

中野善明

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

No. 13 1985. 5



目 次

● 卷頭言 生徒の立場で物理教育を観よう	秋山敏弘	1
● 辺見竜夫先生を悼む	秋山敏弘	2
● 直流回路におけるエネルギーの流れ	粥川尚之	3
● マイコンによる角加速度の測定	峰友典子・三好康雄	7
● モレア稿によるレンズの屈折力の測定	中野善明	13
● ラインプリンタを用いる計算機プログラム	長島健次・朝倉利光	18
● ICO-13に出席して	中野善明	26
● 昭和59年度支部研究会報告		28
● 実験室訪問記	飯田紀子	30
● 座談会 物理教育を語る		34
● ていー・るーむ		39
● 学会ニュース		41
● 支部規約・会誌投稿規定		44

理科工の領域

物	物	化	生	地
経済	金額	77~80%	80~90	90~100
学年	50~60	70~90	90~100	90~90
性別	40 60	50~70	70~100	9
	28~25			9

巻頭言

日本物理教育学会道支部 副支部長 中島 春雄

昭年57年度からの新指導要領で学習した高校卒業者が、今年度は大学に入学しました。過去3回程高校理科の指導要領の改定—従って教科書の改定—を眺めてきましたが、内容を一新した教科の多い中で物理だけは同じ程度の内容・範囲で単位数に応じて多少変動したという感じを受けます。このことは物理学の体系の完成度が高いためである反面、物理教育関係者の頭の固さによるのではないかとも思っております。

わが国の18歳人口170万人のうち150万人が高校に進学し、同世代の4人に1人が大学に進学する世の中になりました。ますます巨大化し、広範囲の問題と取組んでいるのが現代物理学の最前線の姿である一方で、日本でもアメリカと同じように高校生の物理ばなれが加速され続けているとのことです。多数の高学歴者によって支えられている日本の産業構造は今後どのようになり、どうやうにならなければならないのでしょうか。このあたりでよく考えておく必要がありそうです。

物理学を高校レベルでどのように学ばせるかについては、第2次大戦以後だけに限っても実にさまざまな試みがなされてきました。人員・予算とも大規模で意欲的な取組みの結果のPSSC物理など各国の成果、Inquiring Mind が大切だとする探求学習のすすめ、現代の科学に必要なものは総合化であるとする総合科学の行き方、科学の歴史を十分学ぶことが創造性を養うために必要だとする動き、更にごく最近では、発展途上国の科学教育の問題、科学の社会性 等々思いつくものだけでも実に広範囲にわたっております。大学入試の動向で右往左往させられている日本の高校物理もいやおうなしに国際的視野を要求されてきていると思います。

日本の国立大学では戦後最初の外国人教授である京大のHall氏は“日本の産業がイギリスよりもすぐれており、日本の科学がイギリスより劣っている”のはそれぞの國の大衆のもつ産業や科学に対するイメージの差によるのではないかと指摘しています。^{*}教育改革論議の盛んな昨今ではありますが、大衆のイメージは一朝一夕で作られるものではなく、その国の歴史と無縁なはずもありません。狭い島国で毎日あくせくしているわれわれ日本人は、世界の人々のものの考え方・価値感の多様性をつい忘れるがちになります。ますます国際化して行くわが国の科学や産業の将来を考えれば、日本人のものの考え方に対する高校理科の影響は一段と増すことになります。

^{**} 来年の8月に“物理教育の動向”に関する国際会議が上智大学で行われることです。この際、国際的見聞を拡げるために夏休みの数日をさいて多数参加されてはいかがとお説いする次第です。

*科学 Vol 54 № 12 (1984) **関連記事（本文 41頁）



辺見竜夫先生を悼む

昨年日本物理教育学会北海道支部の総会で、しばらくぶりにお会いした際、大変お疲れのご様子で、なにかただごとではないと感じました。すぐ、お尋ねしようかとも考えたのですが、結局聞かずじまいでした。

定年が近付きますと身体の調子が冴えない日々が一ヶ月も続くとすぐ不安になり、命さえ助かるならと心から思うようになります。精一杯生きているのです。だから他から疑問をなげかけるのは、ためらわれました。ご本人が一番触れてもらいたく無い事柄なのではないかなと思い返したのでした。この辺は歳をとってめななければお分かりいただけない事かも知れません。

お聞きしたところでは、年末には受験学年の物理について冬休み中の特別授業まで引き受けておられたとのことでした。階段の昇り降りがままならぬほど、体力が弱っておられ、周囲の人々が止どめられたのに『生徒に悪い』と、無理をなさったようです。あるいはそれが死期を早めたのでしょうか。

