

中野善明



# 物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

No 20 1992.5

# 目 次

## 卷 頭 言

中 島 春 雄

カオス・アトラクタの画像表示システム	1
加 藤 充 孝	
下 山 雄 平	
液晶回折像の逆格子変換によるシミュレーション実験	6
藤 井 隆 徳	
加 藤 充 孝	
下 山 雄 平	
ヘルツ・ティモシェンコ理論による球の連鎖衝突の解析	11
三 好 康 雅	
峰 友 典 子	
太陽電池の実験	14
峰 友 典 子	
三 好 康 雅	
第2回日中米物理教育国際会議（富士会議）に参加して	18
山 田 大 隆	
平成3年度 北海道支部研究会シンポジウムの記録	23
ティールーム	
物理教師その一	40
秋 山 敏 弘	
課題研究の充実	40
加 藤 誠 也	
高校に物理のエース（A）登場	41
永 田 敏 夫	
理科の学力	42
須 藤 悌 次	

## 卷頭言

支部長 中島春雄

年号が平成と改ってからすでに4年、国家公務員の週休2日制の実施とともにあって国立大学での授業はこの5月から週5日となりました。この週休2日制は学生・教職員にはどのように受取られているのでしょうか、やがては小・中・高の各学校へも及ぶでしょうし、われわれの日常生活に及ぼすよりははるかに大きな影響をわが国の学校教育に及ぼす筈であると思われるのに、あまり議論もないまま実行されているように思えます。しかもこれまでの教育内容をかえないと前提であるとも聞いています。何となく外圧を緩和するための、例のその場しのぎの政策としての面が強く感じられ、大学などでは必然性なしの外圧として実施されているように見えます。甲子園のラッキーゾーンの撤去などの影響はあるのでしょうか、またも「日本人のするいやり方」と避難されるものが一つふえただけにならぬように願っています。

日本の風土にどう適合したかは別として、学校教育制度そのものが本来輸入したものであったことを思えば、これまでの100年間はよくぞここまでと高く評価されるべきものは思いますが、模倣ではなく自らの力と意志で変革が可能である現時点で、外圧で仕方なく右ならえするのは大変残念なことと思います。この際思い切って学校制度・進学制度などを大改革できる絶好の機会であったのにと惜しまれてなりません。

一点きざみのテスト得点のみでの進学制度では、一日多くなった休日も一点を余計にとれるトレーニングに費やすだけになるのは目に見えています。

この5月からふとしたご縁で熊本大学に来ています。熊本大学では全学の授業時間割を90分授業に切り替えて、各学部学科相互に学生の授業科目のパライティを持たせることでこの5日制授業に多少とも新しい面を取り入れたとのことでした。

今日（5月11日）は梅雨入り直前の熊本にしては考えられないほどの好天で、南向きの私の教官室で正午の気温24.5℃、湿度55%です。こんな日が続ければ札幌へは帰りたくなくなるでしょうが、そのうち高湿度・猛暑の季節に見舞われることでしょう。2年ほど九州の生活をさせて頂きます。北海道支部の皆様の一層の御健勝と御発展を心からお祈りしております。

# カオス・アトラクタの画像表示システム

加藤充孝†、下山雄平

† 北海道大学応用電気研究所、北海道教育大学函館分校物理教室

## Graphic Software Packages for Chaos Attractors

Mitsutaka KATO† and Yuhei SHIMOYAMA

†*Section of Medical Electronics, Research Institute of Applied Electricity,*

*Hokkaido University, Sapporo 060, Japan.*

*Department of Physics, Hokkaido University of Education, Hakodate 060, Japan.*

**Abstract :** The graphic software Packages are developed for the heuristic cognition of understanding the concept of chaos. Chaos found in the set of the solutions of the two-dimensional difference equations exhibits the complex structures in the phase plane. The system consists of the approaches to the chaotic behavior in the simple algebraic manifold. We proposed the inverse approach using the graphics pictorial representation.

### 要旨

カオスアトラクタの画像による理解を目的として、パソコン上にソフトウェアパッケージ群を作成した。

カオスは比較的単純な二次元差分方程式で与えられる集合に存在し、その構造は複雑な多様体を形成する。グラフィックシステムを用いたアプローチは、視覚的認識によってカオスの意味を把握することが可能である。この手法により発見的な自学習システムを提示した。

### 1. はじめに

最近、フラクタルと共にカオスが注目を浴びている。フラクタルやカオスを含む非線形系の研究は数学、物理に留まらず、生物学、さらには美術など様々な広がりを持つ。決定系の解のカオス的な振舞いは、多くの非線形系の特徴として理解され、幾何学的理論を中心に発展してきた<sup>1,2)</sup>。さらにコンピュータグラフィックスによって簡単な非線形力学系が美的な研究対象であることが示されている。

本論文では、カオス理論の特性と発展途上にあるこの学問の真髓を画像により理解させるこ

とを目的として開発したシステムについて述べている。従来、形を通して抽象的理論を講義する事は困難であったが、近年のコンピュータシステムの発展により、視覚情報を容易に与えることが可能となった。学习者にカオス概念を形成させることは困難であるが、定義を後回しにしてカオス概念を教育することは逆説的であるが、学习者にとって効率的方法であると思われる。

### 2. 理論的背景

#### カオスについて

決定論的力学系に見られる不規則で複雑な軌道を、カオスと総称する。カオスを呈する最も簡単な力学系は、一次元差分方程式

$$x_{n+1} = f(x_n)$$

で記述される離散時間の区間力学系である。一次元カオスでもその構造や発生機構は根源的な意味を持ち、その重要性が認識されている。

#### ストレンジアトラクタ

アトラクタとはある点の回りに点列を引き寄せ、収斂する集合を意味する。安定な不動点

や周期点は最も簡単なアトラクタである。カオスを出現するアトラクタはストレンジアトラクタと呼ばれている。アトラクタは、一般に、面積が縮小する写像や、部分的には拡大するが全体としては縮小する写像に見られる。つまり完全に決定論的な方程式で表され、しかも永久カオス状態に引き込むアトラクタをストレンジアトラクタと称する。

#### Henonの方程式

カオス現象を研究するために導かれたのが Henonの方程式である。この方程式は、

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= 1 - ax_n^2 + y_n \\y_{n+1} &= bx_n\end{aligned}$$

で与えられる。「形」はパラメーターに依存して変化する。Henonアトラクタとして知られている代表的パラメータは  $(a, b) = (1.4, 0.3)$  で与えられる。

### 3. ソフトウェアのアルゴリズム

ソフトウェア内には10種のカオスに対する式が入っているが、その計算のアルゴリズムを示す。Henonの方程式は S

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= 1 - ax_n^2 + y_n \\y_{n+1} &= bx_n\end{aligned}$$

で与えられる二次元差分方程式である。式は、

$$\begin{aligned}f(x, y) &= 1 - ax^2 + y \\g(x, y) &= bx\end{aligned}$$

と定義し、Loop内では、

$$\begin{aligned}x &= f(x_0, y_0) \\y &= g(x_0, y_0) \\x_0 &= x \\y_0 &= y\end{aligned}$$

として最低一万回繰り返し計算している。 $(x, y)$  を座標として、点が描かれている。

### 4. 運用の実際

本ソフトウェアは起動すると、すぐに計算を始め、カオスを描き始める (Fig. 1~10)。本ソ

フトウェアはマウス<sup>3</sup>とFunction keyの操作により、制御可能である。多くの式ではパラメーターとして  $a, b$  を持つおり、マウスの操作により値を変えることができる。マウスはそれぞれの桁に対して座標を持っており、左ボタンで増、右ボタンで減である。点の色は14色用いることができる。画面に出ているパレットを直接クリックする方法とカラーの数字をクリックする方法で変えることができる。また画面はクリアするときにはCLEARをクリックする。カオスをプリンターに出力するにはPRINTをクリックする。

カオスを描く座標、X軸、Y軸の範囲を変えるには一度X-AXISまたはY-AXISをクリックし、パラメータを変えていく。数字の桁全てに座標

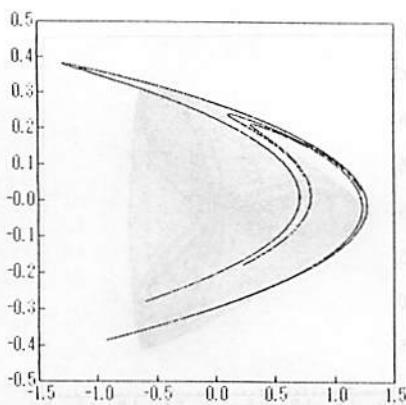


Fig. 1 Function key 1

$$x_{n+1} = y_n + 1 - ax_n$$

$$y_{n+1} = bx_n$$

(a, b)=(1.4, 0.3)

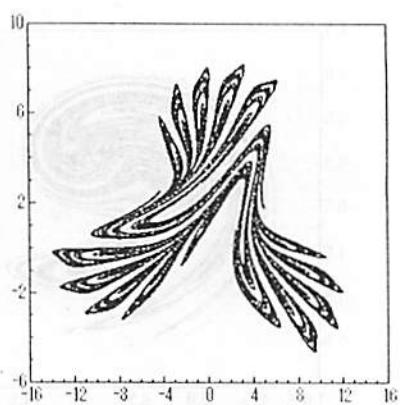


Fig. 2 Function key 2

$$x_{n+1} = by_n + ax_n + \frac{5}{1+x_n^2} + 1$$

$$y_{n+1} = -x_n$$

(a, b)=(-1.11, 0.95)

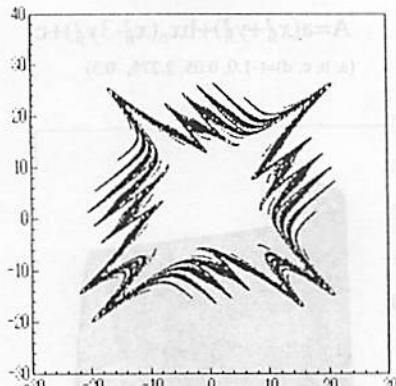


Fig. 3 Function key 3

$$x_{n+1} = y_n + ax_n + \frac{5(x_n^2 - 1)}{(x_n^2 + 1)} + \arctan(x_n + y_n)$$

$$y_{n+1} = -bx_n$$

(a, b)=(0.02, 0.9)



Fig. 4 Function key 4

$$x_{n+1} = y_n + ax_n - \frac{5}{x_n^2 + 1} + 6 - 0.2\exp(-y_n)$$

$$y_{n+1} = -bx_n$$

(a, b)=(0.02, 0.97)

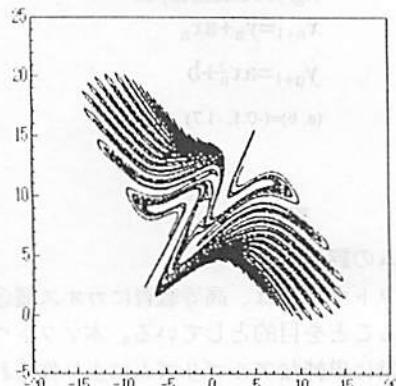


Fig. 5 Function key 5

$$x_{n+1} = y_n + ax_n + \frac{5x_n^2}{x_n^2 + 1} + 1 - 0.2\exp(-y_n)$$

$$y_{n+1} = -bx_n + R(-1)^n$$

(a, b, R)=(0.01, 0.97, 4.0)



Fig. 6 Function key 6

$$x_{n+1} = y_n + b(1 - 0.05y_n^2)y_n + f(x_n)$$

$$y_{n+1} = -x_n + f(x_{n+1})$$

(a, b)=(-0.495, 0.005)

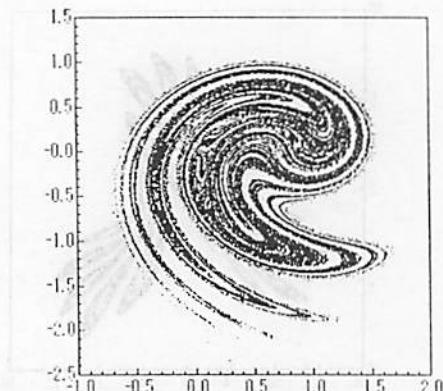


Fig. 7 Function key 7

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= a + b(x_n \cos t_n - y_n \sin t_n) \\y_{n+1} &= b(x_n \sin t_n + y_n \cos t_n) \\t_n &= 0.4 - \frac{6}{(1+x_n^2+y_n^2)} \\(a, b) &= (0.84, 0.95)\end{aligned}$$

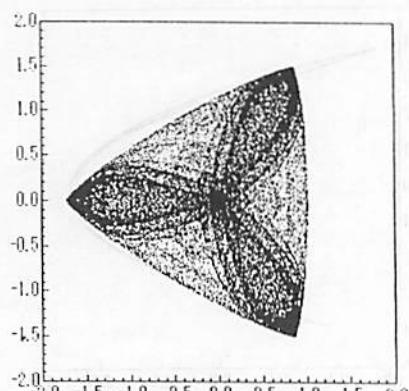


Fig. 8 Function key 8

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= Ax_n + d(x_n^2 - y_n^2) \\y_{n+1} &= Ay_n - 2dx_n y_n \\A &= a(x_n^2 + y_n^2) + bx_n(x_n^2 - 3y_n^2) + c \\(a, b, c, d) &= (-1.0, 0.05, 2.275, -0.5)\end{aligned}$$

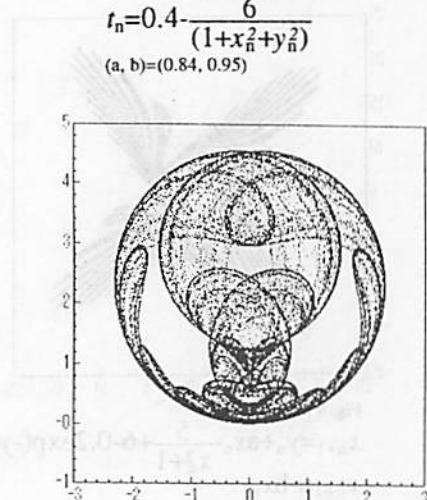


Fig. 9 Function key 9

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= (1+ab)x_n - bx_n y_n \\y_{n+1} &= (1-b)y_n - bx_n^2 \\(a, b) &= (1.25, 0.72)\end{aligned}$$

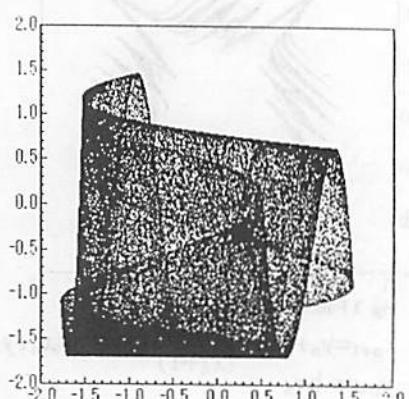


Fig. 10 Function key 10

$$\begin{aligned}x_{n+1} &= y_n + ax_n \\y_{n+1} &= ax_n^2 + b \\(a, b) &= (-0.1, -1.7)\end{aligned}$$

をもっており左ボタンで増、右ボタンで減である。入力が終わった後、OKかCANCELをクリックして計算に戻る。OKをクリックすると画面を全て消し、指定した座標で新たに描き始める。CANCELクリックすると指定した設定した無効となりそのまま継続する。

## 5. 考察

### システムの評価

本ソフトウェアは、高等教育にカオス概念を導入することを目的としている。本ソフトウェアは非常に単純なアルゴリズムにより作られているので構造は理解しやすい。

本ソフトウェアはCAIの特色であるゲーム的観点を欠いているが、簡単な概念をグラフ化するだけのCAIよりも遥かに学習者の興味を引き

つけることができる。

#### 今後の展望

本ソフトウェアを教科として用いるには難しい点が幾つか挙げられる。最も問題になるのは、どの教科で用いるべきかということである。数学として用いるには非常に難易度が高く、それゆえカオス的な図形を視覚的に捉えることによる直観的な教材として用いることが望まれる。CAIの本来の目的は知的好奇心を向上させることにあるが、本ソフトウェアでは美的および知的好奇心を満足させることが期待できる。

本ソフトウェアはマウスを利用することによりコンピュータシステムを制御し、キーボードを使用する必要はほとんどなく、またパラメーターによる変化に対する対応も非常に速い。このソフトウェアを学習者自身に操作させることで発見的な自学習が期待できる。またカオスの持つ複雑さ、多様さに対する理解が得られる事に本システムの意義がある。

#### 参考文献

- 1) 川上 博「カオスCGコレクション」サイエンス社 (1990)
- 2) 合原一幸「カオス理論の基礎と応用」サイエンス社 (1990)
- 3) 一柳 克「マウス活用入門」技術評論社 (1986)

# 液晶回折像の逆格子変換による シミュレーション実験

藤井隆徳†、加藤充孝\*、下山雄平

†名寄東陵高等学校、\*北海道大学応用電気研究所

北海道教育大学函館分校物理学教室

## Analysis of Liquid Crystalline Structures by Two-dimensional Fourier Transformation

Takanori FUJII†, Mitsutaka KATO\* and Yuhei SHIMOYAMA

†Nayoro Toryo High School, Nayoro 096, Japan.

