- [1] 入山啓治, LB膜の分子デザイン : 共立出版 (1988)
- [2] T. Kajiyama, Y. Oishi, MEMBRANE: 17, 332-343 (1992)
- [3] H. Kumeharab and S. Miyata : 電子情報通信学会技術研究報 OME 87-1, 1-6 (1987)
- [4] K. Mizushima, T. Nakayama and M. Azuma : Jpn. J. Appl. Phys., 26, 772-773 (1987)
- [5] 竹中享, 応用物理学会誌, 55, 903-908 (1986)
- [6] 宮野健次郎, 日本物理学会誌, 45, 317-323 (1990)
- [7] 宮の健次郎, 応用物理学会誌, 55, 897-902 (1986)

あたらしい基礎物理学実験の試み

北海道教育大学・釧路 矢 作 裕

目 次

1. 物理学教育の視点
 2. 物理学実験の改革
 3. 時定数に関する実験
- おわりに

1. 物理学教育の視点

物理教育全体のなかで、教育系大学の基礎物理学実験は、ことのほか重要な位置を占めている。表-1の例のように、受講生の構成をみれば物理学の専攻生はごく少数である。自然科学の他の分野に関心をいだく大部分のものにとっては、この基礎物理学実験の授業が、いわば最後の物理像を具体的に固める場となっているといえる。ここでの教育の内容は、やがて教員を介して小、中、高の児童や生徒たちへと据野がひろがっていく。一方、大学、特に教員養成系の大学における基礎物理学実験の現状は、コンピュータの普及に象徴されるような科学技術の進歩に対応できていないのがそのおおまかな実状である。すなわち、1:高校で物理を十分履修していない学生の増加に対応できていない、2:実験内容、指導書の現代化への対応の遅れ、3:実験機器、装置の不足と老朽化、4:教育実験予算の慢性的不足、5:スタッフの不足、6:教育的とりくみを軽視する傾向、などなど内外に問題が山積している。学生たちの大学への期待は、これらと対照的に高く、最新の設備で高度技術や実験を高品位の画像で目にする機会の増加もあって、彼らにとっては教室での旧態依然の教育的実験を一層色あせたものとしている。大学の自然科学系の基礎的実験のなかでも、物理学実験は、このように、とくに多くの共通の問題点をかかえている。基礎的な物理学実験は、華やかな科学ニュースとはちがって、中学校から大学まで、まず内容的には「力と運動」や「クー

ロンの法則」などといった古典的で定型的なものがくりかえし登場する。したがって、同じ内容を扱っていても、物理学教育に対する姿勢や、時代的背景のもとで、その実験の手法や提示のしかたに際だって鮮かな内容を伴っていなければ、物理に関する授業を魅力あるものとすることはできないのではないかと思われる。また大学の基礎物理学実験と銘うっている教科書の多くが理工系を対象とし¹⁾、驚くほど類型的であり、ながながと真空管の説明が続くものもあり陳腐でさえある。グラビヤや映像にせよ【最新】の内容や科学機材に触れている若ものたちに、それがどんなに重要な内容であっても、数十年まえとかわらぬ形で【滑車】や【てこ】を提示しても、とても関心を呼ぶことはないであろう。また若い人々の理科ばなれが拡大している状況が一方にあり²⁾⁻⁵⁾、かなりの若者たちが無批判に超自然的なものに心をかたむけている調査も報告されている。教育の現場では、かって物理学を中心として学んだ多くの教師が物理の授業から離れている様子もたえられている。教員養成系の基礎物理学実験は、以上のような状況のもとで、かなり高い率で物理嫌いの再生産につながる恐れがあるという点で、改革の実行が急務であるといえる。さきごろ理科教員の免許基準が改訂され、必要な基礎実験の単位が、そのなかにコンピュータの活用をふくむ倍の2単位となり、筆者の属する大学の基礎物理学実験は、午後の2時半から4時間30分、夕食の時間をとって8時近くまで授業が行なわれている。この改訂を機に、きわめて限られた条件下であったが、授業の内容を一新する好機と捉え、これまでの計測器開発の経験を活かして内側からの改革を試みた。小さな、一步ではあるが道が拓けたと考えている。以下はその内容の一端についての報告である。

2. 物理学実験の改革

現在の実験室をとりまく状況にどんな好条件があるか、あえて探してみれば、まず時間的な余裕（4時間30分）があり、コンピュータ、視聴覚機器の利用もできる。国内のどの地域にあっても高機能の半導体の入手が可能である。また日常の容器や素材、文房具のたぐいのものが安定的に同一規格のものが安価に入手でき、実験の素材としてまさに宝庫の感すらある。さらに録音録画の機器など、個人的に使っている機器も格好の記録計などとして利用できる。この物質的背景を意識的に組み込めば、新しい教育実験の改革の方向とすることが可能となる。

実験の指針としては、1:実験の科目を物理学の講義の補助的なものとしたり、技術の修得の場とする考え方を捨て、[実験]というきわめて具体的な教育方法を通じて[物理学]の教育をする。すなわち、[実験をともなった物理学の授業]ととらえる。2:実験を中心とする教育学部での物理学の授業は、本来的にもっとも一般的で親しみやすく、魅力あるものとなるはずである。3:内容の構成は理工系の基礎から離れて柔軟に考える。4:コンピュータを活用するさいに、ソフトウェアの利用に傾斜せずに、それに科すべき内容を創りあげることに力を注ぎ、できるだけ機器的な利用をはかる。」

以上のような考えのもとに、中心的計器とし

| | |
|----------|----------------------------|
| 授業時間数 | 半期 15 回 × 6 単位時間 |
| ・受講学生数 | 28名(1992年度) |
| 専攻 | 応用理学 2, 物理学 1, |
| | 化学 8, 生物学 1, 1 |
| | 地学 2, 理科教育学 4 |
| 担当教員 | 1名 |
| 既存の機材 | 基礎実験用の【ボルダの電子】、【面積計】などの旧機材 |
| 機材の調達 | 担当者の研究費に依存 |
| 実験の形態 | 主としてグループ実験 |
| コンピュータ | 利用可能(2人/1台コンピュータ室) |
| 視聴覚機器 | 利用可能(実験室) |
| 実験費(消耗品) | 担当者の研究費から充当 |
| 経費の自己負担 | 教科書相当額が限度 |
| | テキストは使用していない |

表-1 実験をとりまく教育環境

て、実験用電源、容量測定機能をもつ簡潔で安価な装置を注意深く設計し、これをもとに表-2のような実験テーマを用意した。学生はつぎに述べるこのキットを用意したうえで実験(実験Iと呼称)に参加する。この表では改革の途上にあることもあってエレクトロニクスに関するものが多いが物理量を電圧に変換する工夫をし、コンピュータとの連携によって、その内容を広げ豊富なものとすることができます。

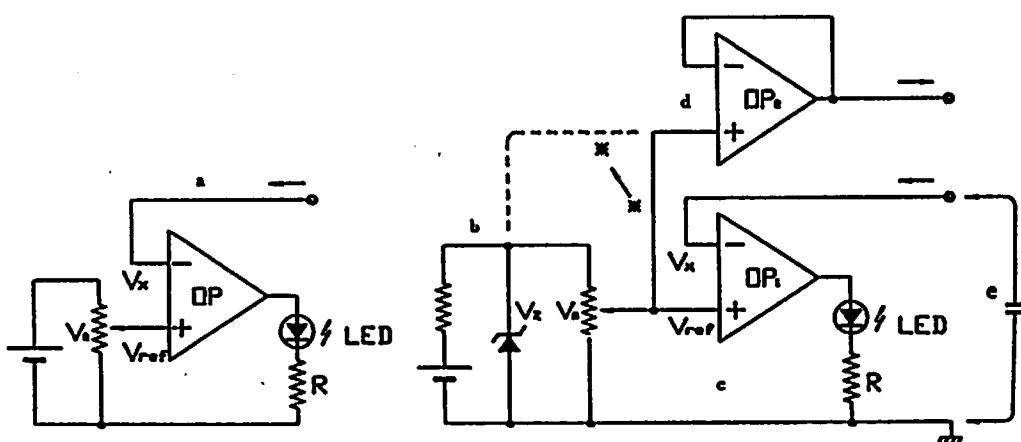


図-1 比較型電圧計の動作

| | |
|------------------------|-----------------------|
| # 1 物理学実験とデータ処理 | # 16 コンピューター制御 |
| - 物理と化学のちがいは? - | - やわらかい器械 - |
| # 2 力と運動 | # 17 * 惯性モーメントの測定 |
| - よく回るかざぐるまをつくるには? - | - 回転数をかえるには? - |
| # 3 重力加速度の測定 | # 18 * 水の粘性係数の測定 |
| - 時計はひもの長さをはかる道具か? - | - お湯と水のちがいはなにか? - |
| # 4 質量の測定、重心、比重、モーメント | # 19 厚膜抵抗の測定 |
| - 半径りをつくる - | - アクセルをどう踏んだらよい? - |
| # 5 多機能比較型電圧計のくみ立て | # 20 * フックの法則 |
| - まずメモリのない電圧計をつくる - | - たたいて音ができるのは? - |
| # 6 オームの法則、抵抗分割 | # 21 * 比熱の測定 |
| - 電圧計にどのように目盛りをつけるか? | - 水は抵抗する - |
| # 7 等電位線を画く | # 22 * 程度の実験 |
| - 電流は平面をどのようにながれるか? - | - なぜいまさらガリレオか? - |
| # 8 電池の内部抵抗の測定 | # 23 * 热の仕事当量の測定 |
| - 古い電池と新しい電池はどうちがうか? - | - エネルギーの実験 - |
| # 9 静電容量と合成容量 | # 24 * 光の波長 |
| - 导体と絶縁物のサンドイッチ - | - 本当に赤い色だけか? - |
| # 10 時定数と固有定数 | # 25 * 水の電気導度 |
| - 放射性物質はどのように減少していくか? | - 水の【よごれ】をどうしてはかるか? - |
| # 11 テランジスターのはたらき | # 26 * ブリッジ回路 |
| - コンピュータの出発点【PN接合】 - | - 測定の工夫 - |
| # 12 発振回路 | # 27 * 電気をためる |
| - 時のきざみ、音、電波がつくれる - | - コンデンサーをつくる - |
| # 13 記憶回路 | # 28 * 電圧をつくる |
| - メモリとはなにか? - | - 抵抗をつくる - |
| # 14 基本論理回路 | # 29 * 測定器をつくる(1) |
| - [AND/OR/NOT]のはたらき - | - 1/1000秒をはかるには? - |
| # 15 溫度、光、音のセンサー | # 30 * 測定器をつくる(2) |
| - 電気の感覚器官 - | - 音程をどうしてはかるか? |

*印は、臨時的テーマである。

表-2 基礎物理学実験のテーマ(1992)

3. 時定数に関する実験

a : 比較型電圧計¹⁾の機能

図-1は、オペアンプ(LM324など)による電圧計の機能図(左)、回路図(右)である。アンプは9Vの電池で動作し、安定化された5Vの固定電圧はそのまま実験用電圧源となる。またこの電圧は可変抵抗により任意に分割され、バッファードを通じて可変実験用電圧源となる。他の一つのアンプは比較器として用いられ、入力端子の一方には可変電圧、他の端子には未知の電圧が入力される。出力端子にはこれらの比較の結果が俊別され、0Vか、電源電圧に近い値の2値が出力され発光ダイオードによって表

示される。この測定の範囲は0~5Vでコンピュータの動作電圧と一致させている。5Vを越える測定法はそのまま、抵抗分割の問題として活きる。この電圧計は組み立てが完了すれば、ダイヤルによって内部基準との比較動作は行なわれるが、目盛り付けがされないかぎり測定はできない。基準電圧を用意するか、可変電圧を出力し基準計器によってその値を測定して目盛りを付けてはじめて電圧計として機能する。容量測定は入力端子のリーク電流を利用しているが、#11²⁾にオペアンプの働きがとりあげられていて、のちになって自分の計器である電圧計、容量計の動作原理が実験的に理解される。

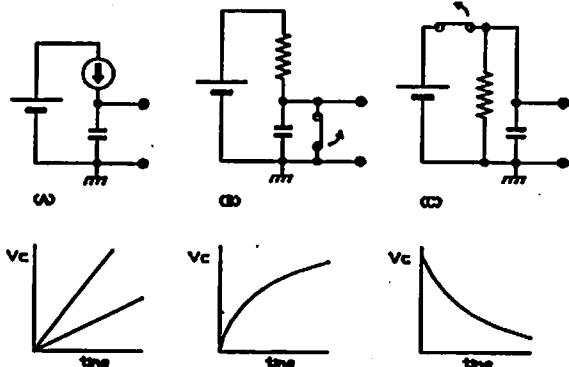
物理学実験 I

10 時定数 (time-constant) と半減期 (half-life)

【内容・用語】コンデンサー、充電、放電、抵抗、定電流、定電圧、電源
コンデンサーの役割り／発光ダイオード（LED）、時定数、緩和時間、半減期（half-life）