正月に入って悲報となりました。思わず、あっと呼ぶところでした。

心からご冥福をお祈りいたします。

辺見先生の略歴等を少し述べさせて頂きます。

お生まれは大正15年、東京高等師範学校物理学科をご卒業後、すぐ札幌北高にご赴任になり、昭和39年に札幌南高に移られました。北海道の約300校の高校の中で大学受験にかけては両横綱の2校で30余年の教員生活を了えられたのでした。まことに羨ましいかぎりです。先生が地位名譽に囚われる人でしたら、あるいはこの羨望はあたっていないと言う向きもあったかもしれません。しかし先生は心から生徒に対して、授業を大切に、殆ど頑固と言ってもいいほどの誠実さで向かっておられましたから、あえて、こう申しあげます。

日本物理教育学会道支部には発足時から参加なさり、北大工学部の物理実験講座では非常勤講師として長年にわたってご指導になっておられました。

本当に、『物理教育』がお好きなようでした。昨年も鶴津理化器械のキャベンディッシュ万有引力定数測定実験装置の改良研究に情熱を燃やしておられました。

ご家庭には北大歯学部在学部在学のご長男と同理学部大学院のご次男がおられます。

ご研究のためにも、ご家族のためにも、これからというときでした。残念でなりません。

あらためて、もう一度ご冥福をお祈りいたします。

日本物理教育学会北海道支部長 秋山敏弘

直流回路におけるエネルギーの流れ

粥川尚之

1はじめに

今日の社会において電気は水や空気と同じようになくてはならない重要なエネルギー源としての役割を負っている。このような電気エネルギーの発展はその便利さと共に、物理学の中でも力学と共に最も基本的な分野をなす電磁気学の発展に支えられている。電磁気学は學問体系として完璧に近い見事な理論をなしている。しかしながら、ごくありふれた現象でも、少し違った角度からの説明を試みようすると仲々すっきりとしない事がある。以下で取上げようとする事は専門の方々にはあたりまえの事で、唯門外者である著者が疑問思っている事であるかも知れない。それは、直流の電気エネルギーは回路のどこをどの様な速さで流れているのか、あるいは、はたして直流現象でエネルギー輸送、即ち電源から負荷まで時間をかけてエネルギーが輸送されてくるという説明は可能か？

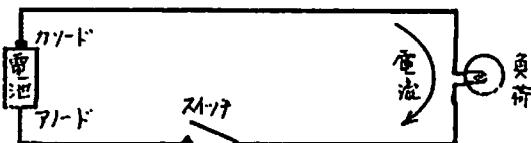


図1 電池と電球の直流回路

という事である。

図1のように電池を電源、豆電球を負荷とした簡単な直流回路を考える。スイッチを入れると電球は瞬時に点燈し、瞬時に電池から電球にエネルギーが供給される事はよく知られている。また、アノードとカソード^{*}間の電圧と線路に流れた電流が判れば、電池から供給された毎秒当たりのエネルギー量は両者の積で計算できる事も周知している。しかし、上の計算にはエネルギーが途中どのように運ばれてくるかという概念が使われておらず、結果を求めているにすぎない。

現代の物理の考えではエネルギーが光の速さ以上に速く空間を伝わるという事は否定されている。

それでは上のエネルギーは問題の回路のどこをどの様な形で流れて来たのであろうか？

このような問い合わせに対して電磁気学は仲々すっきりとした答をしてくれないように思われる。何故ならば、直流のエネルギーが有限な速さで流れているという考え方をつきつめて行くと、直流といえどもその基本には時間的に電界や磁界が変化しているような現象がなければならない事になるからで、このあたりで大方の専門の方々の賛成は得られなくなる。従って、以下の説明は著者がそう理解しているという事であって、一般的な考えではないかもしれないという点をあらかじめおことわりしておく。また、以下では直流の非定常現象にまで立入らず、時間的には平均化された定常な電界、磁界、電流による説明にとどめる。

2 電流

電気現象は電荷の存在が基本になっている。電荷は電界から力を受けその方向に運動する。これが電流である。電界 E volt/m を受ける質量 m kg、電気量 q Coulomb の電荷は qE Newton の力を受けるから、 qE 以外の力がないとすると、その運動は速度 v があまり大きくないとして、

$$m \frac{\partial V}{\partial t} = qE \quad (1)$$

に従う。直流は電界や電流といった巨視量が時間的に変化しないから、限りなく速度がふえる事を意味する(1)式は直流の電荷の運動を記述していない。そのためには qE とは逆向きの力があって、時間平均として(1)式の左辺が零となる事が必要で