\*Section of Medical Electronics, Research Institute of Applied Electricity,  
Hokkaido University, Sapporo 060, Japan.

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

### 概要

結晶と液体の中間状態である液晶内の複雑な分子の配列構造を疑似逆格子空間を用いることにより、液晶構造とその回折像の可能化に成功する。二次元フーリエ変換法で逆格子を生成し、液晶の分子配列の秩序性と異方性に関する情報をきわめて簡便に求めることが出来る。本手法は、中間相(Mesophase)の構造ゆらぎの解析の手段として、また回折現象のシミュレーションシステムとして有効性が示唆された。

### 1. はじめに

Computer Graphicsの進展にともない、形の情報<sup>1)</sup>を自然科学の言葉で語ることが可能となり、その理論及び技法の開発研究が盛んに行われている。理論面ではフラクタル<sup>2,3)</sup>やフーリエ変換及びアダマール変換等の変換法が開発されている。前者は空間の次元を再定義し、自己相似性やハウスドルフ次元等の概念を導入することにより形の理解に新天地を拓いた。また、後者の変換法は規則性あるいは乱雑さという状態量を変数とした解析法で、非常に有効な原理であることが明らかになってきた。フーリエ変換は空間の距離(norm)の情報を波数という空間的頻度情報に変換することで視点を距離空間(norm domain)から波数空間(wave number domain)へと変換することに対応する。これらの両空間は互いに可換であり、しかも情報は保存している。即ち二つの領域で保持される情報

は表現は全く異なるものの質量ともに不变である。

一般にフーリエ変換を多次元的に遂行することにより、平面ないし立体の画像データの形を数量的に評価<sup>4~6)</sup>することが可能である。二次元フーリエ変換によるX線回折パターンに類似のものが得られることにより結晶構造の規則性と乱雑性がきわめて簡単に表示できる。これにより、画像データのもつ規則性あるいは不規則性をComputer Simulationにより視覚化することが出来る。

本研究では結晶と液体の中間状態である結晶構造<sup>7)</sup>に注目し、そのX線回折パターンをComputer Simulationにより液晶の分子配列を明らかにすることを目的としている。液晶構造を二次元フーリエ変換することにより、波数空間に変換し、距離空間での分子配列構造を頻度情報に変換する。この操作により、ネマチッ

ク相においては分子の配列や密度、スマクチック相においてはそれに加えて相の間隔や相の傾きなどを逆格子空間上に視覚的に表すことが可能となる。2節と3節液晶構造のフーリエ変換による解析手法を示し、4節と5節に回折現象のシミュレーターとしての学習への応用を考察する。

## 2. 数値解析の原理

光学的情報を解析するための光学的二次元フーリエ変換は(1)式<sup>①</sup>によって行われ、距離空間( $k, l$ )より波数空間( $m, n$ )へ変換される。

$$F(m, n) = (-1)^{m+n} \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} f(k, l) W_m^k W_n^l \quad (1)$$

$W_m$ と $W_n$ はそれぞれフーリエ変換因子で行(横)と列(縦)方向に対してそれぞれ(2)、(3)式で与えられる。

$$W_m = \exp(-i \frac{2\pi}{M}) \quad (2)$$

$$W_n = \exp(-i \frac{2\pi}{N}) \quad (3)$$

ここで $M$ と $N$ はそれぞれ画像の横幅と縦幅をデータ数にて表示したものである。

$F(m, n)$ はフーリエ変換後のフーリエ像であり、 $f(k, l)$ は変換前の原画像である。ここで( $k, l$ )は距離空間座標、( $m, n$ )は波数空間座標であり、ともに128行×128列の行列要素の数である。

データ行列は実数部 $f_r(k, l)$ と虚数部 $f_i(k, l)$ の二つの部分よりなるが、これらはフーリエ変換によりそれぞれ $F_r(m, n)$ と $F_i(m, n)$ へと変換される。二次元波数座標の各点におけるパワースペクトルは(4)式により与えられる。

$$P_s(m, n) = F_r(m, n)^2 + F_i(m, n)^2 \quad (4)$$

パワースペクトルにおける数値計算法の限界によって生ずるエリージング(Aliasing)の解消と変換データの平滑化(Smoothing)に(5)式で与えられる窓関数(Window Function) $F_t$ を使用する。

$$F_t = A F_t B (F_{t-1} + F_{t+1}) \quad (5)$$

(5)式において、 $A, B$ は窓関数の係数であり、種類によって次のような値をとる。

Hanning :  $A = 0.5, B = 0.25$

Hamming :  $A = 0.54, B = 0.23$

Recangular :  $A = 1, B = 0$

本研究で用いたアルゴリズムでは $N$ 行 $N$ 列の二次元正方形データに対して、X軸方向に関して $N$ 行、Y軸方向に関して $N$ 列の回数を行った。一次元の窓関数を繰り返し乗算することによって二次元データの窓関数によるフィルタリングを実行した。

## 3. 方 法

### A. 液晶構造の構築法

二次元フーリエ変換の実行に際して先ず液晶構造を簡略にモデル化し、128×128の画像(pixel)データとする。液晶分子を点の集合と考え、点の存在する座標のデータを1、点の存在しない座標のデータを0として配列データに取り込む。作成されたデータは、あたかも碁盤状に碁石を並べたような形となる。そのため傾いた液晶分子を表現する場合、一様な傾きを持つ直線状のものとして表すことは出来ない。この場合、 $0, \pm \pi/4$ または $\pm \pi/2$ の傾きの連続したものを分子の傾きとして近似している。同様にスマクチック相において傾斜した層状構造を表現する場合、計算上の分子の位置を整数に丸めたものをデータ上の分子の位置とする。

### B. 高速フーリエ変換について

(1)式を実行すると膨大な回数の複素数乗算を行わなければならない。そこで位相回転因子 $W$ の持つ周期関数の性質を利用し、計算時間を大幅に短縮した方法が高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform 以下FFT)を用いた。つまり、 $a < b$ なる任意の $a$ に対して

$$W^a = W^b \cdot W^{a-b}$$

である。さらに $W^b$ は周期 $N$ の周期関数であり、任意の $a$ に対して

$$W^b = W^{(b-a)N}$$

が成り立つ。

このような性質をうまく利用すると(1)式の中に同じ乗算項が多数出来ることになる。それをくくり、乗算回数を大幅に減ずるのがFFTの原理である。

#### 4. 結 果

層状の液晶構造(スメクチックA相)についてフーリエ変換を行うと、そのフーリエ像には子午線方向(図1)に鋭いピークが現れる。層状の構造の層の間隔を乱雑にすると、対応するフーリエ像の子午線方向のピークは幅広でなだらかなものとなる。また、層状構造を持たないネマチック相のフーリエ像には子午線方向のピークは見られない。故に、フーリエ像の子午線方向のピークは液晶構造が層状即ちスメクチック的であること示し、層の重なりの規則性は子午方向のピークの鋭さに現れる。一方、層の一定方向に傾きを持つ場合、子午線方向に現れたピークは図2の如く子午線から外れた方向に回転し、ピークの子午線に対する傾きは、層の傾きの角度に一致する。層が波打ち、層が複数の傾きを持つ場合、フーリエ像にはそれぞれの傾きに対応する方向に複数のピークが現れる。

スメクチックA層のフーリエ像(図1)には、赤道方向に散漫なピークが現れる。反応にスメクチックA相の液晶分子の横方向の間隔を一定にした場合、フーリエ像の赤道方向に鋭いピークが現れる。これより、フーリエ像の赤道方向のピークの鋭さは分子の横の間隔の規則性を表していることがわかる。赤道方向に鋭いピークは分子の横方向間隔の規則性を、また散漫なピークは横方向の分子間隔の不規則性を示している。

液晶分子の配向の子午線に対して一定の角度で傾いている場合、赤道方向のピークは赤道方

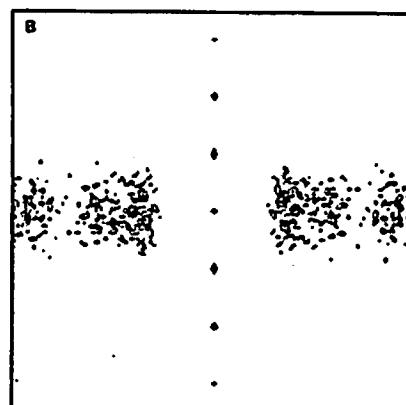
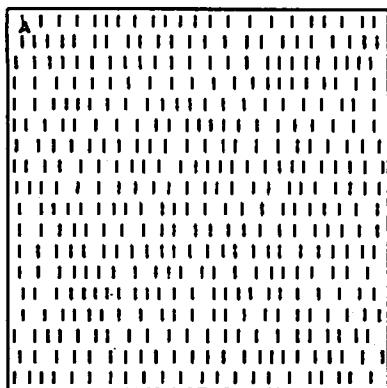


図1 スメクチックA相の二次元画像(A)とそのフーリエ像(B)

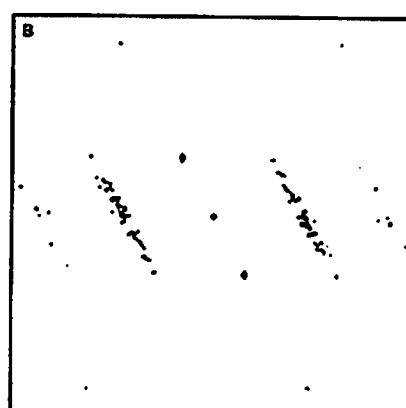
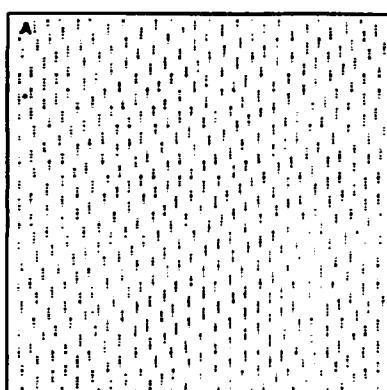


図2 層の傾いたスメクチック相(A)とそのフーリエ像(B)

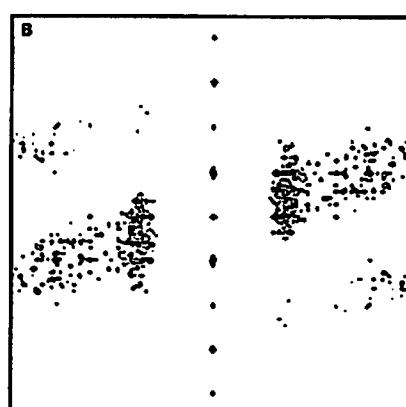
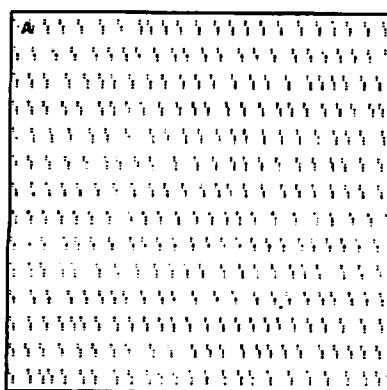


図3 分子配向が傾斜したスメクチックC相(A)とそのフーリエ像(B)

向から傾斜した方向に現れる(図3)。ピークの現れる方向は分子の方向子(ダイレクタ: director)に対して法線の方向となる。ネマチック相でも同様であり、このことは層状構造のあるなしに関わらず、分子の配向のみに起因することがわかる。液晶分子が複数の配向を持つ場合、それぞれの方向に対応して複数のピークが現れる。また、一定の配向に対して各分子がランダムな傾きを持つ場合、ピークは縦方向に幅広くなり、ピークが離散的でなくなる。

## 5. 考 察

金属結晶と異なり、液晶のX線解析パターンには際だった二つの特徴がある。第一に、液晶分子の配向が乱雑な場合、等方性液体でのリング状の回折線が現れる。第二に、液晶に磁場をかけ directorを一方向に配向させると、回折像には外側と内側に互いに垂直な方向に半月形のリングが現れるという特徴がある。内側のリングには磁場(director方向)と平行な方向に、外側のリングは磁場と垂直な方向にそれぞれ集中する。

以上の実験事実と本研究のシミュレーションの結果より、液晶構造のフーリエ像は次のような明確な特徴を持つことが分かる。子午線方向、または赤道方向に現れるピークの持つ意味がはっきりしており、フーリエ像を見ることによって変換前の構造を比較的明確に推測することが可能である。子午線方向のピークの様子から、どの様な層状構造であるかを伺い知ることが出来るし、また赤道方向のピークの様子から液晶分子の配向を推測することも容易である。液晶構造の解析に又、シミュレータとして二次元フーリエ変換は非常に有効な手法である。

液晶分子の密度が大きいものと小さいものを比較すると、密度が大きいほどフーリエ像のピークの強度は大きくなり、同時に像の中心付近に分布するピークの強度は低くなる。すなわち分子の密度は、フーリエ像の中心からのピークの距離に比例して減少する。このことは相関密度のパラメータを推定するときの助けになる。

物理教育の立場から、本研究の成果について

次のようなことが結論されよう。二次元フーリエ変換による解析は視覚に訴える結果が得られるために、液晶構造の特徴を直観的に理解できる教材となりうる。また、X線回折像等と比較することによって液晶の構造解析のための補助としても有力な手法である。

## 参考文献

- 1) 小川泰数理科学 246, pp. 7-15 (1983)
- 2) 山口昌哉「カオスとフラクタル」ブルーバックス 講談社 B652 (1986)
- 3) 高安秀樹「フラクタル」朝倉書店 (1986)
- 4) 田中肇・西敏夫 映像情報 17, №20, pp. 19 (1985)
- 5) K. Ito and N. Ise, J. Chem. Phys. 86, pp. 6502-6505 (1987)
- 6) 辻内・村田編「光学情報処理」朝倉書店 pp. 176-184 (1980)
- 7) 岩柳茂夫「液晶」共立出版 (1984)