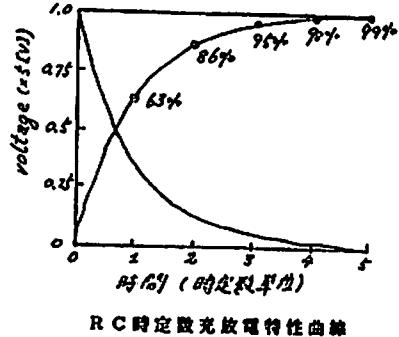
【目的】コンデンサーの充放電特性を調べ、時定数（緩和時間）の意味を理解する。また、この放電特性は放射性原子核が崩壊して他の原子核になると、その原子核がもつ固有の定数を崩壊定数というが、これらの現象を類似させてあわせてその理解を深める。

【実験】



【課題】

- 1 : 放電特性曲線、充電特性曲線を図け。
- 2 : 放電特性曲線で、初期電圧の37%、達するまでに要する時間を測定し、理論値と比較せよ。充電特性ではどうか。
- 3 : このRC充電、放電特性を時定数を単位とする目盛りで図け。
- 4 : この放電特性は放射能の崩壊の特性と数学的には同等である。半減期についてしらべて、その意味を放電特性曲線を用いてしめせ。



【実験装置・準備する器材】(*:各自用意してくるもの)

| | |
|-------------|------------------------------|
| ブレッドボード | $\text{e}=2.718$ |
| 抵抗 | $1 \text{ [M}\Omega\text{]}$ |
| コンデンサー | 33 [\mu F] |
| 定電圧電源／電圧計 | $e^{\frac{t}{T}}=148$ |
| 基準時間 | $e^{-n}=0.0068$ |
| *計算機、*グラフ用紙 | ----- |

図-2 実験用ワークシート#10 (部分)

b : 時定数の測定

一般に電気にかかわる実験では、内部状態が不透明であるが予想と結果がきわめてよく一致することや、コンピュータの入出力の実際と自然なかたちでつながり、現代的で魅力あるテーマを用意しうるなどの特徴がある。実験例のように、いわば電子工学の初步の内容で物理学の特徴のひとつである一般性をもった内容とすることができる。ここでは本校での基礎物理学物理実験8)のなかから、図-2の時定数に関するワークシートを紹介する。このテーマに先行して、静電容量に関する実験がおこなわれる。そこでは、図-2(A)図のようにコンデンサに電荷が流入し、直線的な電圧の上昇によって、定電流が用意されていることを確認し、その値も測定され、合成容量の測定もここで行なわれている。時定数の測定には、電圧計を各自が所持しているので、抵抗、コンデンサそれぞれ一本が実験材料の全てである。充放電の開始のさいのコンデンサの放電は、コインなどの金属片で行ない、計時は教室全体に流れる0.5秒間隔で発する音を数えることによって計測が行なわれる。これは手製の装置やコンピュータ、もしくは腕時計や脈拍によってさえ可能で、場合によつては脈拍によることも効果的であることもあろう。もちろん全員が測定例のように、充放電の実際を実験で確かめ、これらの特性曲線や半減期をしめす曲線をえがき、理論の有効性を確認することができる。これと同等の実験を、これまでの標準的な装置によって実現しようとすれば、それだけで数百万円の費用が必要となるであろう。しかし、ここでの主役は、[時定数] や [半減期] であつて、目的は実験や類推によるそれらの概念の形成であつて、電子工学の基礎実験ではないのである。

おわりに

教育系の物理学実験のために、多機能の電圧計と時計を中心的な【計器】として、この困難な教育環境のなかで新しい実験を出発させた。実験に要する経費の問題、グループ毎に異なった実験を同時に進めることによる非合理、テー

マの平凡さ、などの解消に方向をみいだしたと考えている。この改革によって、各テーマごとに一斉に実験を進めることができるので、資料をもとに、そのテーマに関わる内容を詳細に説明できるようになり、視聴覚機材の利用が実験の授業で意味をもちはじめた。また個々の学生に対する説明や質問、実験上の指導についても細かく対応できるようになり、リポートも各自の責任で、自分の実験資料にもとづいてかくことになるので実験も緊張感を伴う。また時間が十分にとれることを利用して、実験、講義、実験のデモンストレーションなどをおりませたような形式の授業ができるようになつた。もちろん、これで人やものが不要などということにはならないが、もしされらが潤沢であったとしたら、実験の授業をどのように構築するか一考の価値がある。たとえよい環境が外部から準備されたとしても、教師自らの不断の授業の創造への努力なしには、学生たちが自然科学の魅力をからだに染み込ませて社会に巣立っていくことはないであろう。

文献と資料

- (1) アンケート調査に見る大学における基礎物理学実験の現状。浅井幸助 他, 滋賀大学教育研究所紀要, No.25 pp.81-88, 1991
- (2) 「高校生の意識調査から」, 永戸伸行, 化学と工業, 第43巻, 第12号, p.102, 1990
- (3) 日本の大学基礎物理教育の現状 原 康夫, 『しぜん』 No.6 東京教学社, pp.1-11, 1991
- (4) 物理教育はどこへいく, 日本物理教育学会北海道支部, 物理教育研究, No.20, 1992
- (5) 初年度学生に対する物理実験教育方法の改善。浅井幸助 他, 滋賀大学教育学部物理教室報告書, 1992
- (6) 物理系の理科実験教材の開発, 北海道教育大学僻地教育研究, No.45 pp.27-35, 1991
- (7) 実験・観察へのコンピュータ利用について, 矢作 裕, 北海道教育大学 働地教育研究, NO.46 pp.1-8, 1993
- (8) 北海道教育大学(釧路)【物理学実験Ⅰ】実験ノート(1992-1993)

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態

鶴岡 森昭 (北海道札幌開成高等学校)

山田 大隆 (北海道札幌藻岩高等学校)

1. 調査目的

平成6年度から実施に移される新教育課程の具体的対応を求めて活発な議論を展開している高校教育実践の場において、特に理科教育に携わる教師にとっての関心事は、いわゆる『理科離れ・理科嫌い』があげられる。特に物理にその現象が顕著に見られて、『物理離れ・物理嫌い』として教育関係誌や教育学会誌には特集記事が掲載されている。全国的なその実態報告に触発され、北海道内の高校・大学の物理教育の実態を把握するための調査を高校生と大学生を対象に実施する計画を立てた。

平成3年6月と平成4年6月に筆者の一人が勤務する高校の1年生5クラスの生徒を対象に「理科の科目選択に関する予備調査」を実施した。その調査に基付いて、より客観的成果を求めて他校にも調査範囲を広げて実施した。更に、高校の理科指導を受けた大学生にも対象を広げて調査を実施した。

2. 調査方法

平成4年10月に札幌市を中心とする高校16校の理科教師の協力を得て生徒2004名を対象に「理科の科目選択に関する調査」を実施した。調査内容は右に掲げた通りで、マークカードリーダーで集計した。

更に高校で理科の指導を受けた大学生対象の調査も実施した。物理を専攻する大学の学生35名、物理を必要とする工学系の学生40名、物理を大学で履修している教育系の学生67名を対象者として、「物理教育に関する調査」を実施した。

3. 高校生対象の調査結果

調査用紙の内容は次の通りである。

理科の科目選択に関する調査 (生徒用)

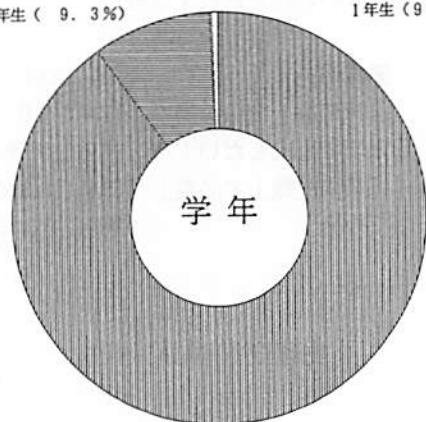
来年4月からの理科の科目選択についての調査です。今後の就業選択候補のための選択肢にしますので、よく考えて次の質問項目に記入して下さい。
なお、回答は「その他」以外は全て記述のマークカードに記入して下さい。
(日本物理教育学会北海道支部)

1. 年年 (1) 1年 (2) 2年 (3) 3年
2. 性別 (1) 男 (2) 女
3. 2科目を選択する場合に、次のどの組み合わせを考えていますか。
- (1) 物理・化学 (2) 物理・地学 (3) 物理・生物
(4) 化学・生物 (5) 化学・地学 (6) 生物・地学
4. 2科目で受験したい大学等での理科の受験科目は何ですか。(2科目まで)
- (1) 物理 (2) 化学 (3) 生物 (4) 地学
5. 受験のことを考慮しなければ、理科2科目中でも最も選択したい科目はどれですか。
- (1) 物理 (2) 化学 (3) 生物 (4) 地学
6. 2. の科目を選択する理由は何ですか。
- (1) 合はが持てそうだから (2) 自然を理解する上で、最も重要な科目だから
(3) 大学で受験したいから (4) 将來の収入についてから必要なだから
(5) その他()
7. (上で「物理」を選択しなかった者だけが記入して下さい。)
物理を選択しないのは、どんな印象を物理に対して持っているからですか。
- (1) 内容が難しい (2) 計算が多い (3) 教科書が分かりにくい
(4) 専門用語が複雑 (5) 球は持てない (6) 公式が多く頭をしにく
(7) 物理面白くない (8) 改革についていけそうにない
(9) その他()

(a) 「学年」

| | | |
|---------|-------|---------|
| (1) 1年 | 1811名 | (90.4%) |
| (2) 2年 | 186名 | (9.3%) |
| (3) 3年 | 3名 | (0.2%) |
| (4) 無回答 | 9名 | (0.5%) |

2年生 (9.3 %) 1年生 (90.4 %)



(d) 「2科目を選択する場合に、次のどの組み合わせを考えていますか」

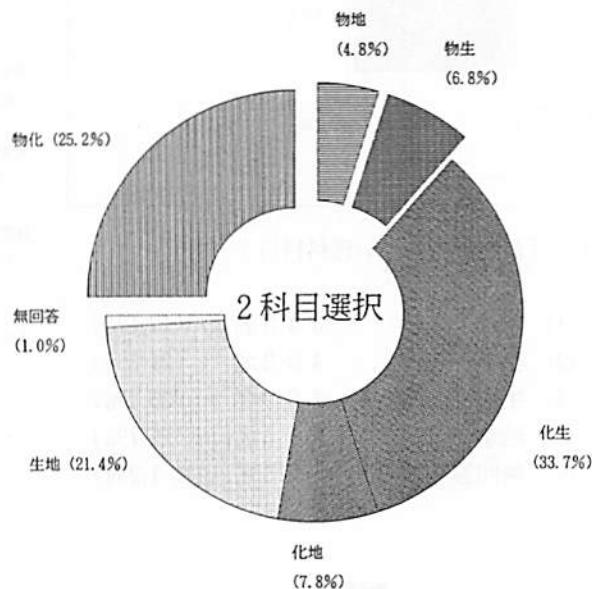
| | | |
|-----------|------|---------|
| (1) 物理・化学 | 505名 | (25.2%) |
| (2) 物理・地学 | 96名 | (4.8%) |
| (3) 物理・生物 | 137名 | (6.8%) |
| (4) 化学・生物 | 675名 | (33.7%) |
| (5) 化学・地学 | 156名 | (7.8%) |
| (6) 生物・地学 | 428名 | (21.5%) |
| (7) 無回答 | 19名 | (1.0%) |

(b) 「課程・学科」

| | | |
|---------|-------|---------|
| (1) 普通科 | 1982名 | (98.9%) |
| (2) 理数科 | 6名 | (0.3%) |
| (3) 工業科 | 3名 | (0.2%) |
| (4) 定時制 | 1名 | (0.1%) |
| (5) 無回答 | 13名 | (0.7%) |

(c) 「性別」

| | | |
|---------|-------|---------|
| (1) 男 子 | 1114名 | (55.6%) |
| (2) 女 子 | 875名 | (43.7%) |
| (3) 無回答 | 18名 | (1.0%) |



(43.7%) 女

男 (55.6%)

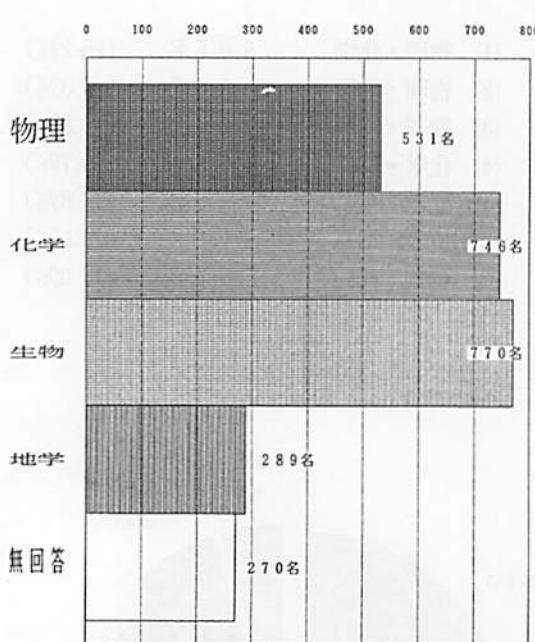
性 別

(e) 「現段階での受験大学の理科科目」

| | | |
|---------|------|---------|
| (1) 物理 | 573名 | (28.6%) |
| (2) 化学 | 787名 | (39.3%) |
| (3) 生物 | 852名 | (42.5%) |
| (4) 地学 | 313名 | (15.6%) |
| (5) 無回答 | 273名 | (13.6%) |