* ファラデーは電池の内部に向って電子を放出する極をカソード、内部から電子を受取る極をアノードと定義した。今の場合、電子は電池の内部で上から下に流れると見る事が出来るからファラデーの定義に従うと、通常陽極あるいはプラス（高位極）がカソード、陰極あるいはマイナス（低電位極）がアノードとなる。この違いは内部を見るか外部から見るかによる。

ある。電荷の運動でこの様な力として考えられるのは電荷とそれ以外の粒子との衝突の力である。つまり、電気抵抗がある事が直流現象を支えている。衝突の過程1つ1つは時間的に激しい非定常な現象であるが巨視的な物理量としては一定値になる。このあたりに直流のパラドックスがありそうであるが、著者にもよく判らない。

今、電荷が毎秒平均として ν 回の衝突を受けその質量と速度に比例した反発力を受けているものとすると、(1)式は

$$m \frac{\partial V}{\partial t} = gE - m\nu V = 0 \quad (2)$$

また、単位時間に単位面積を横切る電気量が電流密度 J Amp/m²であり、それは

$$J = g\nu V \quad (3)$$

と書ける。但し、 ν は導体中の電荷の密度(個/m³)である。(2)と(3)から V を消去すると、

$$J = \frac{g^2 n}{m\nu} E, \text{あるいは } E = \frac{m\nu}{g^2 n} J \quad (4)$$

となる。これは直巡回路におけるオームの式に他ならない。係数 $g^2 n/m\nu$ あるいは $m\nu/g^2 n$ は電気伝導率あるいは比抵抗と呼ばれている。

さて、直径1mmの銅線に1アンペアの電流が流れているとして電荷(電子)の平均速度を求めてみよう。(3)式で $n \approx 10^{29}$ 個/m³、 $g = 1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb、 $J = 1 / (\frac{\pi}{4} \times 10^{-3})^2$ アンペア/m²とおくと、 $V \approx 0.1$ mm/secとなる。即ち1アンペア程度の電流を運んでいる金属中の電子はわずか毎秒0.1mm程しか流れていない。

これからも明らかなように、電流を運ぶ電荷の運動と電気エネルギーの流れは全く異なった速度を持っている。しかし、電流が全くない開放状態や電圧がない短絡状態ではエネルギーは全く運ばれない。それでは電流や電界はどの様な役割を果しているのであろうか?

3 電気エネルギーの流れ

電気現象は電界と磁界の相互関係として、いわゆるマクスウェル方程式の形にまとめられている。この方程式によれば、磁界の時間変化が電界を生み、また電界の変化は磁界を生み出す事になり、さらに両者の積が電気エネルギーの一方の流れと

なる事が示される。このような時間的に変化する電界 E 、磁界 H およびその時の単位時間、単位面積を横切るエネルギーの流れ $E \times H$ は図2のような互いに直交する関係にある。

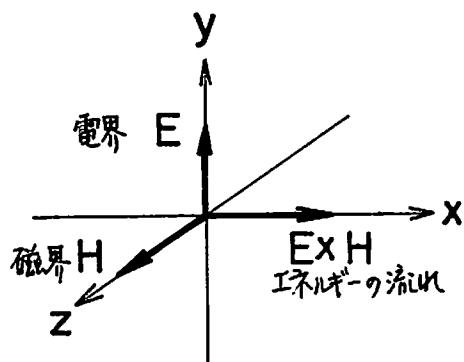


図2 電界、磁界、エネルギー流の関係

エネルギー流 $E \times H$ の単位はwatt/m²である。この時、電界・磁界の振動数 f と波長 λ の間は

$$c = f\lambda = 3 \times 10^8 \text{ m/sec} \quad (5)$$

の関係があって、エネルギーは光の速さで流れている事が、交流現象については示す事ができる。しかし、直流では $f = 0$ 、 $\lambda = \infty$ であるからエネルギー流速は定まらない。これは(5)式を図示した図3において直流がちょうど原点に対応しているからである。しかし、(5)の関係は f がどの様に小