# ヘルツ・ティモシェンコ理論による球の連鎖衝突の解析

三好康雅・峰友典子

## 1.はじめに



図1 球の連鎖衝突

図1のように、互いに接触して一列に並んでいる球列（球2、球3…）に別の球（球1）を速度  $v_0$  で左から衝突させる。球の質量が等しいとき、衝突後、右端の球が速度  $v_0$  を得、他の球は静止するというのが定説である。

衝突前の球列が互いに離れている場合、（例えば北原隆<sup>9</sup>はある市販の衝突球に自然状態で球間にわずかの隙間があることを報告している）素過程は2個の球の独立した衝突である。つまり、はじめ球1が球2に衝突し、それが終了してから球2が球3に衝突する。したがって衝突後の各球の速度は運動量と運動エネルギーの関係から一義的にきまる。もし、個々の衝突においてエネルギーが保存するならば、最後の衝突が終わったとき、各球の速度は定説のようになる。

衝突前に静止している球（球2、球3…）が互いに接触している場合は上記のようおな素過程に分解する事はできない。ヘルツ・ティモシェンコ理論によれば衝突する球の間に働く力は両球の相対距離の3/2乗に比例する（付録参照）。これを使って「互いに接触している」球列に対する衝突を解析した。

球の材質と半径は皆等しいとして、その質量を  $m$  とする。球の数を  $n$  とし、左から球1、球2、…と名付け、それらの位置を  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) とする。 $x_i$  は衝突直後のそれぞれの位置を基準とする。したがって  $x_i$  の初期値は 0 である。衝突中は左の球が右の球を押すので、 $x_i > x_{i+1}$  である。、 $x_i > x_{i+1}$  になった時、これらの球は互いに離れたことを意味する。衝突する球の速さを  $v_0$  とする。各球の運動方程式はヘルツ・テ

ィモシェンコ理論から

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2x_1}{dt^2} &= -k(x_1 - x_2)^{3/2} \\ m \frac{d^2x_i}{dt^2} &= -k(x_{i-1} - x_i)^{3/2} - k(x_i - x_{i+1})^{3/2} \\ m \frac{d^2x_n}{dt^2} &= -k(x_{n-1} - x_n)^{3/2} \end{aligned} \right\} (i=2 \dots n-1)$$

と書ける。この運動方程式の解において、時間  $t$  は  $m$ 、 $k$ 、 $v_0$  の影響を受ける。つまり、これらの定数の値を変えると衝突終了時間が代わる。一方、衝突後の各球の速度は  $v_0$  に比例し、と  $k$  には依存しない。

球として直径3 [cm] の鋼球を想定した。そうすると、球の質量は  $m = 110$  [g]、 $k$  は付録（付2）式から  $k = 1.27 \times 10^{10}$  [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1/2}$ ] である。初期条件を  $v_0 = 1$  [m/s] とした。

この運動方程式をルンゲクッタ法で解いたのであるが、運動量と運動エネルギーの保存状態から確認したところ、計算の精度は十分であった。

## 2. 計算結果

### (1) 2球に1球を衝突させた場合

図2は球2、3を静止させておき、球1を衝突させたときの各球の速度である。

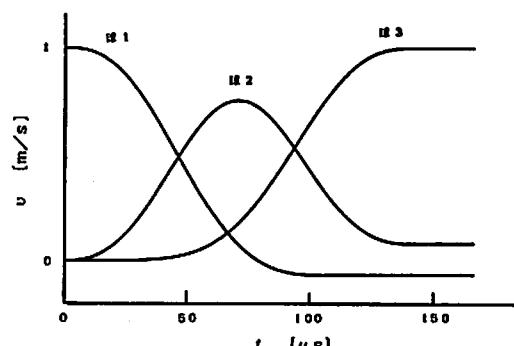


図2 2球に衝突させた場合

図2によれば、衝突開始後すぐに球1と球2の速度の交換がはじまり、約40 [μs] 後に球3が動き出す。106 [μs] 後に球1は球2から離れ、以後等速運動をする。球2と球3の接触は140 [μs] 後に終わる。衝突後、球1、球2は静止しない。各球の速度は表1のようになった。

表 1

	衝突前 [m/s]	衝突後 [m/s]
球1	1.0	-0.0709
球2	0	0.0764
球3	0	0.9946

## (2) 4球に1球を衝突させた場合

次に静止球を4個にした場合について計算した。ルンゲクッタ法を使えば球の数をいくらでも増やすことができる。図3はその結果である。

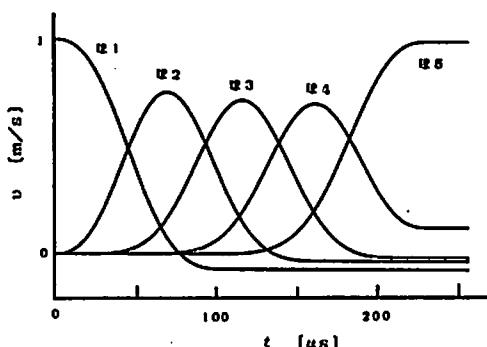


図3 4球に衝突させた場合

衝突が開始すると、運動状態が球2、球3、球4と整然と伝達しているのがわかる。球1が球2から離れる時刻は図2と同じ106 [μs] 後であるが、その時球2～球4はすでに運動を開始している。その後順次衝突を終了し、232 [μs] 後に球4と球5が離れ全衝突が完了する。衝突前後の各球の速度を表2に示す。

表 2

	衝突前 [m/s]	衝突後 [m/s]
球1	1.0	-0.0711
球2	0	-0.0303
球3	0	-0.0145
球4	0	0.1270
球5	0	0.9888

## 3. 考 察

ヘルツ・ティモシェンコ理論を使った計算は、表1、表2に見られるように定説とは違う結果を与えた。この違いを定説側とヘルツ・ティモシェンコ理論側から考えてみる。

先ず、定説がどのような観察に基づいたものであるか。つぎの2点が考えられる。

(1) 衝突前の球列が「互いに離れている」場合、先に述べたように衝突後の各球の速度は運動量と運動エネルギーの関係から一義的にきまる。北原<sup>3</sup> のようにねかえり係数0.997の球を使うと、球1の衝突後の速度は $1.5 \times 10^{-3}v_0$  となり、ほとんど定説に近い結果になる。

「互いに接触している」場合は、例えば図2に見られるように、球1が球2から離れる前に球3が動き出している。つまり、球1は球3の影響をも受けるので、素過程に分解する事ができない。

このように衝突前に「互いに離れている」か「互いに接触している」かは本質的な違いである。(2)定説で、静止すると言われている球の速度は、ヘルツ・ティモシェンコ理論による計算では表1で最大 $v_0$ の7%、表2で13%である。小さな装置(例えば球を10 [cm] 程度の糸でつるした)で「互いに接触している」球列に対する衝突を観察するとき、この球の運動を見落とす可能性がある。また定説の先入観にとらわれて、この球の運動を無視する事があるかも知れない。

ヘルツ・ティモシェンコ理論側の問題は、この理論がエネルギー保存型であるという事である。実際には運動エネルギーは保存しないが、上述のはねかえり係数0.997の球を使うと、エネルギーロスは0.3%である。このようにエネルギーロスは少ない場合、表1、表2の衝突後の速度はわずか修正させるだけであろう。したがって「互いに接触している」球列に衝突した場合、定説通りにはならないと考えられる。

以上の観点から、定説の見直しを前提とした、より慎重な実験が必要である。

## 付録 ヘルツ・ティモシェンコ理論の概略

このヘルツは電磁波を発見したH. R. Hertz (1857~1894) である。彼は力学についても研

究し、2個の半無限弾性体が接触するとき、その間に働く力を求めた(1881)。これはヘルツの接触理論と呼ばれている。ティモシェンコはこれを球の衝突に応用した(1934)。文献1)でこの理論の全貌がわかる。文献2)に「ヘルツ・ティモシェンコ理論」の名が与えられている。

衝突する2球の相対距離を $\Delta x$ とする。ただし球が軽く接触した状態を $\Delta x = 0$ 、球が押し合っているとき $\Delta x > 0$ とする。2球の半径、質量、ヤング率、ポアソン比をそれぞれ $R_1, R_2, m_1, m_2, Y_1, Y_2, \nu_1, \nu_2$ とする。ヘルツの接触理論によれば球の間に働く力 $F$ は

$$F = k \Delta x^{3/2} \quad (\text{付1})$$

で与えられる。ここで $k$  [ $\text{kg} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-1/2}$ ] はバネ定数に相当する量で

$$k = \frac{4}{3\pi(\mu_1 + \mu_2)} \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \quad (\text{付2})$$

である。 $\mu_1, \mu_2$ は弾性をあらわす量で、

$$\mu_1 = \frac{1 - \nu_1^2}{\pi Y_1}, \quad \mu_2 = \frac{1 - \nu_2^2}{\pi Y_2} \quad (\text{付3})$$

である。換算質量を $M = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$ とすると、運動方程式は

$$M \frac{d^2 \Delta x}{dt^2} = -k \Delta x^{3/2} \quad (\text{付4})$$

と書かれる。ティモシェンコはこの運動方程式を解いて、相対距離の最大値(球が最も押しあっている状態)

$$\Delta x_m = \left( \frac{5}{4} \frac{M v_0^2}{k} \right)^{2/5} \quad (\text{付5})$$

を得た。これを(付1)式に代入すると、衝突最大力が求められる。

この理論は、衝突時の両球の変形が球の接触面近傍の微小部分に限られ、他の部分はまったく変形しないという前提のもとで作られている。したがって衝突終了した後、変形領域の歪エネルギーは完全に球の運動エネルギーに解放され、球の内部に歪は残らない。つまり衝突によってエネルギーは保存する。

## 文 献

- 1) ティモシェンコ・グーディ工著 金多潔訳

「弾性論」コロナ社(昭和62年) 140頁

- 2) Jonas A. Zukas, L. B., Greszczuk :  
"IMPACT DYNAMICS" Wiley (1981) 70  
3) 北原隆：物理教育 39-4 (1991) 263

# 太陽電池の実験

峰友 典子・三好 康雅

## 1. はじめに

半導体における光起電力効果を利用した太陽電池は人工衛星や電子約定計算器の電源などとして広く実用化されている。身近な素材である太陽電池を学生実験に取り入れ、その特性を知ることは半導体の基礎的理解にも役立つ。

本実験ではpn接合型シリコン太陽電池を使用して、基本特性を調べた。照射光として写真用ランプ（レフランプ）を使用した。これは太陽光は天気に左右されて一定の光量が得られないで安定した測定ができないためである。

## 2. 太陽電池のI-V特性

pn接合太陽電池のI-V特性は(1)式で表され、図1の関係を得る。

$$I = I_s \left[ \exp \left( \frac{qV}{kT} \right) - 1 \right] - I_L \quad (1)$$

ここで、 $I_s$ は飽和電流と呼ばれ、pn接合の静特性から電圧に無関係な一定電流である。 $I_L$ は太陽電池板への照射光による定電流源の大きさを示す。 $q$ 、 $k$ 、 $T$ はそれぞれ電子の電荷、ボルツマン定数、温度である。

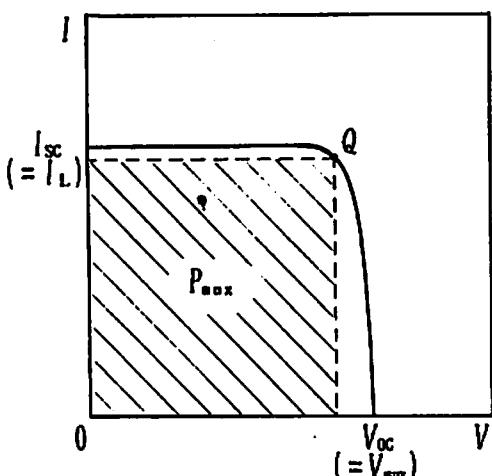


図1 I-V特性

図1において、 $V=0$ のときの電流は短絡電流( $I_{sc}$ )と呼ばれ、 $I_L$ に等しいので太陽電池板に当たる光が強いほど多くの電流が得られる。また、 $I=0$ のときの電圧は解放電圧( $V_{oc}$ )と呼ばれ、半導体の性質で決まる値である。シリコンの場合、およそ0.5[V]である。本実験に使用した太陽電池は3個の直列接続規格なので( $V_{max}$ )になる。この値が最大出力電圧 $P_{max}$ は図1の斜線部分である。

## 3. 特性測定

図2の測定回路において、抵抗 $R$ を変化させて電流 $I$ と電圧 $V$ を測定する。 $R=0$ (A, B端を短絡としたとき) $I_{sc}$ が得られる。

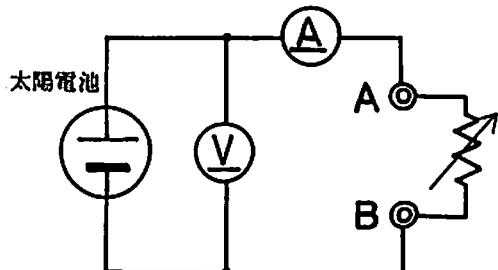
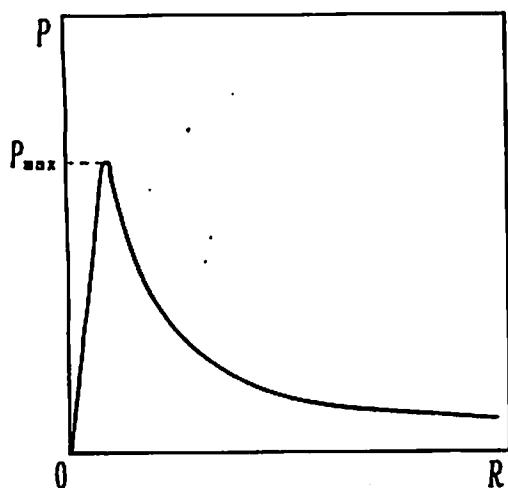


図2 測定回路

太陽電池の出力 $P$ の検討：図1において、原点とQ点とを結ぶ直線の傾き( $=I/V$ )の逆数はそのときの回路の抵抗 $R$ に等しい。Q点における抵抗を $R_0$ とすると、 $R < R_0$ の場合は $R$ を変えてても $I$ の変化量はわずかである。 $I$ は一定と見なせば $P$ と $R$ は比例する。また、 $R > R_0$ の場合は $R$ を変えてても $V$ の変化量は小さい。 $V$ を一定と見なせば $P$ と $R$ は反比例する。

以上のことから $P-R$ 曲線は図3のようになる。実際には、 $V$ は少し変化するので正確な双曲線にはならない。

図3  $P - R$  特性

照射光量  $I_L$  と出力  $P$  の関係：図4は、(1) 式において温度  $T$  を一定にし、 $I_L$  を 0.5 [A]、1.0 [A]、1.5 [A] と変えたときの  $I - V$  特性である。 $I_L$  の増加とともに短絡電流  $I_{sc}$  は大きくなり、解放電圧  $V_{oc}$  も増加の傾向を示す