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態

受験科目 (2科目まで)



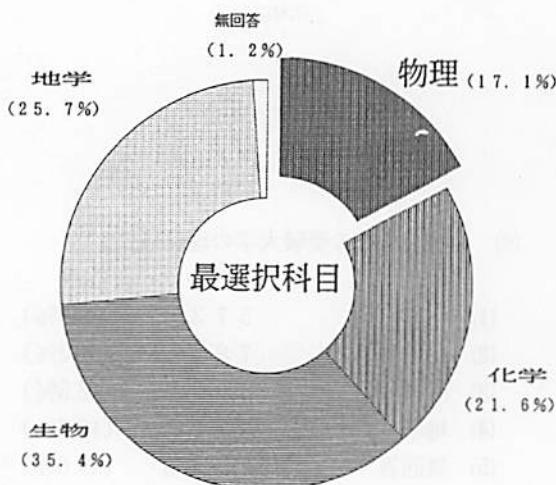
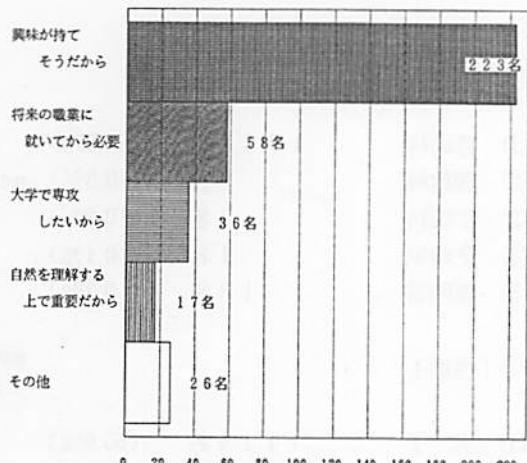
(f) 「最も選択したい理科科目」

- | | 学生数 | 割合 |
|---------|------|---------|
| (1) 物理 | 343名 | (17.1%) |
| (2) 化学 | 432名 | (21.6%) |
| (3) 生物 | 709名 | (35.4%) |
| (4) 地学 | 515名 | (25.7%) |
| (5) 無回答 | 23名 | (1.2%) |

(g) 「設問6の物理を選択する理由」

- | 理由 | 学生数 | 割合 |
|-----------------|------|---------|
| (1) 「興味が持てそう」 | 223名 | (65.0%) |
| (2) 「自然理解上で最重要」 | 17名 | (5.0%) |
| (3) 「大学で専攻したい」 | 36名 | (10.5%) |
| (4) 「将来の就職上で必要」 | 58名 | (16.9%) |
| (5) 「その他」 | 26名 | (7.6%) |

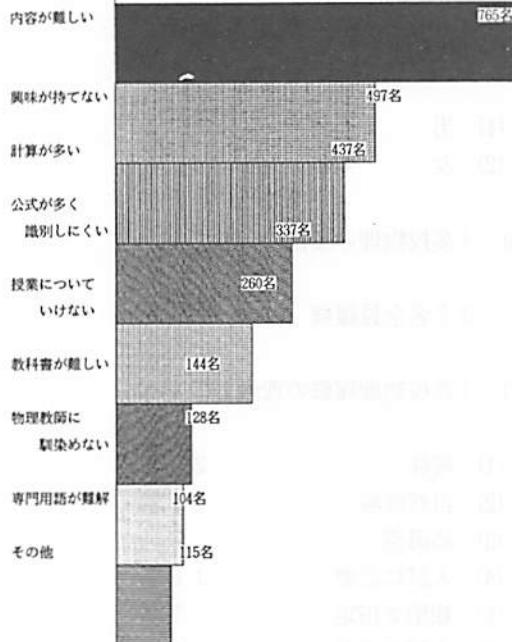
物理選択理由



(h) 「物理を選択しない理由」

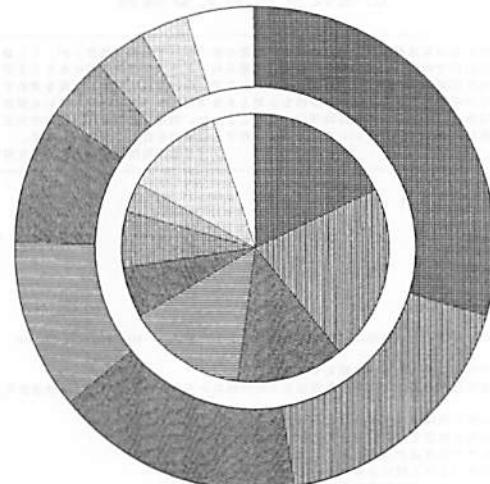
- | 理由 | 学生数 | 割合 |
|-----------------|------|---------|
| (1) 内容が難しい | 765名 | (38.2%) |
| (2) 興味が持てない | 497名 | (24.8%) |
| (3) 計算が多い | 437名 | (21.8%) |
| (4) 公式が多く識別しにくい | 337名 | (16.8%) |
| (5) 授業についていけない | 260名 | (13.0%) |
| (6) 教科書が分かりにくい | 144名 | (7.1%) |
| (7) 物理教師になじめない | 128名 | (6.4%) |
| (8) 専門用語が難解 | 104名 | (5.2%) |
| (9) その他 | 115名 | (5.7%) |
| (10) 無回答 | 420名 | (21.0%) |

物理非選択理由



外側円：1年生
内側円：2年生

- 内容が難しい
- 興味が持てない
- 計算が多い
- 公式が多く識別しにくい
- 授業についていけない
- 教科書が分かりにくい
- 専門用語が難解
- 物理教師になじめない



(j) 「最も選択したい理科科目の男女比較」

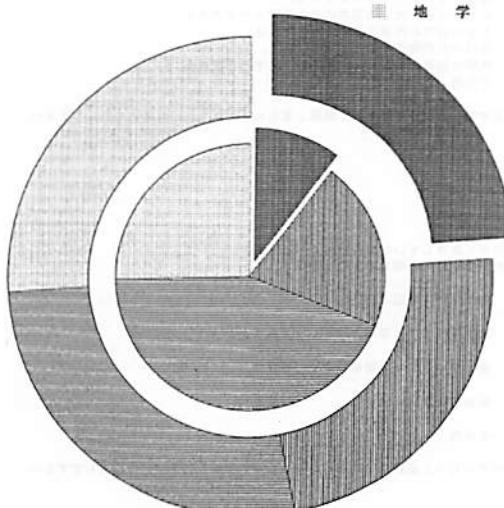
男 子 女 子

| | | |
|--------|-------|-------|
| (1) 物理 | 23.0% | 9.7% |
| (2) 化学 | 22.9% | 19.8% |
| (3) 生物 | 28.0% | 45.0% |
| (4) 地学 | 26.1% | 25.4% |

最選択科目の性差

外側円：男子
内側円：女子

- 物理
- 化学
- 生物
- 地学



(i) 「物理を選択しない理由の学年比較」
(複数選択の条件の下で、全選択件数に占める各理由項目の百分率)

1年生 2年生

| | | |
|-----------------|-------|-------|
| (1) 内容が難しい | 28.5% | 18.0% |
| (2) 興味が持てない | 17.4% | 21.2% |
| (3) 計算が多い | 16.0% | 12.9% |
| (4) 公式が多く識別しにくい | 11.8% | 14.4% |
| (5) 授業についていけない | 9.8% | 6.1% |
| (6) 教科書が分かりにくい | 5.0% | 6.8% |
| (7) 物理教師になじめない | 3.8% | 11.9% |
| (8) 専門用語が難解 | 3.7% | 3.6% |
| (9) その他 | 4.0% | 5.0% |

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態

4. 大学生対象の調査結果

～被験校別の集計結果～

調査用紙の内容は次の通りである。

物理教育に関する調査

我が国の戦後の復興と現在の経済的繁栄の礎となってきた「物理」が、ここ最近は高校での物理授業者の減少傾向等に見られるように危機的状況にあることが物理教育関係者の間で叫ばれています。そこで、物理離れに対する制御を求めて現在大学で物理を専攻する者は物理を必要とする学科・コースに在籍している学生を対象に、以下のようないくつか項目を用意しました。物理教育の改善のための大切な資料にさせて頂きたいと考えていますので、ご協力を宜しくお願いします。

（日本物理教育学会北海道支部）

1. 対象日 4年 月 日
2. 在籍校 大学 学部 学科 コース 年生
3. 性別 男 or 女
4. 出身高校 高等学校

5. 高校で「理科Ⅰ」の際に「物理」を選択しましたか。 (1) 是 (2) 否
6. (5) で否を選択した場合に応えて下さい
高校で物理を専修しなかった理由を下記の選択から選んで下さい。（複数選択可）

- (1) 物理に興味が持てそうになかったから
 - (2) 物理は興味でない科目と思ったから。
 - (3) 物理は高得点が得られないと考えたから。
 - (4) 物理は大学入試に必要でないと考えたから。
 - (5) 物理は選んだ学科で問題が指定されていなかったから。
 - (6) 物理は大学で専攻しないとを考えたから。
 - (7) 物理は就職してから必要でないと考えたから。
 - (8) その他 ()
7. ~6の設問には5で否を選択した場合に応えて下さい
7. 高校で物理を専修した理由を下記の選択から選んで下さい。（複数選択可）
- (1) 物理に興味が持てそうだったから
 - (2) 物理は自然を理解するために興しやすくなる科目だと考えたから。
 - (3) 物理は高得点が得らるやすいとを考えたから。
 - (4) 物理は大学入試に必要になるとと考えたから。
 - (5) 物理は選んだ学科で問題が指定されていたから。
 - (6) 物理は大学の専攻学科（コース）で必要になるとと考えたから。
 - (7) 物理は大学で専攻しようとを考えたから。
 - (8) 物理は就職してから必要だと考えたから。
 - (9) その他 ()

8. 高校物理に対する注文として該当する事項を選んで下さい。（複数選択可）

- (1) 実験が少なかった。(毎回した回数: 回/年)
- (2) 人間に興味ある問題演習が多過ぎた。
- (3) 教材が面白く改訂すべきである。
- (4) 授業時数を多くすべきである。
- (5) 進度をもっと遅くすべきである。
- (6) 計算よりも、概念的要素に重点を置くべきである。
- (7) 今日的物理の内容を多くすべきである。
- (8) 教材の配列順序を改めるべきである。
- (9) 教師の指導方法にもっと工夫をこらすべきである。
- (10) その他 ()

9. 8で印を押した場合に、問題と思われる指導方法の具体例を記して下さい。

10. (物理を専修している場合に応えて下さい)
物理を専修した動機は何ですか。
- (1) 興味深い本を読んで (書名:)
 - (2) 興味深いテレビ番組を見て (番組名:)
 - (3) 興味深いラジオ番組を聞いて (番組名:)
 - (4) 興味深い講義を聴いて (講義名:)
 - (5) その他 ()

11. 物理がもっと面白くなるための条件は何ですか。以下に自由記述して下さい。

A. 物理を専攻する学生対象

(a) 「性別」

- (1) 男 31名
- (2) 女 4名

(b) 「高校物理の履修の有無」

35名全員履修

(c) 「高校物理履修の理由」

- (1) 興味 23名
- (2) 自然理解 11名
- (3) 高得点 3名
- (4) 入試に必要 16名
- (5) 類型で指定 7名
- (6) 大学で必要 6名
- (7) 大学で専攻 16名
- (8) 就職後に必要 1名
- (9) その他 0名

(d) 「高校物理への注文」

- (1) 少ない実験 15名
 - (2) 多過ぎる問題演習 2名
 - (3) 教科書の改善 14名
 - (4) 授業時数の増加 7名
 - (5) 進度が速い 6名
 - (6) 概念的要素に重点 12名
 - (7) 今日的物理 4名
 - (8) 教材の配列順序 1名
 - (9) 教師の指導方法 13名
 - (10) その他 3名
- (簡単な実験副教材を、公式の暗記だけ、教師の質)

(e) 「教師の指導方法に対する具体的な注文」

- ① 物理の最前線の話題がなくて詰まらない
- ② 公式をただ列挙して教えてる
- ③ イメージできる物理を教えてくれない
- ④ 受験対策的な授業ではなく、概念的内容を面白く話して欲しかった
- ⑤ 生徒に理解できるように説明する言語能力に欠ける
- ⑥ よくわからないまま問題を解かせるので、わけがわからぬ
- ⑦ 教科書のままである
- ⑧ じっくり考える機会に欠ける