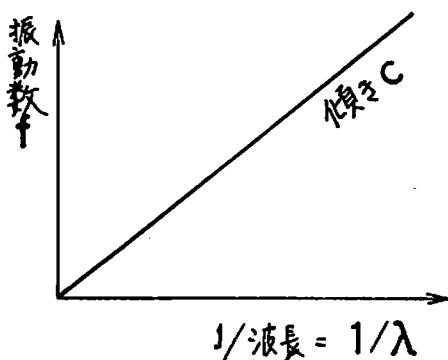


図3 波長、振動数、エネルギー速度の関係

さくなっても、また λ がどの様な大きい値をとっても成り立つから、その極限として $f = 0$ 、 $\lambda =$

直流回路におけるエネルギーの流れ

でもやはりエネルギーは c で運ばれていると考える方が自然であって、直流の場合だけ "Ostender" 式の考え方を用いる必然性はない様に思う。

4 線路の役割

上で述べたように電気エネルギーの流れがある為には電界 E と磁界 H が共に零でなく、しかも互いに交鎖している事が必要で、互いに平行である場合にはエネルギーの流れはなくなる。流れの方向は、電界の矢印から磁界の矢印に向って右ねじを廻した時ねじの進む方向に一致している。

更び図 1 を考える。電池と負荷は抵抗が非常に低い線路でつながれているものとする。電池はその内部で化学反応による起電力(単一 1.5 volt)で電流を図のアノードからカソードに向って流す。同じ大きさの電流が負荷に流れる時、そこで電圧降下量に対応する電界が負荷の中と電池の中に同方向

(上から下へ) に現われる。このように電界 E は負荷に応じて決まる量であるから、開放状態の時は、起電界と大きさが等しく向きが逆であり、短絡状態では起電界と無関係に零になる。従って、回路に電流を流している状態では決して電池の正しい起電力を求める事は出来ない。我々は起電力そのものを直接測る事は出来ない事に注意すべきである。

話しが横道にそれたが、途中の線路は抵抗がないものとしているから、カソードと負荷抵抗の上端、アノードと抵抗の下端は等しい電位にあり、上の線路と下の線路の間には上から下に向う電界 E が存在する。また、線路の中(導体の中) および上下線路の外側にはほとんど電界は存在しない。この様子を図 4 に示す。

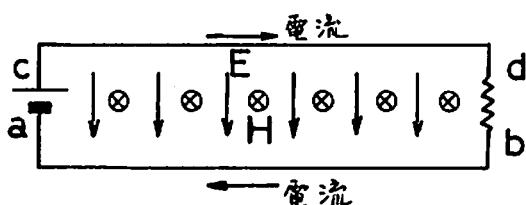


図4 線路間の電界と磁界

エネルギーの流れを作る為にはこの他に磁界 H が必要な事は前述のとおりである。一本の電流が

ある時、そのまわりの空間には電流の進む方向を右ねじの進む方向とした時、ねじの回転方向の磁界 H が発生する。この様子を図 5 に示す。我々のモデルでは上下の線路を流れる電流が、線路で囲



図5 電流をとりまく磁界

まれた空間に、電界と直交して紙面につきささる方向の磁界が出来ている事になる。線路の外側にはこれと逆向きの、紙面から出てくる方向の磁界が出来ているが、この場所にはほとんど電界は存在していない。かくして、 E 及び H が共に零でなく、エネルギー輸送の条件を満す空間は線路 c d b a に囲まれた部分であり、電気エネルギーはこの部分を光の速度 c で流れているという結論に至る。即ち、電流はエネルギー及びその流れに必要な磁界を発生する役目を負っており、線路が切れてしまい、電流が閉じなければ磁界もなく、エネルギーの輸送もないという直流回路の基本的性質も説明される。しかし、交流においては直接回路が線でつながっていないても、磁界と電界がきれ目なく存在していればエネルギーは輸送できる。トランジスタがその例である。

5 エネルギーの発生源と吸収源

エネルギー流れ $E \times H$ の考えを発生源(電池)と吸収源(抵抗)に当てはめてみる。

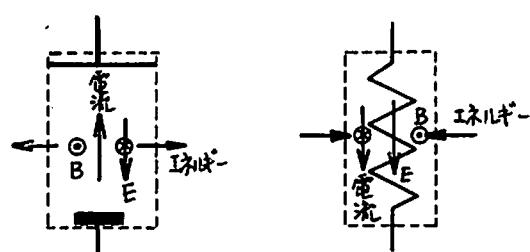


図6 電源と負荷におけるエネルギーの流れ

先ず電池では起電力で駆動される電流がアノ-

ドからカソードへ（下から上へ）向い、磁界は電流を取り巻いて右まわりに存在している。また負荷から決まる電界 E は上から下に向うから、 $E \times H$ のエネルギーは E の矢印を磁界の矢印に向けて回転する時、右ねじが進む方向、即ち電池から周囲に出て行く方向を向いている。一方負荷側では、電流と磁界の向きが電池と逆向きになり、電界は同方向であるから、エネルギーは抵抗の周囲から内部に入り込む方向に流れしており、エネルギーの吸収体としての性質をよく説明している。冒頭をかえれば、電気エネルギーの発生源では、電流と電界の向きは逆、即ち電流は電位の低い極から高い極に流れ、吸収源では電位の高い方から低い方へ流れる。これは電源の内部に電界とは別の力がある、電荷を電界に打ち勝って駆動するからである。