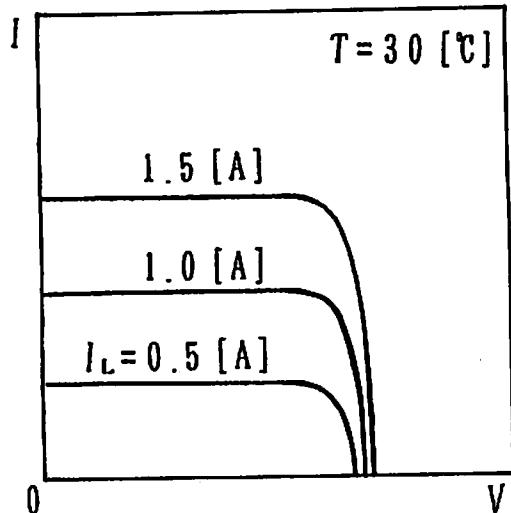
図4  $I_L$  変化とともに  $I - V$  特性

図5に示すように最大出力  $P_{max}$  は  $I_L$  とともに直線的に増加する。

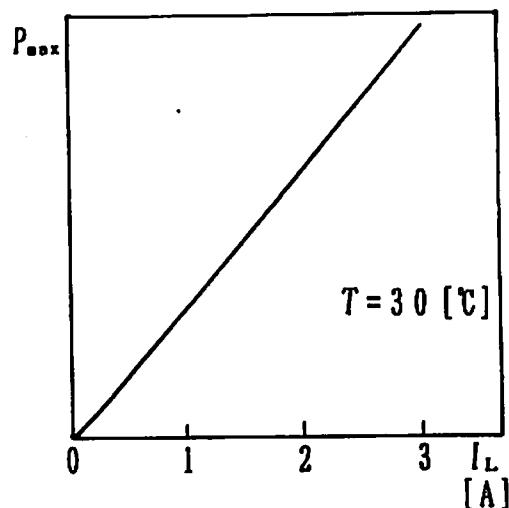
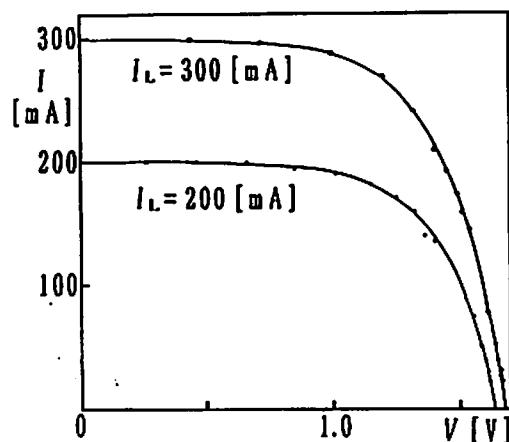
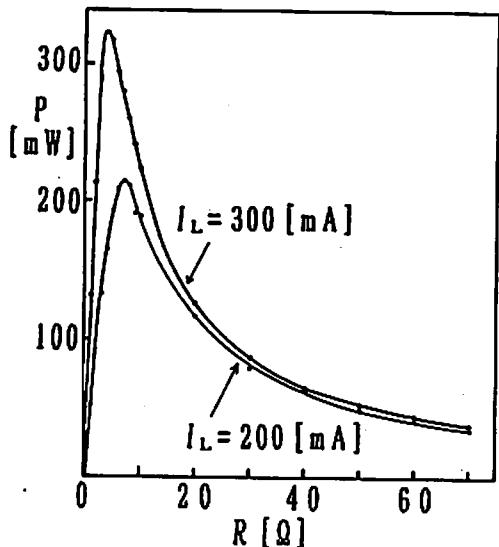
図5  $I_L$  と  $P_{max}$  の関係

図6、図7は  $I_L$  を 200 [mA]、300 [mA] として実測した場合の  $I - V$  特性と  $P - R$  特性である。理論式から導かれた図3、図4の結果と良く一致した。

図6  $I - V$  特性・実測

図7  $P - R$  特性・実測

出力  $P$  の温度依存性：太陽電池の光エネルギーから電気エネルギーへの変換効率は温度に依存していて、温度上昇にともない変換効率が低下するとされる。温度変化が出力  $P$  におよぼす影響を調べた。

図8は、(1)式において  $I_L$  を一定にし、 $T$  を 20 [°C]、40 [°C]、60 [°C] と変えたとき  $I - V$  特性である。 $I_\infty$  は温度変化による影響は現れず一定値を示す。しかし  $V_{oc}$  は温度上昇にともなって減少して行き、特性曲線が内側へずれて出力  $P$  の低下をまねくことが示された。

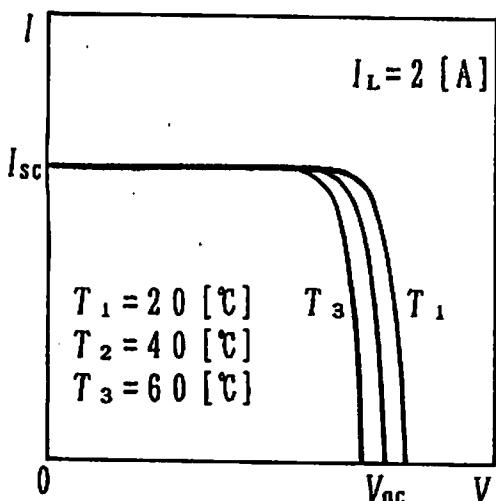
図8 溫度変化にともなう  $I - V$  特性

図9の実測例は、 $I_L = 300$  [mA] として測定したときの温度  $T$  と解放電圧  $V_{oc}$  の関係を示したものである。 $V_{oc}$  は温度上昇にともない直線的に減少する傾向が現れた。 $I_\infty$  は温度が変化しても影響を受けず、ほぼ一定値 ( $= I_L$ ) になった。

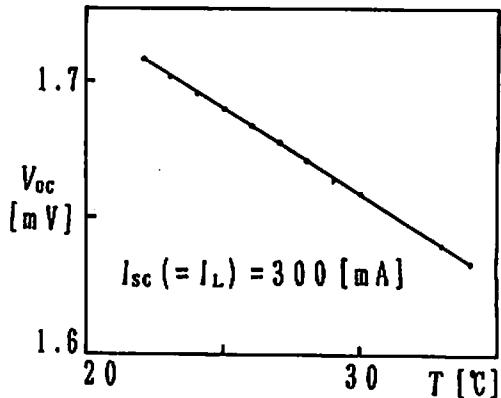


図9 温度特性・実測

以上のように、ある照射光量で一定電力を得るためにには特に出力電圧  $V$  の温度依存性が強いので太陽電池板の温度管理が重要なポイントになることがわかった。

本測定では、電池板の裏面に放熱板を取り付けて温度センサを固定し、温度が上昇すれば冷風を送るなどして温度調整を行った。

#### 4. 応用実験

太陽電池の出力によりモーターを回転させ、負荷をかけたときモーターがする仕事を測定した。

**概要：**図2の測定回路の A, B 端にモーターをつなぐ。負荷無しでモーターを回し、 $I$  と  $V$  を測定する。このときの消費電力  $P_o$  はモーターやギヤの摩擦などによるものである。次に、質量  $m = 50$  [g] のおもりを容易して糸を付ける。おもりの糸をモーターに取り付けてあるブーリーに巻き付ける。モーターを回し、おもりを  $h = 50$  [cm] を持ち上げる時間  $t$  および  $I$ 、 $V$  を測定する。この負荷時の消費電力を  $P'$  とする。

負荷をかけたときモーターが単位時間にした仕事  $W$  は

$$W = mgh / t \quad (2)$$

である。一方、おもり持ち上げに要したモーターの消費電力  $P$  は

$$P = P' - P_0 \quad (3)$$

である。

測定結果：第1表に測定結果を示す。照射光  $I$  = 300 [mA] とした。また、負荷時の測定は10回行い、平均値を求めた。

エネルギー変換効率はおよそ50%と言ふことができる。

回数	$I$ [mA]	$V$ [V]	$P'$ [mW]	$P_0$ [mW]	$t$ [s]
負荷無し	145	1.53		221.9	
負荷有り	1	212	1.40	296.8	6.6
	2	214	1.41	301.7	6.8
	3	213	1.41	300.3	6.8
	4	212	1.41	298.9	6.8
	5	214	1.41	301.7	6.6
	6	213	1.40	298.2	6.4
	7	215	1.40	301.0	6.6
	8	214	1.41	301.7	6.8
	9	214	1.41	301.7	6.6
	10	214	1.40	299.6	6.6
平均	214	1.41	301.0		6.7

第 1 表

負荷無しのときの電力  $P_0 = 221.9$  [mW]、負荷をかけたときの電力  $P' = 301.0$  [mW] が得られた。

負荷時に要した消費電力  $P$  は、(3) 式から  $P = 7.91 \times 10^{-4}$  [W] となった。一方、モーターの仕事  $W$  は、(2) 式から  $W = 3.66 \times 10^{-4}$  [J/s] となった。 $P$  と  $W$  とも間におよそ50%の違いが生じた。

考察： $P$  と  $W$  の値の違いについて検討する。本測定において、電気的エネルギーから力学的エネルギーへの変換効率は変換過程でのエネルギー損失（例えば、モーターやギヤなどの摩擦によるもの）により、100%にはならないと考えられる。いま、負荷無し測定時におけるエネルギー損失と負荷有り測定時におけるエネルギー損失とが等しいと仮定すると、測定結果から、エ

# 第2回 日中米物理教育国際会議(富士会議)に参加して

札幌藻岩高等学校 山 田 大 隆

## 1. はじめに—全体印象

日中米物理教育国際会議の1回目は、1989年8月ハワイ大学で開かれた。1986年8月の上智大における物理教育国際会議(東京会議、IUPAP東京大会)での折、日中米だけの関係者が集まり、太平洋湾岸地域での物理教育の共通問題を解決しようと継続会議の必要性が話し合われたからだという。他にイギリスグループ(ブッラク、ロンドン大)が提起した評価と概念形成の実践研究の日英ワークショップも事後開かれた(1987年、新潟市)から、この1986年のアジアで初めて開かれた物理教育国際会議は、日本の以後の教育研究国際化にとり決定的に大きな役割を果たしたものといえる。日中米会議は、基本的にはこのIUPAP会議の延長上、継続研究上有ると考えられる。何故日中米なのかは、筆者なりにはこう把えた。物理教育伝統の時系列にある三国の、世代交替論的な諸問題(教育環境、国政課題、経済建設、教師要請、教育方法、教育課程、評価、教師待遇、教材開発、施設設備の確充)検討上、アメリカは教育事業が先行し、成熟後の諸問題(多様化と教育水準低下)を抱え、日本は、物理教育事業が成熟に近づき将来的問題(物理離れと水準低下)の発生に気がつき始め、物理教育学会を中心に多くの問題提起を出し始めた所であり、中国は後発の事業国で、1950年代の日本教育状況を進行させ経済建設を進めようとしている各典型国であることが判る。各々の国で教訓として、努力方向(課題)として互いに役に立つ関係にあり議論が深まり、国・教育団体の行政に直接還元出来る実用性があると判断が最も大きかったのであろう。この世代交替論視点で、文明の盛衰から教育現象の盛衰を把える立場で思い起こされるのは、1918年に提出されたシュペングラーの『西洋の没落』、或いはギボンの『ローマ帝国興亡史』であろう。シュペングラーの史観は三代盛衰論であり、経

済主義によるマルクス主義単純発展史観を見慣れた筆者には、鮮やかな非常に強い刺激を与えた。高度経済成長時代以後の日本の経済界と教育界の水位は、まさにこのシュペングラーの指摘そのものであったように思われる。アメリカの宿命を現状(ヨーロッパの興隆の次の興隆、それを支え切れない現在の荒廃)、日本のアメリカを追うであろう興隆の現状と衰退の近未来の必然性、今は緊張感で建設途上にある中国・韓国も辿るであろう米日の道は、或は避け難い歴史の法則なのかもしれないが、この日中米会議の今回の全体印象(前回は欠席で部分的印象となるはお許願うとして)からは、宿命はあっても歴史に働きかけその流れを修正しうる人類の叡知の片鱗を垣間見た気がしたものである。この会議が今後も課題を持ち続け、国際的視野の論議の中から改善課題を提出、実行努力を続ける限り、先進国での急速な物理教育の崩壊、物理技術を主体とした科学技術文明社会の崩壊は食い止められる、と確信した次第である。

## 2. 会議内容と考察

筆者は、この富士会議(1991.7.23~28、於静岡県富士裾野市富士教育研修所、日中米物理教育学会代表100名、オブザーバー韓国、フィリピン)には、W1(カリキュラム)で参加した。笠先生の御指定で選択の余地はなかったのであるが、教育問題が実践的には、大学高校のいずれでも基本的には教育制度問題(カリキュラム—教育目標実現のためのカリキュラムの構想作成と校内認可、実行の努力)が決定的・本質的・1次的であることを考えると、この分科会に参加して基本的に良かったと感じている。それだけに、各国を代表する行政的大物が集まり、メンバー表を事前に見た時、大きな精神的負担を感じた。中国からはYUN教授(南京南西大)、LI教授(北京大、ASPEN助言者)、DABIN教諭(湖

南省シャンシャ市キースクール) 他計4名、米国より FRANZ 教授 (アラバマ大、AAPT 会長)、HORTON 教授 (ニュージャージー大)、VEATHERS 教諭 (ハーバードパブリックスクール)、ILLINGWORTH 教諭 (イリノイ州プロスペクト高) の計5名、日本からは、阿部竜蔵 (放送大)、原康夫 (筑波大)、霜田光一 (物理教育学会会長)、唐木宏教諭 (攻玉社高)、坂田正司教諭 (越谷西高) と筆者の5人、計15名であった。全部で6ワークショップあり、中国21、アメリカ33、日本43、オブザーバー4人の計101人の参加で、女性の参加19人 (男性82) は注目された。これに対し、日本は笠先生を除き42名が男性 (アメリカは会長のFRANZ氏が女性、計33名中9名が女性) で、これは何を物語るか (中国も計21中、女性が8である)。2回目の参加者も半数近くいた (会議経験の継承か)。

会議はワークショップ (ブレインストーミング) 式を中心とし、3日間7セッションが用意された ((a) (b) は7/24、(c) (d) は7/25、(e) (f) (g) は7/27、各セッション1時間半、日中米交替で座長担当、全記録はVTRと議事録で残す)。それをはさんで、2日目 (7/24) 午前に開会式と開会講演 (テーマ講演)、中日 (4日目7/26) にゲスト講演と中間報告会、最終日に謝辞と勧告読上げ (7/28) の全体会があり、レクリエーションとして、3日目午後に富士山バス登山 (5合目) と夜のデモ公開実験、4日目午後に関東自動車工業 (トヨタ車、鋭い質問が30もあり、関心の高さを示した) 見学の企画もあって、硬い会議潰けの日本の研究会との対比を示した。(他に常設のデモ実験 VTR コーナー、持参資料展示コーナー、屋外での Stray Cats グループによる水ロケット実演、物理オリンピック、ロビーでの11時まで続く個人討論といった企画も加わった。会議日程を有効に使おうとする各国参加者の熱気の高さは特筆される。)

7/23午後の登録後、7/24の朝、全体会開会式と講演から会議は始まった。日中米各国の代表委員 (日本は平田氏、アメリカはロッシング氏) が各自開会講演を行なった。日本における物理教育の危機 (Paperは「物理教育」特集) の

現状を訴え、要因を分析し、解決方向を提示した平田氏の講演は、同様の問題意識を持つ筆者として、特別に印象が強く、このあとのワークショップ中でも一環した問題意識を形成した。