- | | |
|-----------------|----|
| ⑤ 純真さを失いたくない | 1名 |
| ⑥ 宇宙のことが学べそうだから | 1名 |
| ⑦ アインシュタインへの憧れ | 1名 |
| ⑧ 基礎的分野に進みたかった | 1名 |
| ⑨ 興味が持てそう | 1名 |

(f) 「専攻した動機」

(1) 興味深い本を読んで

- | | |
|-----------------|----|
| ① ニュートン | 8名 |
| ② ブルーバックス | 4名 |
| ③ ホーキングの宇宙論 | 3名 |
| ④ 科学朝日 | 1名 |
| ⑤ アシモフ博士のQ&A100 | 1名 |
| ⑥ 湯川秀樹「旅人」 | 1名 |

(2) 興味深いテレビ番組を観て

- | | |
|----------------|----|
| ① カールセーガンのコスモス | 1名 |
| ② ホーキングの宇宙 | 1名 |
| ③ NHK銀河宇宙オデッセイ | 1名 |

(4) 興味深い講演を聞いて

- | | |
|---------|----|
| ① 利根川 進 | 1名 |
|---------|----|

(5) その他

- | | |
|--------------------|----|
| ① 高校物理を学んで | 2名 |
| ② 物理が好き | 2名 |
| ③ 工学方面にも道が開かれているから | 1名 |
| ④ 工学部の兄の助言 | 1名 |

(g) 「物理がもっと面白くなるための条件」

- ① 実験をする機会を増やす
- ② 法則形成の過程も授業に取り入れる
- ③ 指導者が言葉のセンスを磨き、シンプルでイメージ豊かに説明する
- ④ 指導者が考える幅を持ち、概念的部分も大切にする
- ⑤ 指導者が最先端の内容を興味深く紹介する
- ⑥ 日常的現象からアプローチし、生活に応用できる例を多く扱う
- ⑦ 物理が応用された技術を紹介する
- ⑧ 熱意を持つこと
- ⑨ 他の分野の学問との関わりも紹介する
- ⑩ 受験重視のカリキュラムをやめること
- ⑪ 大学の物理学者が一般者向けの講演を多く行なうこと
- ⑫ 社会で自然科学の基礎研究を重視する風潮が高まること

B. 物理を必要とする工学系の学生対象

(a) 「性別」

- | | |
|-------|-----|
| (1) 男 | 36名 |
| (2) 女 | 4名 |

(b) 「高校物理の履修の有無」

40名全員履修

(c) 「高校物理履修の理由」

- | | |
|----------|-----|
| (1) 興味 | 18名 |
| (2) 自然理解 | 3名 |

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態

| | | |
|------------|-----|----------------------------------|
| (3) 高得点 | 3名 | て具体的に体験できたらよい |
| (4) 入試に必要 | 27名 | ④ 実験や概念的要素に重点を置く |
| (5) 類型で指定 | 14名 | ⑤ 現象の背後にある概念的内容にも触れる |
| (6) 大学で必要 | 17名 | ⑥ 細かく面倒な計算を減らす |
| (7) 大学で専攻 | 3名 | ⑦ 公式を使う場合はその導出も取り入れる |
| (8) 就職後に必要 | 3名 | ⑧ 物理に興味を持ち、受け身ではなく自分で理解する努力をすること |
| (9) その他 | 3名 | ⑨ 視覚に訴える教材を使う |
| | | ⑩ 最初から押しつけるような指導をしない |
| | | (生物が嫌い、物理が好き、他の者に触発されて) |

(d) 「高校物理への注文」

| | |
|--------------|--------------|
| (1) 少ない実験 | 20名 |
| (2) 多過ぎる問題演習 | 5名 |
| (3) 教科書の改善 | 16名 |
| (4) 授業時数の増加 | 6名 |
| (5) 進度が速い | 14名 |
| (6) 概念的要素に重点 | 21名 |
| (7) 今日的物理 | 8名 |
| (8) 教材の配列順序 | 2名 |
| (9) 教師の指導方法 | 9名 |
| (10) その他 | 3名 |
| | (平易に解説して欲しい) |

(e) 「教師の指導方法に対する具体的な注文」

- ① 実験を多くして欲しい
- ② 説明もなく問題演習を行なう
- ③ 最初に学ぶ力学に重点を置いて説明し、演習を充実させる
- ④ 内容をしっかり説明して欲しい
- ⑤ 先生によって使う記号が違う
- ⑥ 物理の難しさを強調せず、面白さを強調して欲しい

(g) 「物理がもっと面白くなるための条件」

- ① 物理の難しさを強調せず、物理の持つ可能性や夢をもっと広く伝える
- ② 受験のとらわれずに、理解できる進度で丁寧に教えて欲しい
- ③ 身近な現象や先端技術などを実験によっ

C 1. 物理を履修している教育系の学生対象
〔高校で物理を履修した学生〕

(a) 「性別」

| | |
|-------|--------|
| (1) 男 | 21名 |
| (2) 女 | 7名 |
| | 合計 28名 |

(c) 「高校物理履修の理由」

| | |
|------------|--|
| (1) 興味 | 15名 |
| (2) 自然理解 | 2名 |
| (3) 高得点 | 1名 |
| (4) 入試に必要 | 8名 |
| (5) 類型で指定 | 9名 |
| (6) 大学で必要 | 6名 |
| (7) 大学で専攻 | 2名 |
| (8) 就職後に必要 | 0名 |
| (9) その他 | 3名 |
| | (好きだから、核分裂・核融合について知りたかったから、暗記事項が少ないから) |

(d) 「高校物理への注文」

| | |
|--------------|-----|
| (1) 少ない実験 | 13名 |
| (2) 多過ぎる問題演習 | 10名 |
| (3) 教科書の改善 | 14名 |
| (4) 授業時数の増加 | 1名 |
| (5) 進度が速い | 5名 |
| (6) 概念的要素に重点 | 11名 |
| (7) 今日的物理 | 10名 |

| | | |
|--|-----|---|
| (8) 教材の配列順序 | 0名 | (g) 「物理がもっと面白くなるための条件」 |
| (9) 教師の指導方法 | 12名 | |
| (10) その他 (入試に備えた問題演習を多くすべき) | 1名 | |
| (e) 「教師の指導方法に対する具体的な注文」 | | |
| ① 教師がひとりで話をするだけで意味がわからない ② 説明に仕方が抽象的であった ③ 法則等の説明をもっとじっくり教えて欲しい ④ 教科書を読むとわかる位の知識しか指導されなかった ⑤ 入試ばかり気にしていて、本来の物理の面白さや、概念を全然教えてくれなかった | | ① 身近で具体的な現象を取り上げる ② 興味が持てる面白い（わかりやすい）内容から導入する ③ 実験回数を増やす ④ 教え方に工夫を凝らし、生徒を退屈させない ⑤ 苦手意識を持たせない ⑥ 教師が自分が分かっていることは相手も知っているとは思わず教えること ⑦ 計算問題がなければ面白くなる ⑧ 概念的な内容を重視する ⑨ 微積分・三角関数を完全に理解してから物理を学習する ⑩ 宇宙に関することも取り上げる |
| (f) 「履修した動機」 | | C 2. 物理を履修している教育系の学生対象 〔高校で物理を履修していない学生〕 |
| (1) 興味深い本を読んで ニュートン、科学雑誌 | 2名 | (a) 「性別」 (1) 男 15名 (2) 女 24名 |
| (2) 興味深いテレビ番組を観て NHKスペシャル、コスモス | 2名 | (b) 「高校で物理を履修しなかった理由」 |
| (4) 興味深い講演を聴いて 竹内 均 | 1名 | (1) 興味が持てない 16名 (2) 重要科目でない 0名 (3) 高得点が得られ難い 12名 (4) 入試に必要でない 13名 (5) 類型で指定されていない 14名 (6) 専攻科で必要ない 7名 (7) 専攻しない 3名 (8) 就職後に必要でない 1名 (9) その他 7名 (理科 I でつまづいた、生物の方を選んだ、物理は難しい、生物が好き) |
| (5) その他 | 10名 | (f) 「履修した動機」 |
| ① 好きだから ② 単位取得のため ③ 知識が余りないから ④ 先輩の話を聞いて ⑤ 高校時代に物理を履修していたから ⑥ 最も興味があった ⑦ 面白そうだったから ⑧ 理科研究発表大会での物理分野の発表を聞いて | | (4) その他 ① 単位取得のため |

北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態

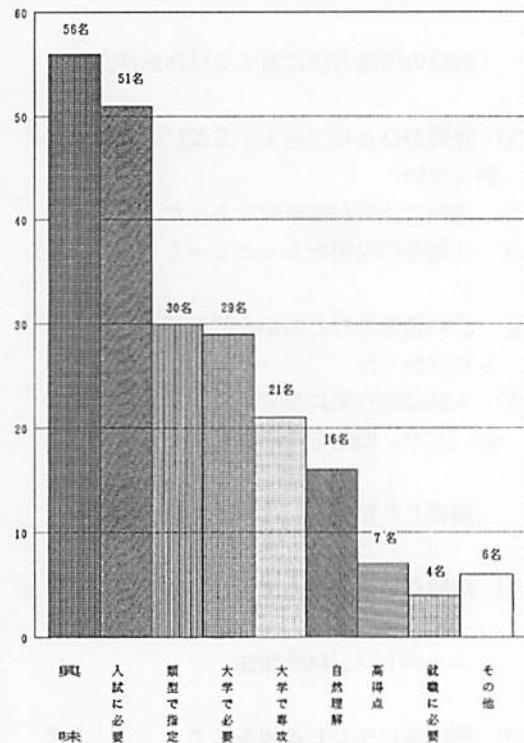
- (2) 興味が持てたから
- (3) なりゆき
- (4) 物理した選択できなくなっているから
- (5) 理科Iしか学習してこなかったのでさ
らに勉強するため

- (8) 就職後に必要 4名 (3.9%)
- (9) その他 6名 (5.8%)

物理履修の理由（大学生）

(g) 「物理がもっと面白くなるための条件」

- (1) 公式の暗記や計算に重点を置かない
- (2) 物質の現象の成り立ちを順序立ててみて
ゆく
- (3) 実験を多く実施する
- (4) もっと日常生活に身近な話題を取り上げ
る
- (5) 黒板だけではなく、ビデオ等を使って興
味が湧くように説明したらよい
- (6) 入試を離れた方が興味が持たれる
- (7) 最先端の内容を面白く説明する
- (8) 物理は難しいというイメージをなくす
- (9) 授業の進度をゆっくり
- (10) 日常生活における物理の役割を考えてい
く
- (11) 計算を減らす
- (12) 理科Iの段階で難しい公式や原理を易し
く説明する
- (13) 毛利さんのように教えてくれたらもっと
面白い



A + B + C 1. 高校で物理を履修した学生対象

- (a) 「性別」 (1) 男 88名
(2) 女 15名

(c) 「高校物理履修の理由」

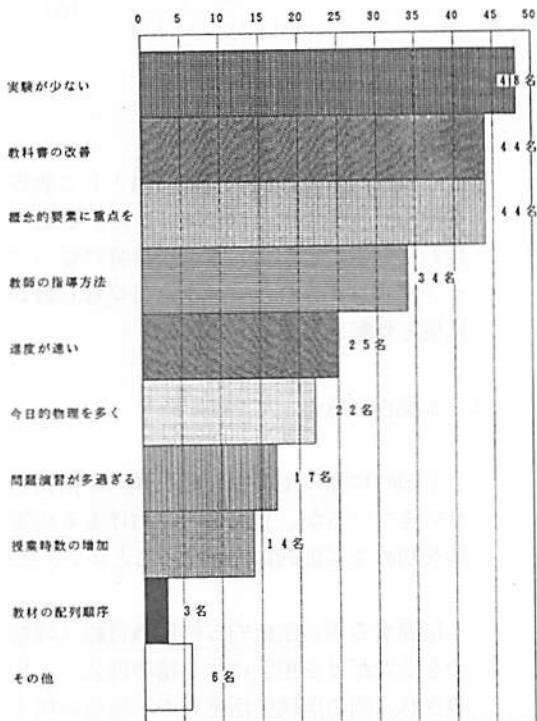
- | | |
|-----------|-------------|
| (1) 興味 | 56名 (54.4%) |
| (2) 自然理解 | 16名 (15.5%) |
| (3) 高得点 | 7名 (6.8%) |
| (4) 入試に必要 | 51名 (49.5%) |
| (5) 類型で指定 | 30名 (29.1%) |
| (6) 大学で必要 | 29名 (28.2%) |
| (7) 大学で専攻 | 21名 (20.4%) |

(d) 「高校物理への注文」

- | | |
|--------------|-------------|
| (1) 少ない実験 | 48名 (46.6%) |
| (2) 多過ぎる問題演習 | 17名 (16.5%) |
| (3) 教科書の改善 | 44名 (42.7%) |
| (4) 授業時数の増加 | 14名 (13.6%) |
| (5) 進度が速い | 25名 (24.3%) |
| (6) 概念的要素に重点 | 44名 (42.7%) |
| (7) 今日的物理 | 22名 (21.4%) |
| (8) 教材の配列順序 | 3名 (2.9%) |
| (9) 教師の指導方法 | 34名 (33.0%) |
| (10) その他 | 7名 (6.8%) |