6 むすび

電気エネルギーは電流と共に銅線の中を流れているのではなく、電流が流れていない空間を直流の場合といえども光の速度で輸送されているという私見を、簡単な電池と豆電球の回路を例について述べた。この考え方をもう少し一般化してまとめてみると、

「電流の良導体（金属）は電気エネルギーの不良導体であり、電流の不良導体（絶縁物）は電気エネルギーの良導体である」また、「回路の線路はあたかも水路の土手のように電気エネルギーを望む方向にガイドする役目を果している」と言えるのではないか。

マイコンによる角加速度の測定

峰友典子・三好康雅

1はじめに

物理学において、抽象度の高い物理的概念を、如何にして具体的に学生に把握させるかは永年間われ続けている点である。

その一策として、力学の重要な分野である回転系の運動を取りあげ、慣性モーメントや角速度、角速度を体験させるべく本テーマを開発したのでここに報告する。

マークを付けた円板を回転させたときのマークの通過時間をマイコンに取り込み、円板の角加速度を求める。取り扱うデータは微少な時間変化なので、データ取り込み手段としてのマイコンの利用は、測定精度をあげるために不可欠のものである。

さらに、今後の改良点を把握するため、測定誤差に及ぼす要素を合わせて調べた。

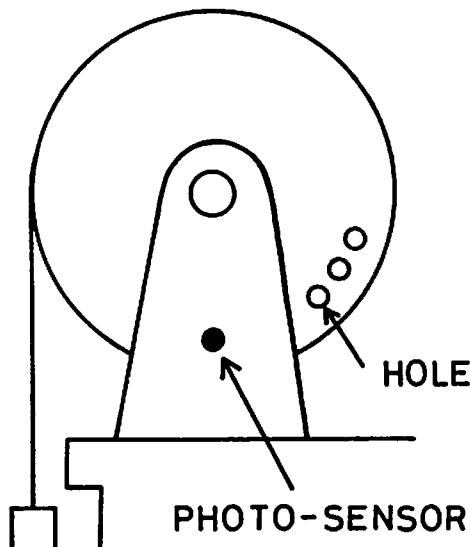


図1 原理

2原 理

図1のように周囲に小穴を開けた円板に糸を巻き付けて、その先におもりを取り付ける。おもり

を落下させたとき、円板の角加速度 α は一定で、回転角 θ と時間 t の間に

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (1)$$

の関係が成り立つ。 ω_0 は $t = 0$ のときの角速度である。

円板の小穴に光を当てて、おもりを落下させたときの小穴の通過を光センサー（フォトトランジスタ使用）で検出し、小穴間の経過時間をマイコンに取り込む。

円板の小穴 n 番目、 $n+1$ 番目の角度をそれぞれ θ_n 、 θ_{n+1} 、その時間を t_n 、 t_{n+1} すると、(1)式より

$$\theta_n = \omega_0 t_n + \frac{1}{2} \alpha t_n^2 \quad (2)$$

$$\theta_{n+1} = \omega_0 t_{n+1} + \frac{1}{2} \alpha t_{n+1}^2 \quad (3)$$

を得る。(3)式から(2)式を引くと

$$\theta_{n+1} - \theta_n = \omega_0 (t_{n+1} - t_n) + \frac{1}{2} \alpha (t_{n+1}^2 - t_n^2) \\ = (\omega_0 + \frac{1}{2} \alpha (t_{n+1} + t_n)) (t_{n+1}^2 - t_n^2) \quad (4)$$

となる。ここで

$$\theta_{n+1} - \theta_n = \Delta\theta \quad (5)$$

$$t_{n+1} - t_n = \Delta t_n \quad (6)$$

$$\frac{1}{2} (t_{n+1} + t_n) = \bar{t}_n \quad (7)$$

(t_n は小穴 n 番目と $n+1$ 番目の中间点の経過時間を持つ意味である。)

とおくと、(4)式は

$$\Delta\theta = (\omega_0 + \alpha \bar{t}_n) \Delta t_n \quad (8)$$

となり、

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t_n} = \omega_0 + \alpha \bar{t}_n \quad (9)$$