ワークショップは7/24の午後、(a) から始められた。自己紹介 (予めB6プリントで全員分作成配布、これは後から報告のまとめや手紙を出すのに重宝した)。前回ハワイ会議からの継続も含め、日本側 (霜田提案) から数回の事前検討会を経て用意したワークショップ要検討議題 (agenda) が提示された。1. 教育課程、2. 大学入試、3. 教科書、4. 履修者減問題、5. 概念形成、6. 問題解決演習方法、7. 実験室整備、8. 評価であった。一方、アメリカ側からは、i) 文系物理非物理計物理コースのあり方、ii) 現在物理話題の選択方法、iii) 歴史的・社会的問題、iv) 高校での物理教授法、v) SSCカリキュラム、vi) 大学での物理コースの役割、が話題として出され、両者合議の上、他の分科会との重複もあり、最終的に1、3 (8)、4、i)、ii)、iv)、vi) が選ばれた。日本側の話題展開には、海外生活の長い阿部、霜田、原先生が適宜明解な英訳説明をされ、英会話完全といえない高校側の表現力を補っていたのは有難かった。

セッション (b) では、物理のリテラシー、特に文系物理非物理学 (I・医) 物理の概念規定、その意義、具体的教授内容に相当の時間が割かれた。アメリカはこの方面で最も工夫と努力の積上げが高校大学ともにあり、米側の話題が殆んどを占めた。アメリカの大学では生活物理学、高校では最近のプロセスフィールド環境教材 SSC カリキュラム紹介があり、日本側では筆者の高校文系物理 (理Ⅱ～昭和60より) 中でのフラクタル教材の実践が報告され、関心を呼んだ。米日ともに、物理的世界の市民権拡大のため、物理教師の実に多様な教材開発努力のあることが判って有益であった。

(c) では、文系物理 (Non-Science Major)、非物理計物理 (Non-Physics Major) いずれにも必要な、今日物理 (Contemporary Physics) の内容を明示した。この頃、休憩時、日米高校教師間で、学校規模・事情・教材 (HPP は 5 %

ほどの実施率で一驚）圧倒的部分は日本流教科書、PSSCは10%位）、教師待遇、教師モ旧会研修状況等で、興味ある実態交流がされ、極めて有益であった。筆者も、北海道理科研究会（全道1500名高校理科教師の研究会）の研究部責任者を担当し、研究開発に取組んでいるが、先方の米国教師もシカゴ地区のリーダーで話題関心が合致した。

(e) は日中米の高校大学間の教育情報交流（インターフェース）にEメール（ファクスは高価～中国）を主に使うこととし、今後密に情報交流を進めることとなった。日本側の窓口は、大学は原、高校は唐木先生と決った。他に、教育情報交流上有効道具の話題提供が求められ、CDROM、VTR、PIF、パソコン等の使用状況紹介、VTR（物理実験映画）のリストの紹介があった。大学物理一般教養項目として、マックスウェル分布、ボルツマン要素教授の意義も強調されたが、やや唐突な感もあった。

中間まとめ ((a) ~ (e) の全体会は7/26に開かれ、開式で来賓のパク氏（勧告）とタリサリヤン（フィリピン）の講演があった（日中米会議後のASPEN年会の準備とも受け止められていた）。パク氏は、現在進行中の韓国物理教育で中国と同様の全員必修とするも、通過レベルを2本建とする計画や、ASPENを核としたアジア地域の物理教育交流の活発化の方向を積極提案された。次いで、タリサリヤン女史の流暢な英語による講演、内容はASPENの活動、現在進めている評価問題の提示で、参考とする所が大きく同じアジア人としてスケールの大きさを感じた。講演後、各ワークショップ代表（英語母国語者）による報告がTPを用いてなされ、会全体の実りが推測された（参加者のエネルギーの大きさを痛感した）。

(f) は、高校・大学グループ各々の懇談（各國交流）もあったが、言語問題（通訳9と今会議の首題が高大インターフェースの協議と理解にあるため、避けられた（残念であるが）。また、日米高校物理の履修率、評価方法の差が話題提供され、日本の教科書及びテスト問題の難解さの現状が、使用中の教科書配布、各高校定期テス

ト問題、共通テスト問題の多数の英訳プリントの配布説明で注目を惹いた（実証的一次資料使用の有効性が示された）。評価レベル差（通過得点率の差、米中60%、日30%）は関心を呼んだ。今後の検討方向として、話題の中から中国側提案として、3話題（非専門家物理カリキュラム—カリキュラム改革を含む、今日物理の内容、教科書）が提案、了承された。

(g) では、教師研修（研究会）として、アメリカ高校（シカゴ）のAAAPT教師グループ（300人）の活動報告、日本の物理教育学会の高大協力の研究活動各地方支部活動が紹介された（中国では高大交流は少ない）。最後に、カリキュラム改革に関して、物理教育の危機として、日本側高校から幾つかのデータが出され、解決方向の議論が求められた。筆者も、勤務校におけるカリキュラム変更での、文系物理コース新設でのリテラシー努力や、8年間の経年比較データによる2、3年物理分割履修方向への決定の努力は、1次資料での説明もあって関心を呼んだ。最終話題として、次回中国での会議の討論方向が話合われ、中国側から、①カリキュラム変更、②実験物理カリキュラム（非専門家物理含む）が強調された。YUN教授は小生校の多段階で進めた学校カリキュラムの変化に、大きな興味と継続議論を求められた。

最後に、3日間の議論の議事録が米側座長、ウェザース氏から読み上げられ、全体で内容確認された。この中で、「種々コースのカリキュラムを用意し、すべての生徒に物理をとらせるべきである」は、筆者の年来の主張でもあり（文系物理コースの設立経験もあるので）、とりわけ印象に残った。

### 3. 富士会議の残したもの—日本の今後の国際化教育研究の発展方向—

全体的印象の他に、この会議の成果と感じたことと、今後の個々の検討課題を最後にまとめて書いてみたい。

(1) 前回（ハワイ）の会議に比して、国際会議進行上のマニュアルが確立しつつあって、会議の組織的スムーズな運営が実現されていたと同

時に、英語圏参加者が国際性を配慮して使用言語の問題でも歩みよりの改善があつて、内容の実質審議に役立ったと言われる。前回欠席の筆者にとり比較は難しいが、その流れの良さ、手極の良さは時々感じた。次回(中国)は更に改善がなされ、念願のASPEN定例会議が実現していくものと思われる。

(2) ブレインストーミングは、英語による討論・理解を中心として、検討課題を作りながら会議を進めるので、運営は高度と感じた(北海道ではまだ無理である。)強い問題意識の人物(コーディネーター)が1人でもいると3日間順調に進むが、これに人を得ないと、散発的議論交換のみで進行中止となる可能性がある。この打開にはつきのものが必要であろう。①前回論議事項内容の理解とその解決実践の結果、②多量のデータ的準備(英訳する)、③データを見ながら、問題点の整理と突込みのある討論。今会議では、米側に、前回よく米国教師状況を調査して参加したAAAPTの努力が不十分であり、新データの持参は少なかった(観光的とは言わないが)。日本側は、ホスト国の条件もあるが、実に大量の英訳データ(テスト、調査、カリキュラム表)を持参、適宜配布して説明し、議論に実証性を持たせたのと対照的であった。中国は大学からのまとまった抽象的論文提出のみで、ワークショップ議論に必要と思われる日本様の周辺一次資料(英訳)の持込はなかった。この足並みの不揃いが最後まで影響し、すれちがいで抽象的で散発的な議論に終ることが多少あり、深い3国間の共通理解に到らなかったように思われるのは惜しまれる。大事なのは、深い討論の継続と議論展開に必要な大量の実証データの整備(とその適切配布)であるを痛感した。このデータバックを事前または1日目の集会で全員に配布され、各自眼を通し問題意識を高め意見をまとめて参加すれば、更に実りあるかいぎとなるに違いない。

(3) 各発表社のパソコン、OHP等視聴覚提示機の多用の必要性(会議の進行が多少単調)

(4) 物理教育の危機の認識度に、日中米間に大きな落差がある。アメリカは多様化の一貫とし

て、トップの確保でよいとして全体の荒廃を考えない傾向があり(資源大国の傾向)、逆に日本は人的資源のみの国でこれが教育事業の成功によっているだけに、アメリカ型への荒廃進行は、将来の技術立国崩壊として本質的に危機感は大きい。中国は今後の建設で物理は必修であり(都市、郡部で実施程度の格差は大きいが)、危機や矛盾はない。つまり、危機の認識は日本のみが持ち、中米にはその切実感は薄い実態があって一驚したものである(この認識のズレは、平田邦男先生の開会講演への米中の無関心、WIでも日本から敢えて話題にするまで関心を持たない反応で感じられた)。このギャップをどう埋め、今後の3国間の議論としていか、今後の話題の1つであろう。筆者と坂田先生との協議では、物理教育の危機は、①物理科目的持つ本来の難解さ(演繹科目、抽象、思考科目、応用数学的)、②教科書問題(数学式の羅列で概念展開文が極めて少なく面白くない)、③大学入試(制度と入試問題、実験経験や概念を問う問題が少ない)、④教師意識(切捨て型の古い体質の教師が多く、人間面からも嫌われている)が招來した積年の日本理科教育の病弊に大きな原因がある(一貫教育の体質が不变で、多様化人間主義化の現代意識と大きなズレがある)。1つの解決方向として、日本も高度経済成長時代の様に必修に戻せばよい。しかし、それには文系物理の開発研究も含め、教師の意識改革(育て型へ)、興味関心ある現代対応の実験開発学、今後の課題であろう。

(5) アメリカの物理教師は、文系物理コースのカリキュラム、教具の開発の熱意は極めて高いと感じた。文系物理教材開発への努力不十分かつそれが育たない日本の現状で、十分学ぶ必要があると思われた。今回の米国の参加者は、高大ともに描ってアイデアある実験家だったと感じたのは、3日目(7/25)夜のデモンストレーション公開実験での米国チームの出色の出来であった(日本の出品は技術的すぎ、演者のアピール力に欠けた)。元来、手作りの技術より始めたが米国技術史であり、その一端を垣間見た。

(6) 言語問題は大きな障壁ではないが、議論の核心は、英語圏人以外には入りこめない問題点

(国際シンポ上の欠陥) があった。その例が通訳不足の高校教師間の三国交流会の不成立である(社交的表面会話は可でもそれは今会議の目的でない。また、中国の高校教師はいずれも全く英語が出来ない)。改善として、事前英語シンポでトレーニングするか、英語力で参加条件を限ることも考えられる。ただし、今回は日本側(高校)の改善努力、対応として、会話説明不足を補う、多様で大量の英訳プリントを事前準備したが、これは極めて有効であった。

(7) 高校教師待遇に、日中米で甚大な差がある。米国教師が学校の学力レベル、社会的地位レベルに対応する4段階の給料格差(上級校は底辺校の4倍給料800万／200万円年収)があり、教師の学力格差も大きい。トップは今回参加者が日本教師と同待遇で、従って米国教師の平均は日本の1/2である(1/4もある)。上級校に昇るには多数の視覚(DC等)や経験(学会参加等)が要求される。一方、日本教師は学校レベルがあっても待遇格差はなく。教師の学力も均等である。日本は古来教師を大事にし、今日社会的地位も高く、待遇もよく差がない。それが人材確保につながり(アメリカはこれで失敗)、高質大量の教師集団の確保、教育水準の高位確保に役立ち、教育立国、技術立国として今日の経済的繁栄を作った。米国の大学以外の教師は極めて悲惨な経済状況、社会的地位下にあり、これがこの国の教育荒廃の背景を成していることは決定的意味を持つ。経済主義、業績主義が導入されない日本の教師養成は3国間では出色であった。

(8) 国際会議出席の国・地方公共団体の配慮に差があった。米は AAPT で数倍の競争率を論文・面接で選択され、中国は国代表でいずれも公費支給である。日本は選考はないものの、費用自前の参加であり、国際会議出席への理解の程度(日は自分の任意参加、米中は国代表)の差と国際性の歴史の浅さがみられる。これを打開して、真に国代表として国際会議に参加出来る道を作りあげていく必要がある。

(完)

(1992. 3. 10)

# 平成3年度 北海道支部研究会シンポジウム記録

## テーマ「科学教育滅亡の予兆をうけとめてゆくか—物理教育はどこへゆく—」

日時 1991年12月14日（土）4～6時  
於 北海道大学学術交流会館

司 会：奈良 英夫（道工大）

パネリスト：鶴岡 森昭（札幌成高）

樋棒 光一（道立理科教育センター）

山田 大隆（札藻岩高、北理研）

福田 明治（室工大）

### 司会の趣旨説明

司会）標記のテーマ「物理教育の危機を考える」は、昨年も同様の趣旨で会を持った。総括的に現在機が熱しているということで、今回開催した。日本の科学教育はどうなるか、小中高新カリキュラムを展望して、施設設備充実、対応するカリキュラム作成も現在の危機感を前提とする。この危機は各方面で話が出、8月にも、理科嫌いをなくす理科教育（特に物理）討論で、従前高校80～90%の物理履修率が現在35～20%（1980年よりの制度、入試傾向、世の中の変化）の原因が検討され、12月にはニューズウィーク誌で今年度の国際理解度調査結果で、小中は日本はトップだが、高で急落、大で最下位近い状況あげ、今日本は科学教育トップというが、滑り落ちる瞬間のトップといえる。物理教育の現況みると、今後科学教育の沈没へ進む危機感がある（物理教育学会評議員会の討論）。

### パネリストの提言

鶴岡）主データは9/27日本物理学会物理教育分科シンポの折報告した。理科1科目受験時代の物理教育のあり方として、1年生に2、3年次の科目選択を聞いた（6月、5クラス）・（表1）結果と変更（11月）理由も次の通りである（表2）。変更上の理由での物理の学習上の難しさは次のようなものである。上位は、内容が難しい、計算が多い、教科書が判りにくい、専門用語が難解となっている。

ちなみに、各科目の履修希望状況は、物理163、化学362、生物300、地学101であった。

物理教育学会調査では、物理履修者減少の理由として、教師が実験をしない、切り捨て傾向がある、計算問題は解けるが基本概念が弱い、多様化の受験スタイルの結果等を挙げている。

国公立大の受験科目として、理科2科目をとらせる割合は、

昭和54（共1初年）125中46校（36%）

平成2（センター初）135中43校（31%）

現在130中40校（29%）

と着実に減少している。

高校物理の混乱点として、1. 受験生は物理教育内容難化したというが、生・化に比べ相対的難化である。2. 共1物理の受験者が減少した。3. 2次試験の要求レベルが高い。等が挙げられる。（表3）（表4）

樋棒）物理選択者の減少は、現行要領実施後である。生活科中の理科、中学第1、2分野での扱い（小中の変化）は20単位時間が9単位時間へ時数削減となった。物理履修者の減少を平成3年度採択数でみる。道は来年26%で、全国は32%、全国に比べ北海道が低い一つの課題。現職教員の教育は理科教育、授業研修状況、新任教員の理科（特に物理）素養の年々低下がある。小中高研修、指導法研修（5日目程）で行なう。理科教育の支えは学校教育の工夫、教育課程の改善工夫で補う。理科教育の重要性を声を大にして訴え、カリキュラム時間数確保する。高校生徒進路指導の工夫をする—目の安易さでなく、自分の人生を考え選択する。授業での評価法考える。（表5）（表6）