5. 調査結果のまとめ

高校物理への注文



(f) 「履修した動機」

- (1) 興味深い本を読んで 15名
- (2) 興味深いテレビ番組を観て 6名
- (4) 興味深い講演を聴いて 2名
- (5) その他 21名

(1) 高校生対象

- ① 受験科目の一科目として物理を選んでいる生徒が全体の28%強を占めるが、最も選択したい科目としては17%程度で、4科目中最低の割合になっている。
- ② 物理を選択する理由として「興味が持てそう」をあげている生徒が選択者の6割程度を占める反面、選択しない理由としてその2倍以上の生徒が「興味を持てない」をあげている。「興味」を持てるか否かが選択の別れ目になっているよう見受けられる。
- ③ 物理を選択しない理由として「内容が難しい」「興味が持てない」「計算が多い」「公式が多く識別しにくい」といった項目をあげている生徒が大部分で、教科書の記述内容・記述方法に改善が求められていることが伺われる。
- ④ 物理を選択しない理由としては、「内容が難しい」が最も多いが、その学年別の分布に注目してみると1年生より2年生が大きく減少している反面、「物理教師になじめない」が顕著に増加している。
- ⑤ 「最も選択したい科目」は男子では4科目がほぼ均等化しているが、女子では科目間の選択割合に大きな差が見られて物理が最低になっている。

(2) 大学生対象

- ① 高校での物理の履修・非履修の理由として「入試に必要」「類型で指定」「高得点」といった制度・教育課程に関わる要因をあげている学生が多い。

- ② 高校で物理を履修した単独の理由としては「興味が持てそう」をあげている学生が最も多い反面、履修しなかった理由として「興味が持てそうにない」をあげている学生が最も多い。物理に対する「興味」が選択・非選択の主要な選択基準になっていることが伺われる点に現高校生の場合との共通点が見られる。
- ③ 高校で物理を履修してきた学生の「高校物理に対する注文」の中には「指導された物理教師に対する注文」と同義に受けとめられる事項が大部分であり、特に「実験」「概念的要素」「指導方法」に改善が強く求められていることが伺われる。
- ④ 大学で物理を専攻（履修）している学生の動機として、最近多く出版されている科学雑誌に誘発された場合が多いことが伺われる。
- ⑤ 「物理をもっと面白くするための条件」として教師の指導のあり方に焦点が当てられ、日常生活との関連を考慮し数式だけに頼らず実物等を多く用いて、「身近かな話題」「今日的な最先端の話題」をイメージ豊かに解説する教師の指導をあげている学生が多い。

6. 考 察

(1) 調査結果の信頼性

現時点で入手可能な最新のデータとしての平成3年度教科書需要数と高校生総数から、物理履修率（ α ）を次のように算出した。

尚、教科書需要数は「平成3年度会社別書名別採択結果表、東京書籍」から、高校生総数は「学校基本調査報告書（初等中等教育機関・専修学校・各種学校編）、平成3年度、文部省」から得られた数値である。

$$\text{物理履修率}(\alpha) = \frac{\text{教科書需要数}}{\text{高校生総数} \times 1/3} \times 100$$

$$= \frac{22,737}{247,737 \times 1/3} \times 100$$

$$= 27.5\% (6)$$

この履修率の数値と受験科目として物理を選んだ生徒の割合（28.6%）が略一致していることから、本調査は特に偏ってサンプリングされたデータとは見なし難い結果と判断される。

(2) 本調査の意義

全国的に高校生の物理離れ傾向が指摘されてきているが、北海道内におけるその実態を初めて実証的に把握することができた。

指導する側の伝統的な物理教育観（理解できる者だけを相手にする指導理念）と指導される側の現代生活感覚の不整合が増大してきたことが伺える。特に、大学生（物理エリート）から見た高校物理に対する注文の中には物理教育改善の重要課題が提起されていて、徹底分析に値する。

(3) 本調査の今後の生かし方

(a) 教師の改善努力を促す

- ① 「分止り主義」から「育て主義」へ
- ② 実験を多くし、体験重視の授業内容に戻す
- ③ 映像資料等の現代情報を活用し生徒の興味関心を高める
- ④ 新教材の開発と蓄積
- ⑤ 生徒の認知発達を考慮した指導方法に改善する（新教授法の開発）
- ⑥ 教科書の改善（ビジュアル化、概念・哲学重視等）

(b) 生徒の自覚を喚起する

- ① 「電子立国日本の自叙伝」(NHK)で取り上げられたが、資源の乏しい日本は優秀な技術を開発し外国に売る他には外貨を稼ぐ手段はないという国情を伝え、国民が飢えないためにはエンジニアリングを盛んにするしか方法はないことを知らせる。
- ② 今はG N P がピークで文系業種が盛んであるが、斜陽が見えてきている。将来は必ず理工系再重視の時代が来る。理工系で中心科目の物理を選択しなければ後悔する。
- ③ 企業が多産で独創的技術者を歓迎する。多くの幅広い勉強をし、基礎の裾野を広げ実験工作をやってスキルや実践力を高めると、必ず企業で尊重され高給が得られる。世の安易さに迎合して安易な道（楽して大学受験）を選ぶな。
- ④ 今日の世の技術は皆「物理」を基礎とする技術で構成されているので、物理は非常に重要である。例として毛利さんも体験した「宇宙科学」、「医学（医療技術）」、「海洋科学」、「分子生物学」、「土木・建築・機械・コンピュータ」等。
- ⑤ 物理は難しい勉強を必要とするが、本来は面白く、これからも大事にされる。日本は技術立国なので、社会的に物理は期待されている。投げずにマスターすると必ず評価される。

(c) 企業・国レベルの対応

- ① 将来の技師・研究者不足が科学技術立国の成立基盤が揺らぐことを国家的問題として捉え、官民一体となって対策を講じる。
- ② 理科教育振興法の一層の改善。
- ③ 「科学の祭典」（科学技術庁等主催）

全国化運動を繰り広げる。

(d) 教育団体との提携運動

(e) 大学入試制度の改革

7. 今後の課題

本調査は平成4年10月に実施したが、今後はその調査項目・内容に一層の改良を加えながら継続して実施し、全国的動向と比較していく必要がある。特に新教育課程移行後の動向には注目していきたい。

＜参考文献＞

- 1) 唐木 宏 ; 危機に立つ高校物理教育, パリティ, Vol.05, No.06, pp.60-62(1990)
- 2) 物理教育 Vol.36, No.3(1988)
Vol.37, No.2(1989), Vol.37, No.3(1989)
Vol.37, No.3(1989), Vol.38, No.2(1990)
Vol.38, No.3(1990), Vol.38, No.4(1990)
Vol.39, No.2(1991), Vol.40, No.2(1992)
- 3) 鶴岡森昭 ; 物理離れの実態調査と今後の対策を求めた一考察, 北海道の理科, No.35, pp.7-10,(1992).

**-NSTA40回年会の内容と
米国国内の科学社会学教材開発-**

札幌藻岩高等学校

山田 大 隆

1. 盛会だったNSTA40回年会—アメリカの理科教育改革の活力

全米理科教育学会（NSTA=National Science Teacher Association）の第40回年次大会に出席した。会期は日本の丁度春休みに当る1992年3月26日(木)～29日(日)の4日間で開催地はボストン市であった。今回大会は史上最高の1.9万人の全米小中高大4校種の教員、100社を超える教材メーカー・教育団体が、メイン会場市中心のコンベンションセンター及び周辺ホテルに集合し、研究発表、デモ実験、パネル討論、講演、ワークショップ、有料工作実習、昼食会、ミニツアー（巡検）、教材展示に参加し、全米理科教師と教育関係企業、団体のエネルギーを発露した。日本ではまず考えられない、人数と活気と創造性に満ちた教育関連団体の学会、フェスティバルの観がある。今年は特に盛会であった。地元の分析ではその理由として(1) NSTA結成40周年記念大会、(2) 教育改革提言のブッシュ教書や2000年プロジェクト発表後の米国教師内の科学教育危機感の高まり、(3) ボストン市の観光的・学術的な文化的魅力（古都で独立戦争以来の遺跡、ピクトリア調建物多数、ハーバード・MITを頂点とする多大学を有する学術文化都市）にあった、としている。

今回の参加は、東京の物理教育研究会（日本物理教育学会）のツアーディレクターで、教員は筆者を含め3人の他、理科教材メーカー代表も参加した。春休みの多忙期でもあり、毎年のNSTA年会は、全米の理科教育研究活動が研究発表内容・展示内容で判るとして以前から注目されていたが、日本からの教育学会・学校現場参加者が少ないくらいがあるが、その内容は誠に刺激的で

活性化させられる。筆者の問題意識は、今、日本の学校現場で深刻に進行しつつある理科（特に物理）離れ、といった日本の物理教育危機の対応方向を、この問題を既に解決済みの米国に学び、その対応する教材開発の実例、教師研修の方法、教育研究内容で知る（STS開発、SSC教材、科学史教材、コンテンポラリーフィジックス、魅力的デモ実験開発（デモンストレイション物理の伝統より）、レーザーディスク教材の多開発（美しい興味深い映像、アクセスも早い）、ハンズオン・サイエンス等）という点にあった。参加しての印象は、創造性の多発といった活力がこの学会にはあり、多くの教育課題を独創的研究方法、教材開発、教師討論で乗り越えようとする、今日の日本の教育改革、理科教育危機対応のモデルをそこに見た感じがした。多くの日本の理科教員が、毎年3月下旬～4月上旬、全米各地方回りで開催されるこの年会（アメリカ最大規模）に、見学・研究発表の形で参加し、多くの貴重な知見を日本の教育研究界に還元することが望まれる。

2. NSTA年会の具体的行事内容

日本では余り知られず、しかし世界的には著名学会の1つのNSTAの具体的な内容を紹介する。この年会は参加者が多層に渡り人数が多く、イベントが豊富多彩なのが特徴である。全米各地から毎年常時1万人以上を動員出来る因は、この学会が連合学会で（プログラムには、AAAS、AAAPT、SSC等の教育団体プロジェクト登録が60以上あり、略号常識も必要な程）、単位学会、プロジェクトがイベント集合として動員力があること、日本の文部省伝達講習会に

似て、官費支給の国家研修（州、団体、市町村出費）である。全米各州市町村の教育研究機関を参加対象とした、全米一のマンモス理科教育学会であることの他、大学教員、教育研究所々員を中心に、小中高の現場協力者が密接に協同研究を進める、日本以上に足並の揃った教授学研究の伝統があることにもよる。研究発表はこのチームからが多い。各々の分野での大・高中小共同研究が多く、レベルも上下巾があり（プログラムに「～向き」と指定あり）、大学研究者の学術発表から小中高校の実践発表、小学校の普及紹介まで多様で、日本の学会のように、ジャンル別に会場が分かれていらない（概ねホテルの小集会室（30人位）利用）。1時間単位（発表は1～3件）で、同一ジャンルが30ほど各ホテルのルームで一斉展開し（900～1000人）次の時間帯は全く別のジャンルとなり、同一ルームが別の話に変るのには驚かされる（移動が忙しいのである）。この「時間帯中心プログラム」は、筆者にとり初体験で、対応（慣れる）のに手間どった位であった。常にプログラム研究をし、登録手続のある大会初日（3/26）に渡される分厚い（今年用は561ページあった）「大会要項」（プログラム、会場図、要旨、各種団体、企業の宣伝）を事前に十分読み込んで、参加前からしっかりした自分用の聴講スケジュールを立てる、計画性、主体性が要求される。筆者もこの必要性（聞き落しないよう）に大会中日に気付き、夜通し煮つめ、聴講予定表を作り、後半3日を対処した（大会前1日に、申込みと同時に分厚い30頁建ての新聞型の要項が送られてくるので、それにより予定表・大会特徴を消化してくるのがベテラン参加者の対応という。）

この年会のプログラムは多種多様で、参加者は全部を聞くことはせず、途中に地方人（このNSTAは徹底した全国組織）との交流や、休憩、昼食会で積極的に情報交流し、ミニツアー・企業援助デモ実験に参加するレジャー的要素も強い。連合学会なので傘下の団体の打合わせも数多く、その回数は今大会では、3/23（3回）、3/24（5）、3/25（16）、3/26（76）、3/27（24）、3/28（26）、3/29（5）の計155