を得る。 $\frac{\Delta\theta}{\Delta t_n}$ は時間 \bar{t}_n における角速度を意味

するのでこれを ω_n とおくと、(9)式は

$$\omega_n = \omega_0 + \alpha \bar{t}_n \quad (10)$$

となる。

(10)式において、 ω_n と \bar{t}_n を求めてグラフを書くと、その傾きが角加速度 α である。

本実験では、小穴間の角度 $\Delta\theta$ を15度（小穴数

24個)とした。また、使用した円板の材質はアルミニと真ちゅうの2種類である。

3 マイコンへのデータの取り込み過程

図2にブロックダイヤグラムとそのタイムチャートを示す。

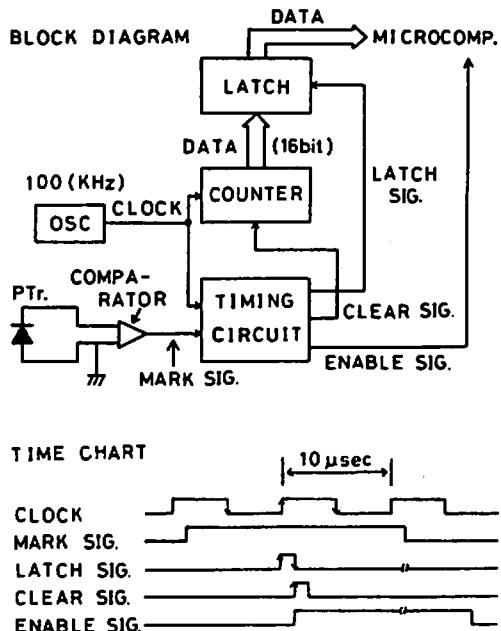


図2 データの取り込み過程

- (1) 水晶発振器 OSC でクロックを発生させる。
(マイコン内蔵の OSC 使用。)
 - (2) クロックの立下りで 1 カウント UP する。
そして、フォトトランジスタ PTr. が小穴の光を検出するまでクロックのカウントを数える。
 - (3) PTr. が小穴の光を検出するとマーク信号が 1 になる。
 - (4) マーク信号が 1 になった直後のクロックの立上がりでラッチ信号が出て、カウンタの内容をラッチへ送る。
 - (5) ラッチ信号の立下りでクリア信号が発生し、カウンタをクリアする。
 - (6) クリア信号と一緒に Enable 信号が出てマイコンに知らせ、マイコンがデータを取り込む。
- 以上の動作を繰り返して、マイコンが取り込ん

だクロックのカウント数を時間に換算して使用する。本測定では 1 カウントを $10 [\mu\text{sec}]$ に設定した。

4 測定方法

光の当て方を図3の様にした。

- (1) レンズ 0：円板の小穴に当たった光を直接フォトトランジスタに取り込む方法。
 - (2) レンズ 2：光源と円板、円板とフォトトランジスタの間にそれぞれレンズを置き、円板の位置とフォトトランジスタの位置で焦点を結ばせる方法。
 - (3) レンズ 1：レンズを通過した光が小穴全体に当たる様に円板を配置して、フォトトランジスタの位置で焦点を結ばせる方法。
- 以上の3種類について、測定結果に及ぼす誤差の分析を行った。

円板のデータを以下に示す。また、糸に付けたおもりの質量を $200 [g]$ とした。

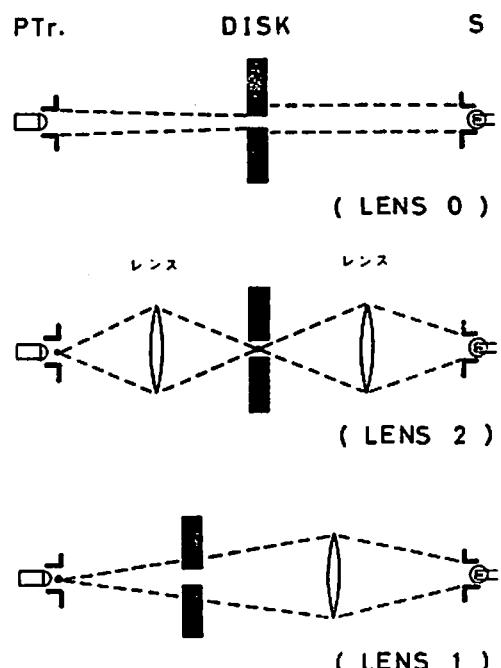


図3 光の当て方

マイコンによる角加速度の測定

	アルミ	真ちゅう
質量 [g]	534	1,481
半径 [cm]	8.15	8.50
慣性モーメント [kg m^2]	182×10^{-3}	5.42×10^{-3}

小穴番号の差24の整数倍のところで相関係数が1に近くなっている、1回転ごとの周期性をもつことが裏付けられた。

CORR. COEFF.