## 高校物理教育を巡る困難点

(1) 高校物理内容の難化と選択者の減少

(2) 共通一次試験の難化とその物理選択者の減少

(3) 二次試験の要求レベルの問題

(4) 高校側と大学側の教師の意識の違い

表 3

## 高校物理教育の実態

(1) 教師は受験用の演習技術の指導に重点を置き、実験・観察は受験に役立たないので切り捨てる。

(2) 生徒は計算問題は解けるが、その基礎概念が理解されていない。

(3) 生徒は学校を楽しい場とし、受験学力をつけるために予備校に通う。

(4) 多様化した受験スタイルに対応するためには、大手予備校の進路データに頼らざるを得なく、高校の進路指導が主体性を失う。

表 4

## (2) 高等学校における理科科目履修の状況

高等学校理科科目別教科用図書の採択状況 (北海道)

※ 下段 前年度理科 I 数に対する割合 (%)

理科 II 平成 2・3 年度 未調査

↑ 全国 %

年度	理科 I	物理	化学	生物	地学	理科 II
平3	89,070	22,740 26.3%	53,880 61.4%	52,850 60.4%	10,130 11.1%	
平2	88,370	23,390 26.4%	52,850 60.5%	50,740 57.5%	9,640 11.1%	
平1	90,150	21,580 24.1%	54,070 61.1%	50,660 57.7%	9,480 11.1%	0.6%
63	88,150	24,070 27.0%	51,760 59.3%	47,920 54.4%	10,060 11.1%	0.43%
62	88,570	25,070 29.0%	48,380 56.5%	46,010 53.5%	9,320 11.1%	0.81%
61	86,840	22,620 25.5%	47,250 53.5%	46,170 52.5%	10,020 11.1%	1.16%
60	89,150	23,150	46,900	43,860	10,840	2,130

## (3) 高等学校理科部活動の状況

北海道高等学校文化連盟理科部研究発表全道大会研究発表件数等

発表件数 (学校数)

年度	物理	化学	生物	地学	全 体
H3	8 (6)	17 (11)	40 (22)	19 (11)	84 (38)
H2	9 (5)	21 (14)	31 (22)	26 (16)	87 (42)
H1	11 (6)	23 (13)	42 (28)	22 (11)	98 (40)
63	15 (7)	29 (16)	38 (25)	11 (7)	99 (40)
62	23 (10)	33 (15)	47 (30)	19 (10)	122 (43)
61	24 (9)	30 (16)	48 (29)	10 (6)	112 (43)
60	18 (8)	21 (9)	45 (26)	8 (6)	92 (36)
59	13 (6)	20 (13)	41 (25)	17 (9)	91 (39)
58	17 (7)	20 (11)	47 (28)	21 (11)	105 (38)
57	19 (10)	18 (12)	46 (23)	10 (6)	93 (36)
52	13 (5)	17 (12)	28 (18)	15 (6)	73 (32)
48	9 (3)	15 (9)	38 (26)	17 (6)	79 (37)
43	2 (2)	17 (11)	33 (20)	2 (2)	54 (28)
38	0 (0)	2 (2)	22 (17)	2 (2)	26 (21)
37	0 (0)	1 (1)	14 (10)	0 (0)	15 (11)

※ 37 年度 高文連理科部 第 1 回

38 年度 A・B 時代開始

48 年度 基礎理科・I・II 時代開始

57 年度 理科 I・物・化・生・地 時代開始

表 5

(4) 新採用教員の理科履修の状況

詳しい調査はない。

一つの例として教員養成系大学生の高校での物理未履修者

小学校教員養成課程 7~8割

理科専攻生 4割

表1 物理未履修者の割合

文 系 (129名) : 106名 (82.2%)
理 系 ( 86名) : 31名 (36.0%)
その他 ( 98名) : 72名 (73.5%)
全 体 (313名) : 209名 (66.8%)

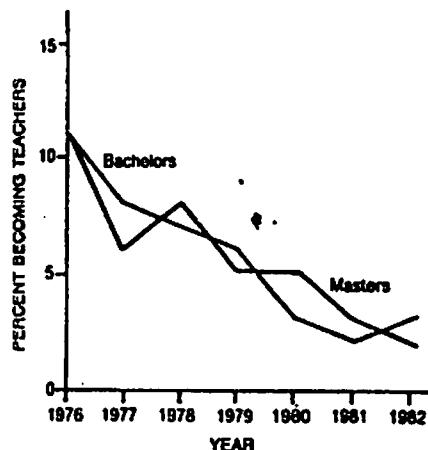
表2 理科専攻生の理科各科目の未履修者数

物理	化学	生物	地学	合計
16名 (39%)	3名 (7%)	22名 (54%)	40名 (98%)	41名 (-)

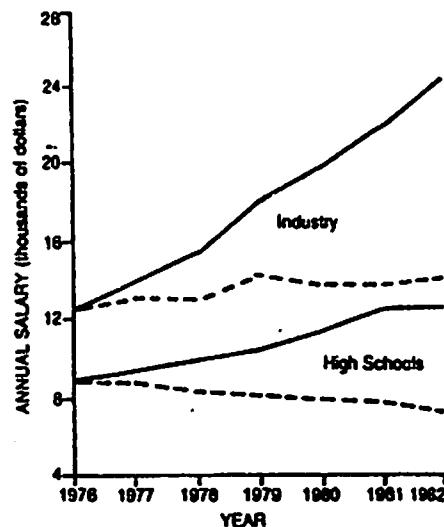
授業について考える（教師の意識改革、体系にのっとった指導内容から、身近な現象、子供の関心を考える型へ（今より声大として）。理科活動の活性化は学校中で可能である。現職教員の充実（養成機関での工夫）、生涯学習より考える（施設）、行政全体で考える、などが改善として挙げられる。

福田) 学校改組に2年間取組んだ。6つ科へ（材料物性、応用化学、建築、機械、電気、情報）。情報系でみると、最近の学生どうか：質が確実に低下（データないが、感覚的に確実）。年々入学生の成績下りの現状、実験は常識知らずの事故増え（ヒューズとぶ）。データがとれない。新テスト対策として、どれをテスト科目として採択するか。物IAは応用化以外は必修へ。入学試験では物理選択、一般常識の理科は下り（物理レベルは物凄く下っている）。室工大は本州から来る学生1割以下。文科系増えて室工大減りでなく、北大とのかねあいで予想必要。全部レベルが下らないような学校教育どうするか。学生の質低下はピラミッド小で上も低くなった、と見る（数値はないが）。この傾向を高校教師はどう考えるか知りたい。理工系大学は文系に逃げ（商事会社へ）。文系会社が理工系学生欲しがる世情である。

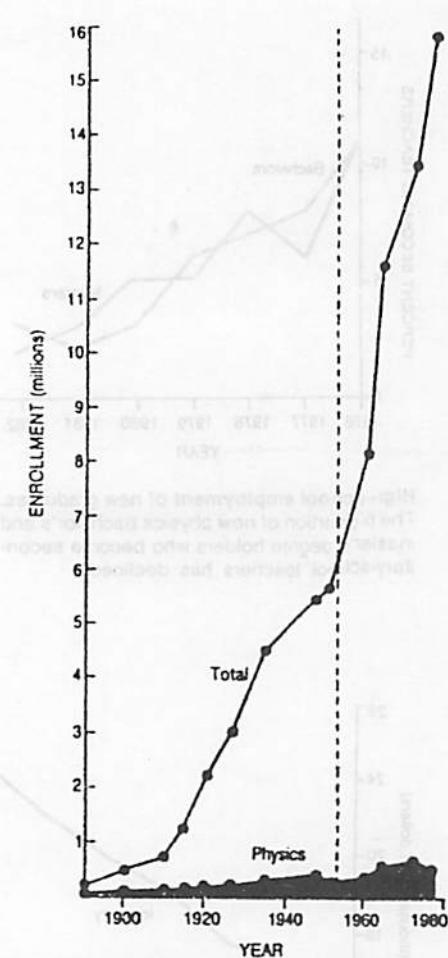
山田) 教育課程の変遷 (AB → I II → 理 I + 選択理科 → IA, IB, II) に伴ない、理科需要総数、物理履修数が大変化。AB、I II の 90 % 時代から、理 I 時代（現在）35 % (17%) に減少、北海道は 26 % で全国平均より低い。アメリカの傾向では、需要数（全体）の増加に比し、物理は急減、現在 19 %。生物は急増、化学は横ばい。米の教師問題（給料で技術系会社就職者と倍の差。よい教師集まらず、基礎学力も大巾不足…教育効果低下）。北海道の物理教師問題（高齢化、このままでは物理が消失、現在も物理専担少ない。高齢化のため実験も行なわれず）。(表7～表15))



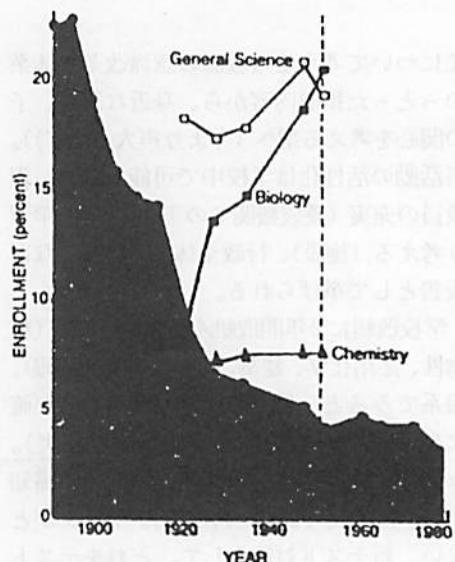
High-school employment of new graduates. The proportion of new physics bachelor's and master's degree holders who become secondary-school teachers has declined.



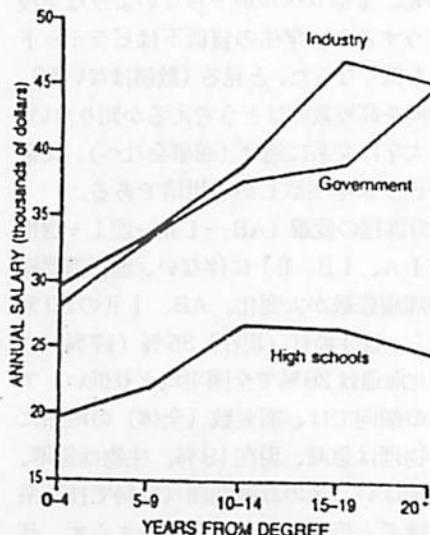
Starting salaries for new physics master's degree recipients in secondary schools and industry, 1976-82. Dashed lines represent salaries in constant (1976) dollars.



Enrollment in public high schools in the US. The curves show total number of students (upper curve) and students enrolled in physics courses. Data up to 1952 are from William Kelly's 1955 article<sup>7</sup> on physics in the public high schools; data from subsequent years come from the Department of Education and the National Center for Educational Statistics. (Compulsory-attendance laws went into effect in most states before 1910, and in many before 1890; they thus account for only a small part of the changes shown here.)



Fraction of students enrolled in physics and various other science courses. The curves up to 1952 come from Kelly's 1955 article in PHYSICS TODAY, subsequent data are from NCES and the Department of Education.



Master's degree salaries for physicists employed in high schools, industry and government, plotted as a function of time from receipt of the degree. Data are from a 1982 survey.

表1 高校理科教育課程の変遷

期間	昭23～55	昭56～67	昭68～77	昭78～86	昭87～93	昭94～
単位	5単位	2単位	2科目6単位必修	各科6単位または 基礎理科6	理科I(4)を 含む6単位	6単位
選択科目単位の廃成	物理5	物理3	物理合3	物理上3	物理4	物理Ⅰ合4 物理Ⅱ2
	化学5	化学3	化学合3	化学上3	化学4	化学Ⅰ合4 化学Ⅱ2
	生物5	生物3	生物4	生物上3	生物4	生物Ⅰ合4 生物Ⅱ2
	地学5	地学3	地学2	地学上3	地学4	地学Ⅰ合4 地学Ⅱ2

表5 現行の需要数と指標(愛知県)

	1986 昭61	1987 昭62	1988 昭63	1989 平元	1990 平2
理 I	147	154	163	162	164
理 II	4	4	4	4	4
物	29	30	28	30	28
化	52	55	56	55	53
生	48	50	56	56	55
地	6	7	7	6	6
生徒	182	187	193	195	192
物α	47.8	48.1	43.5	46.2	43.8
β	19.7	19.5	17.2	18.5	17.1
化β	85.7	88.7	87.9	91.6	92.8
	35.3	35.7	34.4	34.8	32.3

表8 理科受験者率(%) [理科受験者数/総受験者数]

	1978 昭54	1979 昭55	1980 昭56	1981 昭57	1982 昭58	1983 昭59
物 I	56.4	53.7	48.4	42.7	44.4	48.3
化 I	81.1	77.8	75.3	71.6	74.5	79.2
生 I	47.0	49.0	53.0	56.1	54.1	51.0
地 I	15.2	19.4	23.2	29.5	26.9	21.3

	1984 昭60	1985 昭61	1986 昭62	1987 昭63	1988 平元	1989 平2	1990 平3
理 I	63.4	90.9	0.2	0.2	0.2	0.8	0.6
物	35.8	31.5	29.2	30.2	25.4	32.4	31.5
化	51.6	37.1	31.1	28.8	31.9	40.2	39.6
生	37.0	32.8	30.1	31.0	32.0	29.9	28.2
地	12.2	7.7	5.5	6.1	8.1	5.2	4.6

## (1)全国

高等学校における理科(物理・化学)選択者の推移を示す指標と、全国の理科教科書需要数の移り変わりを以下の表に示す。

表2 AB時代の需要数と指標

	1969 昭44	1970 昭45	1971 昭46	1972 昭47
物A	78	77	74	74
化A	89	78	76	76
生	118	115	113	114
地	87	85	84	84
生徒	434	423	418	415
物AB	93	93	91	93
化AB	102	102	103	104

注: 需要数の単位は万冊。生徒数の単位は万人。

生徒数の下の欄は、需要数を生徒数の3分の1で除した数の%。

表3 I II時代の需要数と指標

	1976 昭51	1977 昭52	1978 昭53	1979 昭54	1980 昭55
物I	125	126	125	124	123
化I	148	148	150	153	156
生I	123	124	126	128	132
地I	59	58	58	59	58
基礎	7	6	6	6	6
生徒	439	438	441	448	462
物II	87	88	85	86	85
化II	102	101	102	102	101

表 9

表 10

図3 教科別教員数(%) の変化

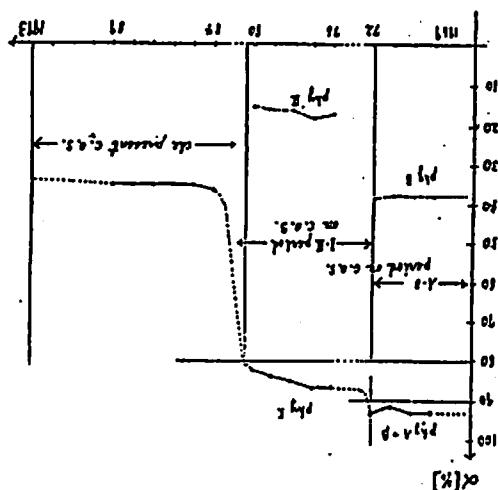
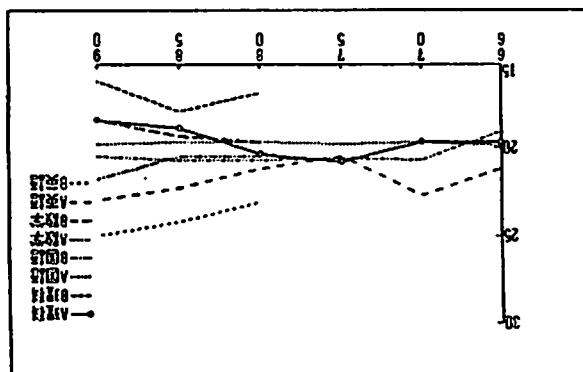