回に達している（このNSTA年会を支える背後の単位学会、研究グループのエネルギーは持筆される）。

NSTA年会には次の行事ジャンルがあり、発表件数（講演会も含む）は、(a)～(l)で統計1,325件であった。

- (a) 研究発表（原著講演一論文講読）(313)、
- (b) 実験発表デモ (322)、(c) サンプラー付公開基礎実験（モンサント・デモ）(2)、(d) ワークショップ（工作教室）(426)、(e) サンプラー提供ワークショップ (38)、(f) 特別出し物 (38)、(g) 特別報告 (8)、(h) プラネットリーソサエティ主催の出し物 (3)、(i) シンポジウム（合計105、特別-1、ラウンドテーブル-3、一般-1、パネル100）、(j) 講演（他人数200～100人）（合計9、特別-5、プラネットリーソサエティ主催-1、終身会員による-1、出资者による-2）、(k) 特別提案 (1)、(l) CESI初等科学ショーケース (1)、(m) ツアー巡検（3/26～28実施で有料、半日1日あたり）(42)、(n) 朝食会（各団体集会兼ねる）、昼食会（有名講師話題提供）、ミーティング、レセプション、ダンスパーティ、(o) ショートコース（有料の実習、1日）(31)、(p) シェル・サイエンスセミナー (3)、(q) 化学のタペ（フリン社による演示）(1)、各ジャンルの説明をする。(a)の研究発表は、日本での原著講演に当たり、大会のメインで多い (313)。しかし数の上で1位でない。必ず会場で論文が配布され、読まれるのは、スライド主流の日本に比べ有難い。(a)と同数の(b)の実験発表も目立つ。アメリカには、器用な現場の先生が多い。(e)サンプラー提供の公開実験、ワークショップといった、よい意味での産学協同がアメリカ教育界には伝統としてある。数の上で最も多いのが、簡易実験（ハンズオン）用器具作成のワークショップで(426)、参加者には小中学校の先生方が多く、近年も伝統的にhands-on（簡易・身辺）科学実験がアメリカで日常化していることの表われである。研究発表、報告、デモの項目中にこのhands-onは頻出し、日本流C.O.S（教育課程）のないアメリカで、教育団体が決める

協定基準を「フォース・タスク Force Task」というタームも報告にはよく見かけた。これら実験やデモの多さの他、特に見逃せないのが討論の国アメリカらしいシンポジウムの多さで、パネルが多く（100）、国際会議形式の近年流行のラウンドテーブル（3）もある。ポスターセッションはこの大会では取り組まれてない。

イベントを重視するNSTAの見物は多数の講演で、一般講演、特別講演、特別セッション、昼食会話題提供、記念講演（カープラス、マッコーディ記念）、プラネットリーソサエティ講演で統計41もあり、地元MIT、ハーバードを中心に、世界的著名講師が出演するのが魅力である。アメリカは科学・文化面で現在質量世界一の人材を抱えるが、特にボストンの今年会は、人材面での地元の利が光った。筆者は、コンピュータ解析により今世紀最大の発見といわれる泡状宇宙論の描像を建設したMITの女流天文学者、M. ジュラー（Margaret Geller）の講演を聞いたが、話題も講演の巧さ（手作り教材使用、大画面2スライド、自作VTR多用）も手伝い、1000人を超す盛況であった。また、デハート＝ハード（Paul De Hart=Hurd）（スタンフォード大名譽教授、NSTA会長歴任、教育書多数で著名）のNSTA40年回顧史、A. シェパード（Alan Shepard）（元宇宙飛行士、海軍少将）のNASA回顧史も1000人以上が巨大なホテルホール一ぱいにつめかけ、大統領選並の華かさがあった。J. マン（Jonathan Mann）（ハーバードエイズセンター医師）による、今日世界の最大病理エイズ現象の科学授業化への展望講演には、深刻な雰囲気ながら200人ほどの参加者があり（この形の小規模講演会も多かった）、1時間の講演、30分の質疑応答で、活発な意見がフロア教師から多発した。

イベントのもう一つの魅力あるものに、42のツアー（巡検）がある。昼食付、10～65ドルの有料予約制で、コンベンションホール前発着のバス1台の半日、1日コースで、3/26～28に実施された。筆者は事前申込みが出来ず参加しなかったが、プログラムで見る限り、実に教育的・魅力的なものが多く、この学会の1つの人

気イベントになっている。内容は、ワークショップ、ボストン港探検、ハンズオン実験、プラネットリウム教材研究法、ボストン沿岸地学、ケープコッド岬の歴史と自然、病院医学研ツア（ハーバード大）、MIT核研ツア、軍事研ツア、歴史（ボストン、セーラム等）、小学校科学授業参観（人気あり）、水難救助センタツア（人気あり）、ウッズホール海洋研ツア、動物園教材研究法、ハーバードスミソニアン宇宙物理研ツア（教育活動も見学）、学校から博物館へ教材研究法、ボストン入植地帯散歩等があり、誠に興味深い内容である。このタイプの教育ツアは、日本の学会、研究会でもすぐ採用してもよい秀れたものである。

先端実験や実習の機会に恵まれない地方教師のため、チケット購入の（0）（ショートコース1日実習）があり、これは計31ある。ハンズオンのバイオテク、科学授業でのマイコン実験解析SOAR（宇宙物質捕獲）プロジェクト紹介、化学生物のための微細実験テクニック、物理・化学・生物授業でのフラクタル教材、マッキントッシュの使い方、ラジオ・テレビ情報を使った天気教材研究、STAR（宇宙教材）プロジェクト、消費者のための化学、酵素消化の解析、ローレンスホール（科学館CEPUP）の教材紹介、生物での教師／研究者協力（JELLO-O）5-12カリキュラムでの地球システム、電子顕微鏡の使い方、中学校での宇宙の教授（NSFスペース・メット体験）、天気学校プロジェクト（自由教授、ポスター、コンピュータソフトとTV・気象台との統合）、サイエンス・リテラシー、GEMSでのカリキュラムの結晶化を等、プロジェクトの紹介や最新技術教授など魅力的で、教師教育でのコンテンツボラリ化といえる。企業や教育団体の講演も魅力があり、プラネットリー・ソサエティ（カール・セガン主宰）の出し物では、ロボット、アステロイド、火星探査、ビッグバン、時空論といった講演がみえ、シェルサイエンスセミナーでは、地球環境のリモート・センシング、人間発生学の発達、ガンコネクションの講演、また、モンサント初等デモ実験、フリン社の夕食後の化学デ

モ実験も人気があった。

最後に、これら、研究発表、デモ、講演以外の重要な（殆んど半分を占める）催物に、広大なコンベンションホール（学校体育館並の広さ）の 2、3 F を使った、全米 100 社による科学教材の展示（Exhibits）（教育プロジェクトのアピール出品も含む）がある。教科書会社もブース（1 店 8 フィート四方）を多く出している（Addison-Wesley, Mc Graw-Hill, PSSC, BSCS（いずれも改訂版出版）があり、National Geographic もあった）。新しい教材であるビデオ、レーザーディスクは、Annenberg CPB, Carolina Video、コンピュータでは Apple (Mcintosh)、Casio、Texas Instr、教育や科学プロジェクトでは NASA, Dinosaur Society, Planetary Society, U.S. Space Camp、科学博物館ではローレンスホール、エクスプロラトリアム、ボストン科学博物館が教材を出品していた。日本からは中村理科が 1 社のみ出品し、ゼネコン（全米で有名なもの）、e/m 計、大型はく検電器、電場観察器が展示され、多数の米人教師の見学があり、アメリカでの定着度が伺われた。展示は、3/25 のブース準備に始まり、26~29 午前と続いたが、広いコンベンションホールのグランドホール（2、3 F）は連日超満員で、各社用意の無料配布教材、研究会情報資料や印刷物は、身動きも出来ない程の多数の、紙袋をぶら下げた全米各地からの情報収集目的教師により、次々と消費されていった。各地区的代表としての旅費支給派遣であるから、参加も情報収集も、ワークショップでの技能取得も実に意欲的で真面目であり、特にこの展示会場での収集は（我々も含めて）重要資務の 1 つと見えた。展示側と観察側に緊張感があり、我々日本からの参加者には強い印象を与えた。各ブースでの各社説明員の熱心な説明と客からの質疑応答、追加資料を求める住所氏名簿や交換名刺の山、日本の企業展示会ではお馴染の光景が、より数多く、しかも教育サイドで行なわれている。教材（教科書、生徒活動書、教師用資料集等）（有料）は、展示会場隣の別室であり、NSTA 加盟教師による、宇宙科学、物理

的科学、環境科学、STS、SSC、スペースキャンプ、教育調査、交通事故の力学、NSTA 教授基準（日本の C.O.S）等の出版物が大量に売られていた。筆者も、アメリカの教材開発分析用資料として、110 ドル程をサンプリング購入し、今も参考資料として活用している。

展示の全体的印象や特徴は、教科書会社では従来メーカーの他、PSSC, BSCS が 1960 年代プロジェクト中で現在も生残り、今も改訂版発行を継続している（これは一驚であった）。コンピュータ利用では、マッキントッシュが全盛で、作るソフトから使いこなすツールとしてのソフトの時代にアメリカは完全移行し、販売ソフトの数も内容も豊富で、日本よりはその点進んでいる。また、確実に実験測定の自動計測化も進み、コンピュータ利用の大領域としている。工作型機械も全自動のハイテク型も多いが、アメリカ開拓時代から伝統の小中対応手作り装置（ハンズ・オン型）を提供するメーカーの多さも目立った。これは遊具や子供の研究の盛んな、アメリカの秀れた児童心理学、発達心理学の蓄積も関与している。視聴覚教材では、従来のビデオ教材に比べ、圧倒的にアクセス容易かつ、美映像のビデオディスクが全盛で、ビデオ・ディスカバリー社等の、生物の顕微鏡や地学の環境科学、自然保護のディスクの画面の美しさと種類の豊富さが目立ち、アメリカの AV 機器の完全主流化を見せていく。ビデオ展示は、ラインボーエducation ビデオ、アンバーグ CPB プロジェクトのメカニカルユニバース位であった。

科学プロジェクトや学会の出品では、3 F ホールの半分のフロアを占める NASA が質量とともに圧倒し（15 ブース）、世界一の科学団体が積極的に科学的夢・関心を青少年に喚起して、教育界に関わるアメリカの姿勢を示して学ぶべき点であり、日本との風土の違いを思う。このフロアは参加者も多く、関連会社出品でアリゾナ隕石の販売（30 ドル）というのもあった。他に、U.S. スペースキャンプ（宇宙旅行体験）、NOAA（国立海洋気象協会）、プラネットリーソサエティ、太平洋宇宙学会、宇宙派遣協会（Astronomy to go）、アメリカエネルギー省展

示（10ブース）、アメリカ原子力学会、アメリカ化学会と物理学会、医療技術学会、核物理学、A T & T ベル研究所、全米光学会、博物館科学教育研究所、博物館教材協会、パミューダ生物所、ブルースカイ協会、ダイノソール協会、ケネディスペース・センターといった著名組織の団体出品であった。大学（宣伝）では、フィンドレー大、ハワイ大、テキサス・クリスチャ大、ポートランド州立大学等があった。

科学博物館の出品も多彩なのが特徴で、地元ボストンの科学博物館（パンデグラーフがMITの核物理研究用に作った230万V機=初代パンデグラーグ起電器（教材社のものはこのマイクロ版）を移設、展示、実験をしており、誠に見応えがある）、サンフランシスコの世界的探検型科学館エクスプロラトリアムの教材と展示品作成技術書（クックブック全3巻、スナックブック、エクスプローラーブック（ハンズオンの教材集でユニーク）、ローレンスホール（UCLA付属の科学館）の教材（CEPUP）で、科学博物館教育協会とのコンビ出品である。この分野は日本では弱点であり、欧米での社会教育の伝統と定着・発展の実情を示しているといえる。

アメリカの科学教育を支える実験道具製作メーカーは、日本より数が極めて多い（日本一内田洋行、マリス、島津理化、ヤガミ、ケニス、中村理科の6社）。総合メーカーとして、エドムインド科学、ケム科学、フレイ科学、ハバード科学、国立教材、パスコ科学、材料メーカーとして、イーグル科学材料、カロライナ科学材料、国立化学材料、模型ロケット材料、科学実験器具メーカーとして、ノバ科学器具、イーグル科学器具、E & L顕微鏡・天坪、アーバー科学器具、プリンクマン科学道具、ブロック光学、カロライナ科学キット、エクステク科学器具、フリン科学器具、国立気象器具、メトラー器具、国立光学器具、サイエンティック、レーザ社（灯台レーザー・ホログラフィー等ユニークなもの多し）、サザン精密科学器具、スイフト科学器具、クエスト航空教材等の諸メーカーがあり、個性的で多彩な展示をし、カタログも豊富に出