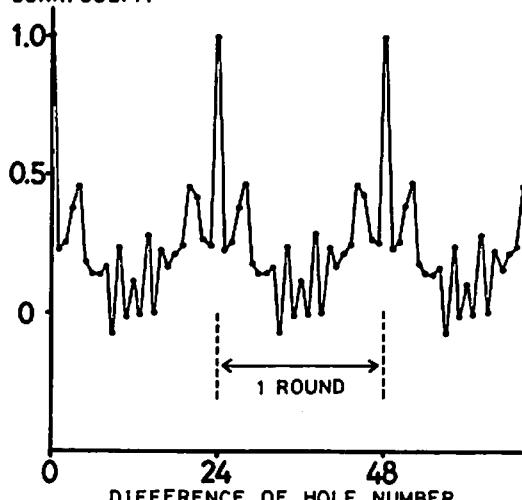


図5 自己相関

周期性の原因は小穴間の角度のずれであると思われる。この原因によるバラツキを系統誤差と呼ぶことにする。また、周期性のない誤差も当然あると思われる所以、それを偶然誤差と呼ぶことにし、この2者の分離を試みた。

第1に、円板1回転ごとにデータのバラツキの標準偏差を求めて、その平均を算出した。

第2に、各小穴別に、円板の回転時におけるカウント数の推移を見る。例えば図4において、円板1回転目の小穴1番目、2回転目の小穴1番目、3回転目の小穴1番目という様に、同一の小穴に関して円板の回転によるカウント数の推移を見る訳である。その処理をまとめて図6に示す。

小穴13番目を例にみると、カウント数はバラツキを示しながらもある傾きをもった直線に乗ることがわかる。そこで、最小二乗法により直線を求めて、それからのずれの標準偏差を計算した。小穴は24個あるので各小穴番号について標準偏差を求め、その平均を算出した。

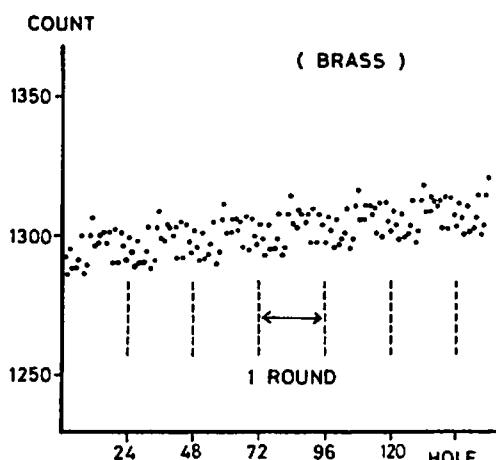


図4 円板の回転によるカウント数の推移

横軸には通過する小穴を便宜上順に番号付けて、縦軸には各小穴の経過時間に相当するカウント数をそれぞれ目盛る。カウント数は、あるバラツキを有しながらも次第に増えて行き、円板の回転の減速を示している。

ここで、円板1回転ごとのカウント数の推移に着目すると、各回転ともに同様なバラツキ傾向が伺えるので、周期性の確認のためにデータの自己相関を求めた。

基準データ列(標本数100個)からデータを1つずつ移動させて新たなデータ列をつくり、それぞれ基準データ列との間の相関係数を求めた。その結果を図5に示す。

横軸には基準データ列からのデータの移動数を、小穴番号の差として目盛る。

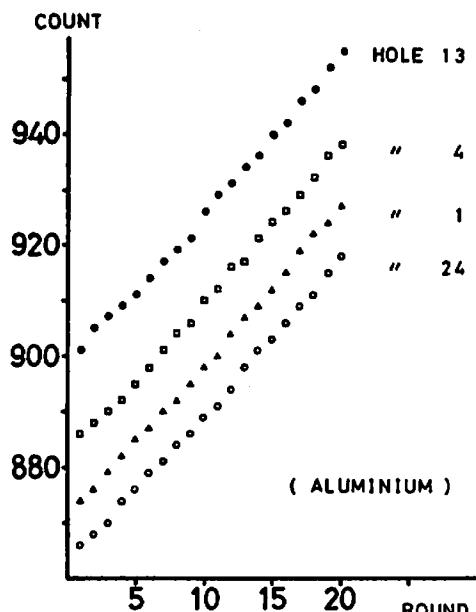


図6 各小穴のカウント数の推移

6 角加速度の測定結果

図7に、10式を使って最小二乗法により求めた角加速度 α のヒストグラムを示す。

アルミ円板の場合： α は50～53 [rad/s²]の分布を示している。一方、円板の慣性モーメントから計算された角加速度は50.69 [rad/s²]であった。(図7▲印)