表4 物理教科書の割合 (%) の推移

年	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
総額	469	517	525	537	553	564	562	562	562	562	562	562
地	20	21	20	20	21	21	21	21	21	21	21	21
生	78	85	88	92	98	101	102	102	102	102	102	102
化	98	102	103	106	111	113	112	109	109	109	109	109
物	58	61	62	63	64	66	65	63	63	63	63	63
理 I	8	9	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5
理 II	241	255	264	272	286	287	283	274	274	274	274	274
理 III	1983	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995

表4 物理教科書の割合 (%) の推移

PERCENTAGES OF TEACHERS INDICATING COVERAGE OF SUBTOPICS  
 (From Pfeiffenberger and Wheeler, *loc. cit.*)

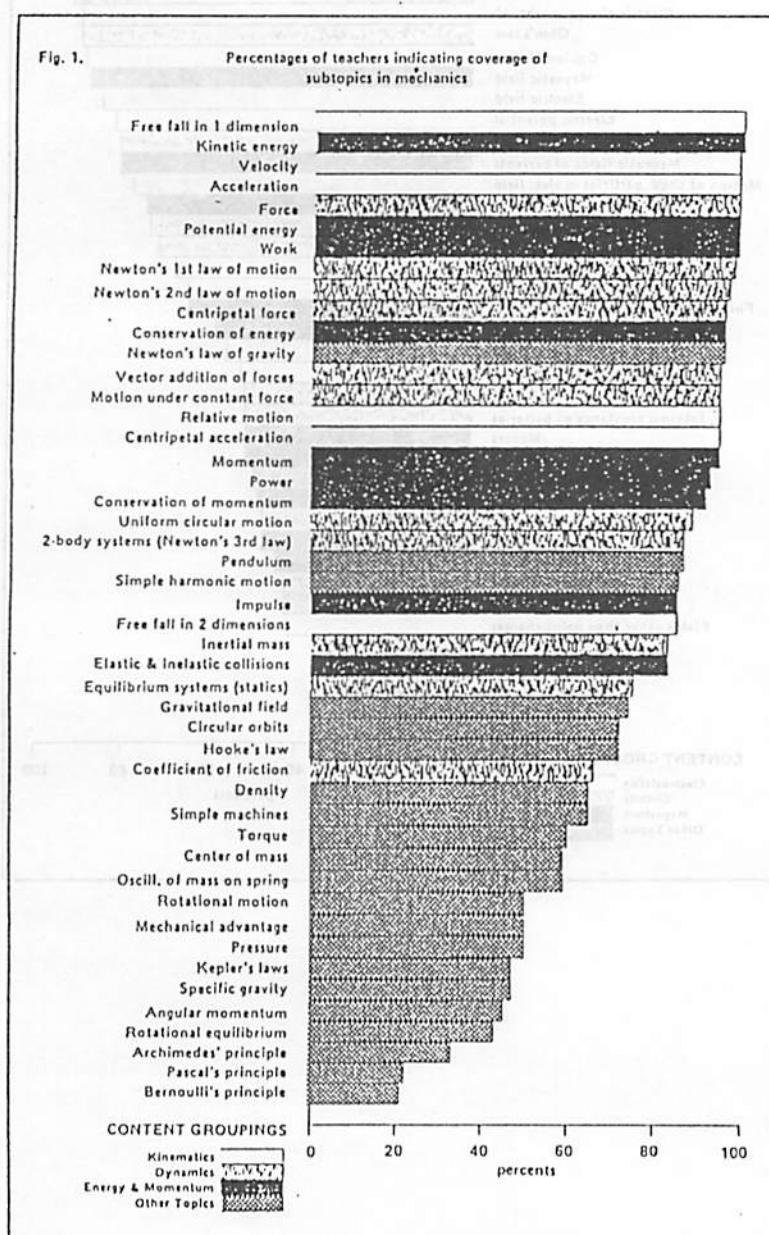


表 11

Fig. 2.

Percentage of teachers indicating coverage of subtopics in electricity and magnetism

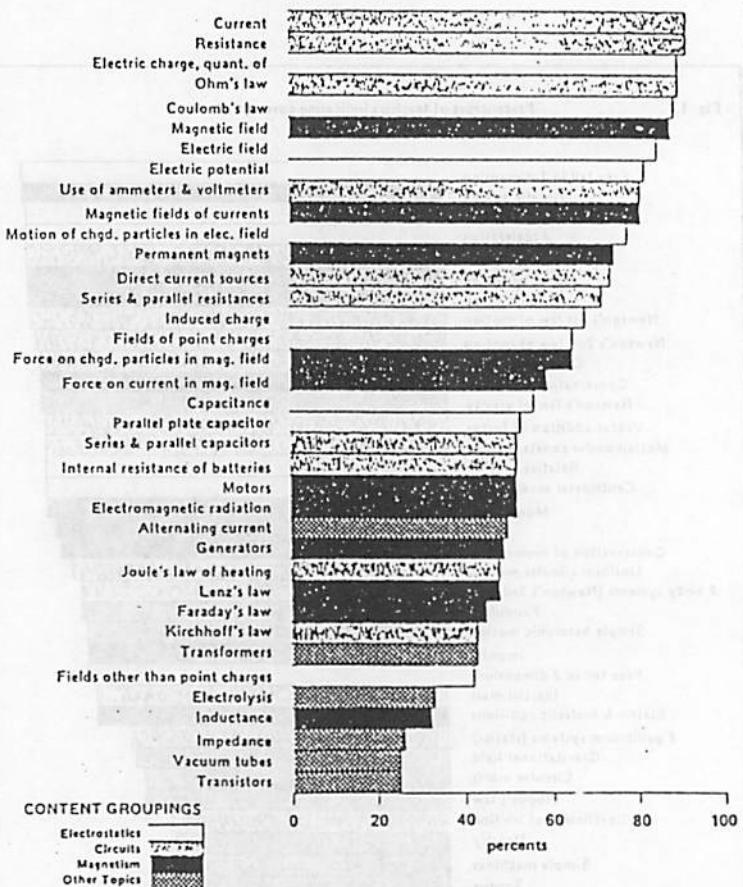


表 12

Fig. 5.

Percentage of teachers indicating coverage of topics in modern physics

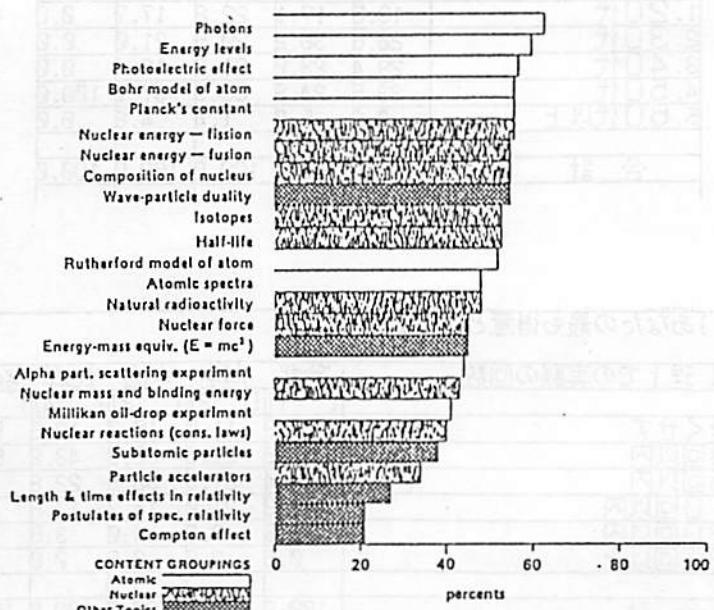


表 13

〔1〕あなたの最も得意とする分野					
〔2〕あなたの年令	物理	化学	生物	地学	その他
〔1〕	〔2〕	〔3〕	〔4〕	〔5〕	
1. 20代	13.5	17.1	22.8	17.1	0.0
2. 30代	20.6	30.2	20.5	21.0	0.0
3. 40代	29.4	23.0	21.9	19.4	0.0
4. 50代	33.9	24.8	33.5	37.1	100.0
5. 60代以上	2.9	5.0	1.4	4.8	0.0
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

12.

〔1〕あなたの最も得意とする分野					
〔11〕理1での実験の回数	物理	化学	生物	地学	その他
〔1〕	〔2〕	〔3〕	〔4〕	〔5〕	
1.全くせず	23.8	11.0	16.7	12.3	50.0
2.3回以内	37.5	37.0	32.3	43.9	50.0
3.5回以内	19.4	27.5	30.8	22.6	0.0
4.10回以内	16.3	21.0	15.7	17.5	0.0
5.20回以内	2.5	3.5	4.0	3.5	0.0
6.21回以上	0.6	0.0	0.5	0.0	0.0
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

14.

〔11〕理1での実験の回数					
〔2〕あなたの年令	全くせず	1回	5回	10回	20回
〔1〕	〔2〕	〔3〕	〔4〕	〔5〕	
1. 20代	17.5	17.5	15.6	20.2	28.6
2. 30代	21.4	27.4	24.4	22.0	23.8
3. 40代	24.3	22.0	18.8	30.3	23.8
4. 50代	35.0	30.5	37.5	26.6	19.0
5. 60代以上	1.9	2.1	3.8	0.9	4.8
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

8.

〔1〕あなたの最も得意とする分野					
〔8〕現在担当の科目	物理	化学	生物	地学	その他
〔1〕	〔2〕	〔3〕	〔4〕	〔5〕	
1. 理科1	39.7	39.0	38.5	44.1	66.7
2. 理科2	4.1	1.6	1.7	2.9	0.0
3. 物理	34.1	4.8	1.4	3.9	0.0
4. 化学	9.8	43.3	7.9	8.1	0.0
5. 生物	5.0	7.2	47.2	9.7	0.0
6. 地学	3.2	1.6	1.1	29.1	0.0
7. 専門学科の理科	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
8. 他教科の科目	3.8	2.4	2.0	1.0	33.3
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 14

25.

## 〔1〕あなたの最も得意とする分野

(65) あなたのコンピューターの活用		物理	化学	生物	地学	その他
		( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )
1. 教科指導		6.1	4.2	5.7	8.8	0.0
2. 成績処理		32.2	31.3	29.8	27.5	0.0
3. ワープロ		30.6	32.9	28.4	26.3	0.0
4. クラフ活動		6.1	2.3	2.5	1.3	0.0
5. その他		4.1	5.5	3.5	5.0	0.0
6. 利用せず		20.8	23.8	30.1	31.3	100.0
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

26.

## 〔2〕あなたの年令

(65) あなたのコンピューターの活用		20代	30代	40代	50代	60代以上
		( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )
1. 教科指導		7.0	6.0	4.8	5.2	0.0
2. 成績処理		34.1	34.5	30.4	25.7	20.8
3. ワープロ		37.3	32.1	30.8	21.3	33.3
4. クラフ活動		2.1	4.4	4.4	1.7	0.0
5. その他		5.4	6.0	4.0	2.6	4.2
6. 利用せず		13.5	17.1	25.5	43.5	41.7
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

27.

## 〔1〕あなたの最も得意とする分野

(66) コンピューターの教科指導への考え方		物理	化学	生物	地学	その他
		( 1 )	( 2 )	( 3 )	( 4 )	( 5 )
1. 植物的に利用		11.3	12.5	8.9	15.3	0.0
2. データ処理や計測に使用		35.1	24.0	22.9	20.3	0.0
3. 使用せず		14.9	23.6	27.6	25.4	0.0
4. 効果なし		17.3	16.3	13.6	10.2	0.0
5. わからない		16.1	18.8	23.4	22.0	100.0
6. その他		5.4	4.8	3.1	6.8	0.0
合 計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

表 15

パネリストによる討論の柱（司会より）

鈴岡（学校現場から）1. 内容難化（意識相対的）  
2. 共1試験（物理）選択者の減少、3. 2次試験の要求レベル、4. 高校と大学

山田（研究会から）1. 教育課程変遷がもたらしたもののは何か、2. 各国の社会発展トレンドとの符合（国家課題、社会の受とめ）、4. 必要となっている人材の確保～待遇・待遇・資質の向上。

樋棒（教育行政）1. 構造化、精選、2. 大学入試制度との連関、3. 教職者（新採用問題）の自然科学（特に物理）素養の衰弱、4. 広がりと深まりへの厚みある教育への改善（何が有利かの目先利益でなく）

福田（大学教育から）1. 学生の学力（知力）、物理常識はどこへいったか、2. 堀野せばまる状況、3. 進路－試験とのからみ

フロアの発言

吉田（北大工）物理履修者減少で危機感限定の発表だが、それ以外にもある。このような状態が続くと何が起るか—福田氏からあったが、高校側からはない。履修者減少傾向は、現行カリキュラム開始下で、物理が90%から35%に止まりだが世界でも高い方、化学は高い。物理が化・生へ流れている（化・生とるが物理とらない、この傾向が現行下で起っている）。共1センター試験、受験者25万人、化・生と同、1/3ずつ分割。最初、物理の平均点低い（不公平感）→現在はカサ上げ修正のため、表面上問題ない。大学は共一以後、私語で講義出来ず—私大学の70%は聞いていない。室工大教授怒りの退室の記事もある。物理履修者へってくる。私語増大は、共1試験何であったが、偏差値教育の弊害とみる。とんでもないことが生まれつつある。日立製作所教育部門（社員再教育部門）スタッフの話→今の新社員は、美術・文学・哲学の教養が全くない。新しいことをさせると何も出てこない。偏差値意識、自己主張なく迎合的、これはどうやっても教育出来ず（ある年令まで可）。大学教養無くする方向あるが、これはとんでもない。18

才人口の減少は実質人口減ること（履修者絶対数落込み、が問題）。工学部理学部への入学者数は減少（3K労働嫌う世相とのからみ）は、近い将来定員割れになるだろうと予想及び、今的研究者はキーボードのみたなければよい、実験しない感覚ある。科学技術庁の調査では、2005年までに需給関係で37万人エンジニア不足となる（理科離れによる停滞）予測。文部省調査では、日本は大学院学生数が先進国中で極端に少ない。又、日本技術のアンバランス—ハイテクのみの技術、黒字のみ世界一で他はどれも世界一ない。国際的に評価されず。ノーベル賞数、特許数、海外国際関係いずれも少。国際的孤立、沈没のあぶない型を進んでいる。日本は特許を買う形で、付加価値つけ高く売る形である。基礎研究の環境劣る（頭脳海外流出）基礎研究にも開発費つき込めということ）。イギリスの日本視察団結果は、学ぶべきものは文部省の組織のみ（命令一下）、学校事情は堅苦しく伝統的、イギリスの30~40年前と同じ、としている。