ている状況である。

3. NSTA年会での日本人の発表状況

NSTAはアメリカの国内連合学会だが、プログラムを見ると、海外からの講演申込みが相当あった（イギリス、カナダ、中近東、日本等）。NSTAは実際には国際学会として位置づけられている。プログラムを見ると、日本人の研究発表は、今年は2件あり（2系2世又は、日本人の米国人夫人は15人を数える。）、一般科学で3月27日に、「What's Really Happening in Science Education in Japan (Part 2)」として、千葉大の温井正則、末永幹男、富山大の吉田正美氏の連名で発表がなされた。内容は、日本人が科学教育でいかに成功したか、中高校での科学教育、科学教育での情報の扱い方の例を報告した。もう1件は、同じ日に、STS教育で、「The Science/Technology/Society Approach: Can It Be an innovative Strategy for Science Education in Japan?」として、筑波大（アイオワ州立大留学中）の長洲南海男、丹波哲郎（大学院生）、筑波市茗渓学園高校の熊野良介氏の連名で、これは、3論文（大部のもの）配布で、茗渓でのSTS授業の基本構成（科学概念の系統図をKJ法に近い操作で構造化し、各レベルの到達目標を決める。フィールドワークと室内討論中心授業により、この構造化のチェックをして評価する）を示し、発表（1時間3人）の最後は、STS授業、通常教科書解説授業（Non-STS授業）との比較がVTRで紹介され、STS授業の活気が強調されていた。授業対象は1年生（理工）の地学領域であった。司会（座長）として、R. イェガー（R. Yeager）氏（アイオワ州立大、長洲氏の協同研究者、1982-83年NSTA会長、世界のSTS研究の中心者の1人）が、発表後20分程の討論を活発に導いていた。フロアからの米国の中・高校教師からの質問は活発であった。シェラトンホテルの30人ほどの小ルームの発表であったが、聴衆も筆者を含め20数名と多く、他のSTS会場（発表数は全日程で83件）と同様、アメリカではこの教材開発運動は隆盛の途中にみえた。ア

メリカ人の学会の中、高、大学の共同研究の日本人の研究発表例は極めて少なく、長洲教授から筆者の来聴は感謝され、研究業績も恵贈いただいた次第である（長洲他「STS教育の基本理念と中等生物教育での開発事例—長洲グループ報告、1993.3.5」、茗渓学園「筑波山巡検テキスト」他）。

4. アメリカ理科教育学現状(NSTA年会状況)のまとめと日本にとっての課題

アメリカ理科教育運動現状のほぼすべてが生々しく見られるNSTA年会は、日本の理科教育関係者に、今日の日本の教育改革を考える上で多くのヒントを与えるものである。

1つは、教師の創造性の発露とその開発例が、研究発表、ワークショップ、展示での各プロジェクト出品、ショートコース等、発表・公開作業の面でみられ、それが子供の理解や最適教具開発につながっている。アメリカ人は、よく子供を理解し最も創造性に富む国民、という実感がよく判る。このエネルギーは学ぶ必要がある。

その2は、教材開発が日進月歩で1960年代のHPP、PSSC、BSCS等はもう古いということで、これら著名古典プロジェクトも改訂版で対応しているが、現在のアメリカは膨大な数の新作プロジェクトが年々生まれ、特に、NSTA年会ではその発表会の観がある。これら全米に広がる教育プロジェクトは、メンバー定期会合、教材開発と販売、指導実践研究と発表を活発に行ない、各々他グループと意見交換している。NSTA年会では、その口頭・印刷物が大量に情報提供されているので、日本からの参加者には調査上、最も好都合な学会なのである。このNSTAでの研究発表でこれら団体のアピールを聞き、ポスターセッションの形で展示が見られる。ハンズオン主体、ビデオディスク中心利用、コンピュータ処理中心、NASA等宇宙情報を教材化したもの、セントヘレンズ火山情報を教材化したもの、博物館展示物を利用した学習教材、印刷物多用のもの、科学史教材利用のもの（研發は3/28にあって、筆者も

参加した。ピッツバーグ大科学史教育プロジェクトの紹介で、20名程参加、博物館情報として、ヨーロッパの代表的科学博物館、アメリカの代表的科学博物館の展示物と教育活動の紹介があった）、実に多彩な教育アプローチをしており、アメリカの理科教師は周辺の凡ゆる素材を教材化する力に秀れ、この新しい開発運動は実に見応えあった。また、プログラムに見る膨大な数のこれらプロジェクトメンバーのミーティング、昼食会は、NSTA年会の人の動きとして、この年会が機能している重要な会議の場であることも示している。この動きも学ぶ必要がある。（この楽屋裏は訪問して、各団体責任者から団体の活動状況を聞くことが出来る。

その3は、教育行事の多様さと量の多さである。日本の学会よりははるかに多彩・魅力的で、教師も楽しんでリフレッシュしている観がある。一流講師の講演の他、笑いとユーモアの公開、簡易実験、昼食会での話題提供、膨大な数の工作実習教室とデモンストレーション、文化科学両面に渡る充実した多様な巡査、深夜のダンスパーティ、熱心なパネル討論、教授基準のNSTA案提出、充実した教科書の販売コーナー、实物情報とポスターセッションの質量ともに膨大な展示会で、どれを選択するかの入念な参加者の計画性が必要とされる。魅力ある多彩膨大な行事は、このNSTA年会の呼物の1つであろう。

その4は、小中高大研究所の各機関が1つテーマで協力して、熱心に教育の最効率を目指して努力する姿勢である。NASA、米エネルギー省、プラネタリーソサエティ、原子力学会といったアメリカの超一流学術政府機関が、青少年理科教育に、夢ある最も興味深い情報を提供未来を育てようとし、膨大な数の科学教材や器具メーカー、映像、コンピュータのハード／ソフトメーカーが、よい意味での産学共同を実現、教育への援助をしているエネルギーである。科学博物館教授学といった、日本では遅れている学社連携の豊富さも目につく。この国・民間総力をあげての教育刷新への取組みのエネルギーを体感出来ることは、NSTA年会参加の最大の収穫で

あり、実際に体験して始めて判る認識であった。この認識を持ち、改革を発言し行動する教師を日本でも増やしていく必要があることを痛感した。

この年会への参加は、日本の学期の関係上、必ずしも容易なものではない。しかし、日本がこれから体験する多様化への対応のヒントを体験し、日本での改革に利用していくことは、今日重要な課題となっている。行政、各現場、各学者から多くの視学団が作られ、この年会に派遣することが出来れば、日本の教育革新運動にも大きく資することが出来ると思われる。それだけの情報、体験的価値が、このNSTA年会

の内容にはあることを認識出来たのが、この年会参加の最大の収穫であった。

(NSTAの年期参加方法は、研究発表参加や会員登録は前年の6月（年会費35ドル）まで、一般参加（非会員で）は、その年の1月に申込む（38ドル、パンケット35ドル、ツアーハイ～60ドル）。参加申込みは、参加歴の長い中村理科工業KKの中村久良氏を窓口とすると便宜を図っていただける。申込み時に、新聞形式の30項目建の全プログラムが送られ、米国での大会第1日の登録（当日受付なし）時に、分厚い要項集と参加証が渡される。)

表1 各分野の発表数 '92NSTA年会 (Boston)

| 行事項目 | 領域 (ジャンル) | | Rsrch | Phys | Chem | Gen | STS | Sci | Cospar | Bio | Physical | Sci | Ecol | Earth | Astron | Space | Sci | Elem | Informed | Leader | Supv | |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|----------|--------|-------|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Ed | Prep | Admir | |
| Contributed Papers 313 | (23.6) | 33 | 9 | 26 | 84 | 19 | 1 | 39 | 11 | 23 | 2 | | | | 2 | 17 | 2 | 42 | 3 | | | |
| Demonstrations 322 | (24.3) | 10 | 19 | 20 | 89 | 16 | 10 | 38 | 21 | 25 | 14 | 3 | 6 | 37 | 1 | 8 | 5 | | | | | |
| Monsanto Special Elementary Demonstrations 1 | (0.07) | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Monsanto Elementary Demonstrations 1 | (0.07) | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Workshops 426 | (32.1) | 3 | 12 | 18 | 94 | 21 | | 43 | 22 | 43 | 35 | 17 | 16 | 89 | 2 | 10 | 1 | | | | | |
| Commercial Workshops 97 | (7.3) | | 8 | 10 | 13 | 14 | | 7 | 4 | 4 | | | | | 31 | | 5 | 1 | | | | |
| Special Session 97 | (2.9) | | | 2 | 16 | 1 | | | 1 | | | | | 5 | 5 | 1 | 5 | 2 | | | | |
| Special Report 8 | (0.6) | 2 | | | 3 | | | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | | |
| Planetary Society Session 3 | (0.2) | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | | | | | | | | |
| Special Symposium 1 | (0.07) | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Round Table 3 | (0.2) | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| Symposium 1 | (0.07) | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Special Lecture 5 | (0.4) | | | | 4 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| Planetary Society Lecture 1 | (0.07) | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Life Membership | (0.07) | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Special Lecture 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kampus Lecture 1 | (0.07) | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mary McCurdy Lecture 1 | (0.07) | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Special Presentation 1 | (0.07) | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| CESI Elementary Science Showcase 1 | (0.07) | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| Panels 100 | (7.5) | 3 | | 4 | 33 | 12 | 1 | 5 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 16 | 2 | 12 | 4 | | | |
| 総 計 | (100.0) | (3.8) | (3.6) | (6.0) | (25.9) | (6.3) | (0.9) | (10.0) | (4.5) | (7.7) | (3.9) | (1.8) | (2.3) | (15.1) | (0.7) | (6.2) | (1.2) | | | | | |
| | 1,325 | 51 | 48 | 80 | 343 | 83 | 12 | 132 | 60 | 102 | 52 | 24 | 31 | 200 | 9 | 82 | 16 | | | | | |

近況報告

熊本大学 中島春雄

支部の皆様に近況ご報告かたがた熊本の様子等お伝えします。

職場が札幌からここへかわったこと、単身の期間が多いこと以外は昨年までと殆ど変わらぬ生活です。直接責任のある院生・卒業生がいないのでとても気が楽です。熊本は“火の国”で周りに沢山の温泉があり、雪のない道をドライブしてお湯に浸かって体を休めるのを楽しみにしています。湯上がり気分で書かせて頂きますので気楽にお読み下さい。

センター試験の室内監督が当たっていたので、試験期間中は受験生とずっと一緒に過ごしましたが、物理教育学会からアンケートが送られてきて初めて物理の問題に對面しました。珍しく高校のテキストを読み返さずに時間内に出来ました。ただし100%正解とはいきませんでした。計算違い一箇所、回答群を間違えた一箇所で、受験生はそんな間違いはしないと思います。従って今年の物理の問題は易しかったのだろうと思いましたが、去年より平均点は多少下がったとのことでした。ただどのように教科書に沿った出題であっても、定性的な説明だけではすまない問題の定式化の困難さが、受験生からみて物理をむずかしいと感じさせるところはいつまでも残ります。定式化が日常茶飯事である出題者はこのことを常に考慮していなければならないでしょう。

熊本大学は九州では二つの旧一期校の一つで、学生編成を別にすれば北大の学生と特に異なるように思えません。私個人の感想からいえばなかなかよく勉強するようです。ただ何かにつけて、九大でなく熊大を選んだという多少のコンプレックスを持っている事と暗記より理解するように日頃トレーニングするという点では北大の学生より少し劣っているかなと感じます。

もっとも、これは北大でいえば理II、III（非物理系）の学生にも学科によっては教養の物理を必修させているため、とくに女子学生に問題があることから私が受ける感じが強調されているためかも知れません。（“理解を拒否”している学生も数名見受けられます。）目下受け持っている電気系と化学系のクラスはそれぞれ100名ほどで、後期（熱・電気のごく一部）の試験は同一時間帯にてもらい、2／3ほどは共通問題として化学系には甘い配点をしたつもりでしたが平均点が55点と35点というひどい差になってしましました。外見上は高校物理履修者数・男女学生数（電気系の女子は2名のみ・化学系は1／3）が明確な差ですが、それぞれ本質的な差であるかどうか興味ある研究課題のように思われます。東大でも理II、IIIの3割に及ぶ高校物理未履修者を対象とする別コースを設けようという時代ですから、同じ内容の物理の講義で済まそうとする方が間違っているのかも知れません。高校で物理を履修しなかった女子学生で優の成績を取る者もいるのですが・・・・。（もっとも当人は相当な努力をしたようです。）物理全般をある程度理解するためには最低8単位の講義が必要とよく言われますが、熊大では丁度半分です。北大では3／4ですが、今後はどうなるのでしょうか。

以下に化学系の女子学生が試験時間の最後20分ほどで書いた意見・感想の幾つかをのせておきました。問題の解決に直接役立つとは思えませんが、あるレベルの高校卒業生の実感を伝えていると思われます。

高校の時から物理は苦手で、センター試験まで頑張ったけどやっぱりだめで、ようやく縁が切れたと思ったのに、教養で物理が必修とは知りませんでした。物理はむずかしいです。とい

うかそういう概念があるからなかなか頭に入りません。

高校のとき、物理は難しい理解できない面白くないとの先入観から抜け出せなかった。この1年で、物理が自分に近くなり面白いと思えるようになった。それがテストの点数に比例しないのが悲しいけど。。。。(以上何とか合格)

先生がおっしゃったように人よりもはるかに遅れていたのですから、もっともっと努力しておくべきだったと後悔しています。でも補講のおかげで、はるかに良くわかるようになりました。これは本当に先生のおかげです。。。。

(高校時不履修。ホメゴロシ?で、良)

昨日AM3:00まで頑張ったところがちょっとしかでてなくてかなしい。高校で物理を取っていないかったので人と差がついたけど頑張ったと思う。。。。。イメージがわく柔軟な頭が必要みたいです。(系で一番の答案、優)

夏休みと冬休みの演習(宿題)が有利(有益?)