斎藤（北方圏理科教育振興協会）選択者減るだけでは危機感なのか。37万人の技術者不足と同時に、理系の質下りが真の危機感。

平野（北教大札幌分校）今は話出来ない。実態調査をし、現実態のもとで理科分野でどう興味をもってもらえるかを考えている。

中川（元江別高校）これから的新カリでⅠⅡ必修可能。北海道教師の高齢化は選択制にしてからの教師余りによる。昔の必修のスタイルにするとよい。

司会（奈良）学習の内容についてで、真に内容難化か（相対的）があった。教育課程の改訂は学年ごとの内容大切一思い切り選択制とする。昭和20~30年代の進学は30~90%下で。学習内容に耐えられる生徒66%のみ、これをどう受止めるか。この経緯の中で入試問題工夫されないで一色でやってきた。最近テストの為の統一として、大学入試を易しくすること。各国の社会進展トレンドが違い社会的課題化している。アメリカと日本のちがいは、米が資源立国、日が人材立国で、アメリカが日本

と違う点を問題とする指摘があった。単純に日本は米国の後追いと言つていいられない。人材をどうするか、もあった。小学校・文科系・総合系の役割、小中段階の理科教育こそ、理科全領域の学習をした総合力のある教師を配置すべき、アメリカの AAPT (全米物理教師協会) の物理教師基礎学力調査での低学力の実態と教育混乱はこの問題の本質を物語る、指摘もされた。アメリカの技術系企業も人材難で日本以上に危機感持っている。給料を理工系を高くすると人材は集まる。日本もその傾向が出て来ている (1991年IBM大卒初任給35万)。教育行政の変化、新採用教員の素養衰弱、裾野広がらぬ問題点、どう展開するか課題である。

斎藤) 社会が物理を必要とする社会の対応の仕方もあるが、個人としての必要が今迄の討論で出て来ていない。自分の将来にとっての物理の必要(パテント大事)もあるのでないか。報酬という点で日本社会は遅れている。創造性評価されてない。創造性背後へ一般教養ちがう。物理持たない社会はおかしい。企業的にどう反論するか。創造性の保証は特許とする(物理危機との結びつきで)。社会との結びつき企業問題、易しく判りよく。個人メリットと結びつけることは大きい。

司会) スポーツ企業でなく、理科発展をどう評価するか、もっとキャンペーンする。報道機関へ、我々は宣伝が下手。

中島) 物理とる意味で個人的メリット確かにある。社会的にはアメリカが進んでいる。米の企業で理系学生得るは大変。日本理系は文系より高い。理工系の給料は高くなりつつある。これから理系給料上る。理科は常に総合的にあるレベルで全体下げ。アメリカの年頭教書は物理教育盛り上げ(10年前より行なっている)教師より働きかけ、日本の企業より危機感ある(米企業)。あるレベルの理科にはあるレベルの物理必要は社会的常識金で解決出来る問題。

山田) 現行の物理教育方法にも改善必要。数式多数、概念少、用語難解の面白くない日本の

物理教科書(技術主義、工学的教科書)。定量的教科書のみでは、今日の時代の生徒はついてこない。多様な層に対応した物理(文系物理も含めて)を開発し、多くの生徒に物理をとらせる方法で(カリキュラム改革を)。企業対応のみ専門家養成のみの物理教育でなく、市民教養、一般教養として物理の普及に、行政も教師も発想転換する必要がある。

ティールーム

## 物理教師 その一

酪農学園大学 秋山敏弘

物理教師は理科の仲間からも、堅物コチコチと思われているようだ。

あるとき地方高校勤務が長く、人柄も穏やかと定評のある生物の某先生に『物理の教員には、変わるものが多いと陰で言われているようだが、何人に一人の割合と見られているのでしょうか』と尋ねたら、暫く考えた結果『2人に一人の割合かな』と言われた。私は少々は変わるものと言われるほどでなければ物理の教師は長続きしないと信じているので、『やはり、そうか。』という気もしたが、私もその一人なのかと思うと笑いだすしかなかった（『物理の職業病かも知れない。』と言われたこともある。）

その私に、今回、支部から『何か隨想を書け』と指示された。友人に『公務員でなくなって6年、やっと気馁なことが書けるようになったよ』と言ったら『昔から言いたい放題だった、何を今さら』と笑われた。

1950年頃のこと

新卒で赴任して、高校の準備室で見たのはガラクタばかり、対物レンズ無しの大正7年購入の望遠鏡。蛇腹だけの大正12年製カメラ。ブリキと炭素棒だけのマイクロホン。干上がった二次電池。黒焦げのコイル。ブラシの無い摩擦発電機、などである。無いほうがよかった。この学校は理科教師の転勤が頻繁だったようで、備品

の購入に計画性は全く無かったので呆然とした。おまけに、準備室は化学、生物、物理の3科の共同生活。予算は一科目あたりPTAの年額3万円だけ（現在の物価による推定値）。教員になることは『砂漠にプールを作るのが仕事、そこで水泳を教えよ、但し予算は殆ど無い』と言われたことに等しかった。『理科教育の最低線は事実としての現象をできるかぎり体験させること』を漠然と考えていた私にはやりきれなかった。

あるとき準備室に掃除当番が来ていた生徒。『実験なんて当分出来ませんね。……先生は、どうして物理の先生になんかなったのさ。』と言われた。『英語か数学の教師になればよかったのに』と言いたいようだった。生徒の目にも理科準備室の環境の悪さが異様に感じられたようだった。

この学校ばかりでは無く当時の道内の大半の高等学校の実験室はみな大同小異の状況だったのであろう。勿論、こればかりが原因とは思わないが、私と同じ頃に、他の高校へ物理の教師として就職した人々は数年のうちに大半が、『数学担当』というバスに乗り、ヘンシーンして行った。

私は乗りそこねた。行くさきの当ても無かったのに教員を辞めたいと思った。

1992. 3. 1

## 課題研究の充実を

北海道池田高等学校 加藤誠也

札幌を出て2年たちました。仕事の内容が少し変ったこともあります、当地には物理に関す

る若干は高いレベル(?)での話し相手がいなく、皆さんとお話ししたい思いが募るこの頃です。

桐一葉落ちて天下の秋を知る、等ということは、私にはとても出来ません。

高校物理の選択者の減少が心配されていると思われますが、このことについて――

このことの要因は、社会の風潮と生徒の変容・変質、高校・大学の受験、教員の資質の変化等いろいろ指摘されるかと思いますが、いずれも大変大きな問題で、いつかゆっくり皆さんと検討してみたいと思っています。

現在私が、我々に出来得ることとして最も重要なと考えているのは、小・中・高を一貫しての新教育課程にもらっている「課題研究」の展開です。これまでの高校物理は、ややもすると、大学入試クリア一型に片寄り、自然科学のところを育てるに少しく配慮が不足してきたので

はないでしょうか。時流に伴いある程度の物理履修者の減少は致し方ないと思いますが、受験のための物理に力が入り過ぎて來た結果、この枠が外れると、物理好きに育っていなかったために、数が急激に減少したのだろうと思います。中・高の連携を強化して「課題研究」の充実をはかり理科(物理)好きを育てることが、これから科学教育の在り方としても大変重要なことだと思います。

科学教育の理念(哲学)をもう一度再構築・再確認してみてはいかがでしょうか。実用面(工学系)からの要請だけではなく、哲学的(理学系)な科学教育の充実・発展が、これからの、衣食が足りた日本に強く要請されているように考えます。

## 高校に物理のエース (IA) 登場

北海道立理科教育センター 永田 敏夫

### 体験 / 雪中キャンプ

4年3月半ば、おたる自然の村キャンプ場で、積雪をブロックに切り出して積み重ねたエスキモー風のイグルーを作り、家族全員で雪中キャンプを1晩体験しました。15家族59名の参加者の内7家族がイグルーでの宿泊にチャレンジしました。あまり室温は上がりず6℃程度でやや寒かったのですがとてもいい経験ができたと喜んでいた人は、私達の家族ばかりではありませんでした。レクレーションでは、チューブ滑りが大人気でしたが、ミニジャンプ台を作ってプラスチック板製のスキー人形をジャンプさせるスキー坊っちゃん大会も人気でした。

社会教育に携わる人のエネルギー、ボランティアの人々の協力、人を引き付けるための工夫などいろいろ勉強させられます。参加者は興味を失えば次から集まらなくなります。チームで働くためのミーティング、ボランティアを含めたスタッフの数が多いのも特徴です。

### ご存じ / 物理履修者激減

高校では平成6年から、新しい学習指導要領が、学年進行で実施されます。現行では理科Iが必修科目としてありましたが、今回の改訂では、理科は5区分から2区分にわたって2科目が必修となり、特定科目の必修はなくなります。

現行の実施の最も大きな変化が生じたのは、理科では物理でした。履修者の激減はご承知のとおりです。妥当ではないと言われるかも知れませんが、物理的な見方考え方は理科Iの中にはありました。確かに理科Iは、専門領域の細分化から総合化・学際化への転換、学問体系に位置づけられた基礎教育から一般教養としての国民教育、これら双方の役割を担っていました。しかし、物理的内容の学習機会を全ての生徒に保証した意義は決して小さくなかったと考えます。今回の改訂では履修の仕方によっては、物理的な内容の学習を中学校以後殆どしないまま、社会に出たり、理科の先生や家庭科の先生になりたりする人が出る可能性があります。

**物理にエース登場！**

さて、今回の改訂ではIAを付した物理が登場しました。このIAを付した物理は先生方の専門性を生かして、今まで物理を履修する機会が少なかった文化系や就職する子供達にも、技術革新や日常生活と絡めて、楽しい、点数の取れる？、実習や実験を取り入れた、新しい考え方の物理を提供する起死回生を目指した科目なのです。力学の計算や論理からではなく、感覚や応用から触れさせようとする科目です。家庭科や数学と同様にコンピュータが取り入れられたのも特徴です。

**文化系や就職希望の高校生に物理IAを！**

難解だと思われていた物理のイメージを変えて学校での市民権を得なければなりません。それには、物理を専門とする先生の力が必要です。分かりやすく楽しくやさしく学習させるには高度の知識と専門性が必要です。

物理教育を得意とする先生が、今、物理以外の科目に費やしているエネルギーを社会教育的手法なども大いに活用して、文化系や就職する子供が物理を楽しく勉強するために、物理IAに多くの生徒を引き付けるために、全ての高校生が物理を学んで卒業したいと考えるようにするために費していかなければと考えています。

**環境問題は物理から！**

例えば、環境保全型社会の形成、経済の安定的発展との両立、国際的協調という地球温暖化防止行動計画の目標に対して掲げられている対策である都市・地域構造、交通体系、生産構造、エネルギー供給構造、ライフスタイルの見直し、技

術の開発・普及などは、物理的な素養なしに判断し行動して行くことは不可能にも近いのです。

**物理の先生自らが物理の必要性を！**

物理の先生は大変意欲的で他の科目をあつという間にマスターして担当し、物理を取らない生徒がいても「学者になるわけではないからいいよ」と、言ってくれます。「入学してから勉強すればマスターできるから、試験では物理を取らなくてもいいよ。」と言ってくれます。その代わり物理を取った生徒には容赦なく厳しい評価を下し、勉強が足りないと嘆いている場合が多いのは、私ばかりだったのでしょうか。その結果、ますます物理履修者を減らし、物理をますます持てなくなり、子供達の物理を学ぶ機会を減らしてしまったのではないかと考えます。物理の先生が大声で「みんなが物理を履修できるように」と言わなければ誰も言ってくれません。(最近は、他科目的先生が心配して言ってくれる方が多いですが)

**楽しい物理を！**

「あんな面白くない、難しい、成績に不利に働く、生徒が嫌がっている、生徒の多様化に対応すれば不用な、社会に出て役立たない、受験科目にない、自分がやりたい分野と関係がない」物理を何で履修する必要があるのかという声に対して「こんな楽しい、成績に有利で、みんなが生活してゆくのに必要な、受験科目にあってもなくても、あの先生の授業なら是非取ってみたい」と言ってくれる物理に改革を進めなければと考えている毎日です。

(ながた としお 北海道立理科教育センター)

**理 科 の 学 力**

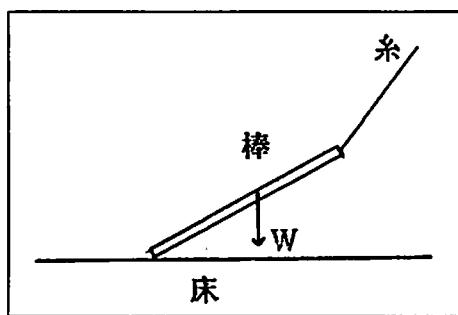
北海道札幌東陵高等学校 須 藤 悅 次

高校の物理は、その時々により「基礎・基本事項」「必要最低限の実験」「基本的な概念」「系統性」「中学校との関連」などを重視して展開さ

れてきた。高校の進学率が上昇するにつれ、高校生の3分の1しか内容を理解できず、その理解もテスト終了とともに忘れ去られる状況となり、

物理の将来必要とする生徒が選択する科目となつた。このため大学入試が大きな要素となり、物理履修者の減少、基礎的事項や実験などの軽視が見られる。

物理の基礎的事項の理解不足は、高校生のみならず大学生にも見られる。10年前、高校理科教員の採用試験に関係したことがあるが、約300名の理科の受験者のなかで、つきの問題（棒にはたらいてる重力W以外の力を作図で求める。）の正答者が、物理の教員志望者で約1割。ほかの生物・科学・地学では一人もいなかった。



胴体のつりあいは中学校で学習しており、3力の作用線が1点で交わること、力は分解できることを覚えていれば解ける筈である。ちなみに、中程度の高校1年生（国公立の進学者が数%）は、10分間で1割の生徒が正解をした。

理科の「知識」「理解」に関する日本の学力は、1983年に実施されたIEA国際理科教育調査では小・中学校では1970年と同様に1位であったが、高校3年生では選択科目の集団により大きな差がみられた。この成績は「学校外の勉強時間」と「将来の進学希望」に相関がある。「実験」では、16%の中学生しかメスシリングダの目盛りを読めないなど中の成績で「物離れ」の理科の現状が表れている。

理科教育は具体的な事物・現象を対象にして、生活体験と系統学習の間を揺れながらも行われてきたが、教師を含めた大人（特に母親）の実体験不足が顕著となり、1年後に退職する身であるが、これから理科教育の行く末が憂慮される。

# 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、支部長の諮詢に応じ、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、本支部役員中の次者の中から支部総会において選任する。

(1) 支部理事の推薦した正会員

(2) 正会員又はその団体の推薦した正会員

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

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

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

(1) 事業計画及び収支予算

(2) 事業報告及び収支決算

(3) その他、支部理事会において必要と認めた事項

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

(1) 本規約は、総会において、正会員の三分の二以上の同意を得なければ変更できない。

(2) 本規約は、昭和44年6月25日より施行する。

## 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、写真はできるだけコントラストのよいものを用いること。
- (8) 図・表・写真の場所指定は、支部所定の割付用紙(1 ページ分、原寸大)に見やすく(直線で囲む)表示し、かつ、原稿用紙中では、それらに対応する場所に、相当字数分だけの余白をとっておくこと。

### 3. その 他

- (1) 校正等のため、原稿の控を手許に保存しておくこと。
- (2) 校正是初校を著者が行ない、再校以後は編集理事会で行なう。校正是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3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 4 年 5 月 31 日発行

日本物理教育学会北海道支部

第 20 号

編集責任者 鶴岡森昭

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