だと思う。

(スリランカ、国費留学生。前期(力学)は系で一番の答案、優)

問題の意味はなかなか分かりにくいです。初最(最初?)のベクトルの定義があまり分からなかったが、時間をかけてやっと分かるようになってきました。

(電子系男子。マレーシア、私費留学生。ややてこずったが、可)

この試験のⅡの問題は私にとってなかなか理解できない問題です。ときどき先生がレポートを書かなければならないといったとき大変だなと思いました。でも今ほんとによかったと思います。レポートを書くとき時間がかかるけれども少しづく(つ?)内容がわかるようになってきました。

(電子系女子。スリランカ、国費留学生、良く勉強する、優)

物理教師 その二

酪農大学 秋山敏弘

昭和23年、小樽潮陵高校へ着任の翌月、北海道庁の物品監査が行われた。望遠鏡、カメラの破損放置が槍玉にあがった。罰こそ受けなかつたが『整備が悪い』と私が文句を言われた。被害者が警察で加害者扱いされたようなものだつた。

そんななかでも27歳の理科主任は、理科実験室に僅かにあった試験管と薬品とで化学の生徒実験を始めていた。ところが、物理科には全くなにもない。『化学は実験をやっている。物理はどうして実験をやらないのか。』と生徒の声がわたしの耳に聞こえ始めた。化学科の奮闘がこちらは辛かった。しかし電源装置一台買うことができる年間予算では物理の生徒実験などできるわけではなく、ただ焦るばかりだった。

消耗品が主の化学実験と、ある程度は備品が

無ければどうにもならない物理実験との間に存在する落差を周囲に知ってもらうことは難しかつた。状況をなんとかしてもらおうと、校長に相談しに行ったが『年に一つもやればいい。』と冷ややかだった。

備品の大半は相変わらずガラクタばかり、活用の方法も無いものについて廃棄を事務にせまるが、いつも、多忙を理由にことわられた。

何もせずに到底いたたまらぬ思いに駆られた。そこで、放課後の準備室で故障したラジオ修理を始めた。生徒も集まつた。少しずつ消耗品や工作道具がそろいだした。予算も〔現在の物価水準で〕8万円位に増えた。回路テスター、ベンチ、ニッパー、ハンダごてが揃つた。故障中の電源装置からは電圧計をはずした。トランスの一部はまだ使えた。オシロスコープ購入は

10年以上先の夢だった。これが昭和26年に、新しい校舎が海を望む丘の上に建つまで続いた。

私は、酪農学園大学で物理実験を担当している。そこでは『物理には実験があるとは全く知らなかった。』『小学校、中学校、高校を通じてただの一回も物理実験は無かった。』と毎年のように言われている。また、物理実験に於いての学生の不慣れな手付き、基礎的、基本的な実

験器具を物珍しそうに眺める目付きをみていると、実際にどの程度の教育を彼等が受けたのかが、よくわかるような気がする。学会、協議会で格好のいいことを言えるのはほんの一部の高校だけあって、物理教育の裾野はあまりにも貧弱である。この点においては、40年前も今もあまり変わっていないようである。

盛んになったのは、センターテストの対策ばかりのような気がしてならない。

考えることをやめた人達

室蘭工大 福田明治

私の所属している材料物性工学科のカリキュラムは物理を主体としているが、材料を扱うため化学も加味されている。化学系の講義を行っているある教官が、材料物性の学生は化学嫌いだと嘆いていた。だからといって、私には、必ずしも物理得手な学生とは云い難い。

試験をすると、答案は文字、数字で埋め尽くされているが、解答になっていない。自分には一所懸命に勉強して解答したのだから、不合格になったのを教官の不手際とし、不服としている。とくに多いのは、1題目の問題に5題目の解答を、5題目の問題に2題目の解答を、という具合に書かれており、それも、適所であれば、正解なのである。

また正負の符号を間違えているので、うっかりミスとして減点しておく。その減点に不服を申し立てるが、それを聞いているうちに、うっかりミスではなく、そう信じていることが明らかになる。その符号の違いは物理的に有り得ないことなのに、全く気づいていない。

これらは、授業でとったノートを丸暗記してきた結果なのであり、ノートの写し間違えに、なんの疑問をもたずに数式を暗記する。もちろん数式の各項の意味することは知らず、この式はこんな問題に使うものらしいという程度の認識である。

問題が与えられると、まず、記憶の中から、それに合いそうな式をさがす。見つからなければ、あっさりと諦める。問題を幾つかの要素に分解し、その要素を数式で表現し、それを総合して問題を解くのに必要な式を自分で作り上げることをしない。分解、演繹、総合等の過程が物理と思うが、かれらは出来上がった式を暗記できることを物理的能力と思っているらしい。むろん、全ての学生がこうであると云うのではないが、こういう学生がかなり多くなっており、頑固で矯正がなかなかできない。

現在の受験方法では、問題一解答パターンを数多く記憶しているものが、有利である状況は変え難いだろう。

これから脱却するには、高校から、いや、中学以下から、事象、現象等を分析し、論理的に扱い数式化する能力、考える能力を強化していく必要を感じる。これを物理学だけで背負うのは荷が重い。そのため、極端な言い方をすれば、生徒に好まれそうな科目名をつけて、物理的論理を教える必修の教科を新設するのはどうだろうかとさえ思っている。これなら物理はもとより、化学、生物、地学にも、社会科学にも役立つと思うが。

近況報告

道教育委員会 一口芳勝

自宅から歩いて森林公園駅までおよそ十数分の道程を四季折々の風景を楽しみながら通勤している。今朝の陽光は、昨夜からの湿った雪で撓んだ松の枝葉の隙間から美しく輝き、道路わきの積雪は、層状に浮き出て、周りはすっかり春の到来を告げていた。

雪の結晶が生成時の環境を反映しているように、自然の織り成す形は、物の真理をその中に隠し持っている。自然に接すると、植物は高度のセンサーで季節の変化を敏感に感じ取り、動物は自然を捕らえるアンテナで厳しい冬を巧みに生きていることを実感させられる。

理科教育においてこそ、このような自然の摂理に焦点を当て、科学する楽しさを味わわせることが求められている。そのためには、五官を生かして自然があるがままに観察することが重視されねばならない。とりわけ、気体の反応が莫大な分子のたらめな運動によって気体全体として規則性が現れるというように、自然の複雑な仕組みを、最も簡単で、分かり易い考え方で、生徒の発達段階に応じて表現させが必要でないだろうか。

最先端の情報を生徒に提供することよりも、身の回りの素材を活用することの方が興味や関心を喚起させ、学ぶ意欲がより一層増すように思われる。

確かに、科学技術の進歩によって、人為的に

組み立てられた構造物は、高度に制御され、生活が合理化し、近未来の予想ができるなど、自然を凌駕しているような感じさえある。しかし、毎日起こっている地震の予知もできないばかりか、環境保全の有効な方策も立てられないでいるのも事実である。

昨年の秋、教育視察でカナダとアメリカを訪れる機会があった。インディアナポリスの子供向けの博物館では、化石の採掘現場を再現し、子供が直接体験できるような場所を設けていた。子供の思考を自由に開放しながら、その手法においては個人の主体性を尊重し、ダイナミックな対応ができるよう工夫されているように思える。このような理念は、他の学校や教育施設を視察したときにも共通して感じられたところである。

昨今、物理ばなれと言う言葉をよく耳にするが、理科好きにする方策の一つとして、実験技術の習熟や課題研究の充実が有効であるように思う。これからの中等教育には、体験的な理解に基づく直感力や新しい問題に対応できる能力の養成とともに、身近な自然の事象を総合化できる学力の育成が求められる。

生徒の理科ぎらいを指摘する前に、先ず、教師が科学する心について議論することから始めてみてはどうだろうかと考えているこの頃である。

物理離れを離れて

釧路江南高等学校 樋口泰久

『物理離れ』が叫ばれて久しくなる。物理学界は、「この課題を解決しなければ21世紀を迎えて、日本は工業立国として世界の科学技術

のリーダーたり得ず、従って経済反映も維持できない」という意気込みで、これを解決すべく懸命な努力をしている。かく言う私も『分かり

やすい物理授業』をめざして、指導の方法や内容を工夫してきた。しかし、これはあくまでも『物理離れ』という一つの症状についての対症療法にすぎないように思える。もっと本質的な物理教育があってもいいのではないだろうか。

日米経済摩擦が大きな問題になってから久しい。半導体や自動車に代表されるように、欧米で開発されたものを日本人が改良して、多大な経済的利益を上げている。甘い汁ばかり吸っていないで、基礎的な研究開発に費用をかけて科学技術の産みの苦しみに参加するように、日本に促している訳である。しかし、本当に求めているのは『単なる金銭の問題ではなく、日本のオリジナリティーを出して世界に貢献してもらいたい』という事ではないだろうか。単に物真似が上手なだけでは、いくら経済的に豊かになって物質的に外国を援助しても、これでは精神的に外国と対等にはなれないし、尊敬もされないのでないだろうか。日本の政治だけではなくて、日本人の精神構造も同様に三流になりかねない。

幸いなことに、日本の科学史を見ると五人のノーベル受賞者がいる。この先達はオリジナリティー創造に成功した人達である。私は特に湯川秀樹先生と受賞者ではないが長岡半太郎先生に注目したい。長岡先生はご存知のように理論のみではあるが、ラザフォードに先立って同様の原子模型を提唱した人である。先生は明治20年頃学生時代を過ごした。当時、日本の学校教育はいまだ確立していない、外国人の学者から直接教わっていたのであった。大学に入って一年が経過したとき、先生は『東洋人たる自分に外国の学問を十分に研究しそれを更に発展させるだけの資質があるかどうか』悩んだ。そしてこれの解明のために一年間休学して主に中国の古代の科学文献を調べた。結論は－古代中国の天体観測、暦法、太陽の黒点観測、微分の概念、カネルギーの概念、火薬の発明・利用等々中国独自の発明・発見は沢山ある。東洋人である中国人にこれだけの事ができたのだから、同じ東洋人の日本人にも欧米の学問を発展させる能力があるはずとの確信に至ったのである。そし

て自信をもって物理学に専心し、更にドイツに留学している。先生は近代日本の物理学の先駆けとなつたのである。先生の後に仁科芳雄、湯川秀樹、朝永振一郎そして現代へと続いている。近代学校教育の草創期に、このように日本人が西洋文明に携わって、それを発展させ得る可能性について調査・研究していることは驚嘆に値する。現代の私達の方が『日本人の特質とは何か』という足元を見つめないので、根無し草のようにいたずらにあくせくしているのではないだろうか。

湯川秀樹先生も、よくご存知のように、中間子論を提唱し、素粒子論の基礎を創った人である。それまでは実験物理学の分野で主にノーベル賞が与えられていたが、先生以降理論物理学者も受賞するようになった。先生は子供の頃、祖父から漢文の素読の教育を受けていた話は余りにも有名である。両先生共に漢文に造詣が深かった。物理学の思索の根本的なところで東洋の哲学、特に『庄子』の思想と相通じるものがあったようだ。

翻って現在の大学受験を見れば、生徒の学習量の負担軽減と募集人員の確保という人気取りの為に、受験科目が軽減される傾向がある。最高学府に学び、次代を担う者がこのように甘やかされた教育で、果してこれで良いのだろうか。勿論、高校生の物理離れに歯止めをかける工夫と努力が急務であるが、それと共に日本人としてその特質を物理分野に於いて發揮できるような教育の内容と方法について、模索し、開発し実施していくことが、21世紀につながる教育になるのではないだろうか。

講談社文庫『創造への飛躍』(湯川秀樹著)

P60～長岡先生の休学

同 『この地球に生れあわせて』(同著)

P56～日本人にも独創力

日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

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

第3条 本支部は、前条の目的を達成するため次の事業を行なう。

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

第4条 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、本支部役員中の次の中から支部総会において選任する。

- (1) 支部理事の推薦した正会員

- (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員

第13条 元支部長及び本支部の地域内に在住する本部理事ならびに本部評議員は、支部理事会に出席することができる。

第14条 支部総会は、毎年1回、支部長がこれを招集する。支部長が必要と認めたときは支部理事会の議を経て臨時支部総会を招集することができる。

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

- (1) 事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、ゴジック、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 字に相当する。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

理化学用器械器具
硝子器具及計量器



有限公司 三富久商会

新住所・001 札幌市北区屯田5条7丁目1番21号
電話 (011) 774-3029
FAX (011) 774-3028

(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)

平成 5 年 5 月 31 日発行

日本物理教育学会北海道支部

第 21 号

編集責任者 御 岡 森 昭

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 北大印刷 747-8886