真ちゅう円板の場合： α は24.3～24.7 [rad/s²]の分布を示している。また、慣性モーメントからの角加速度の計算値は24.28 [rad/s²]であった。(図7▲印)

計算値と測定値とのずれは、両円板ともに1%程度であった。また、円板の減速時の測定から摩

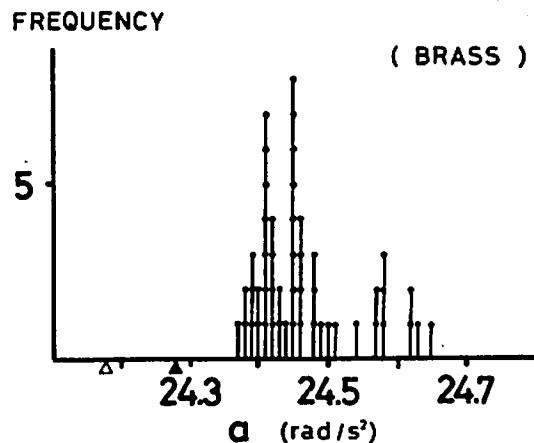


図7 最小二乗法による角加速度のヒストグラム

擦による角加速度は、アルミ円板で最大0.2 [rad/s²]程度、真ちゅう円板で0.1 [rad/s²]程度であった。

図8に、学生のレポートによる角加速度 α のヒストグラムを示す。

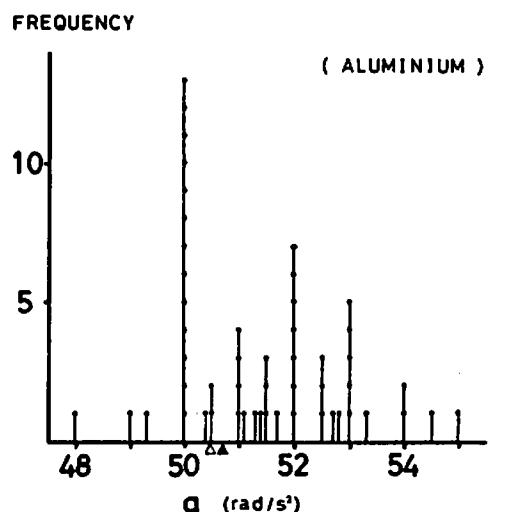
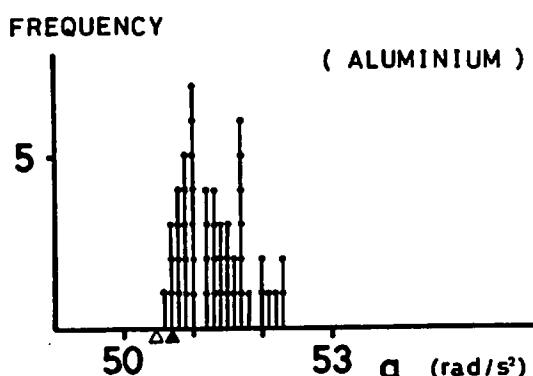


図8 学生のレポートによる角加速度のヒストグラム

アルミ円板の例で、 α の分布をみると50、51、52 [rad/s²]という様に区切りのよい数値のところで特に多くなっている。これは、グラフから傾きを求める際、直線の引き方が目盛りの読み易いところに合わせがちなので、その影響が表われ



ているものと思われる。また、分布の範囲も48~55 [rad/s²]と広範囲になっている。

この様に学生実験においては、グラフの直線の引き方、傾きの求め方などデータ処理の際の誤差が大きいので、円板の慣性モーメントから計算した角加速度(図8▲印)や摩擦による影響を考慮した角加速度(図7、図8△印)は、学生レポートによる角加速度の分布範囲に含まれる。

7 データのバラツキの分析結果

図9の右側に系統誤差を、左側に偶然誤差を、それぞれ円板の材質別、測定方法別にまとめて表示した。

両者の標準偏差を比較する。

真ちゅう円板の場合：基準カウント数1,300に対して、系統誤差によるバラツキが4~7カウント程度、偶然誤差によるバラツキが0.4カウント程度であることを示している。

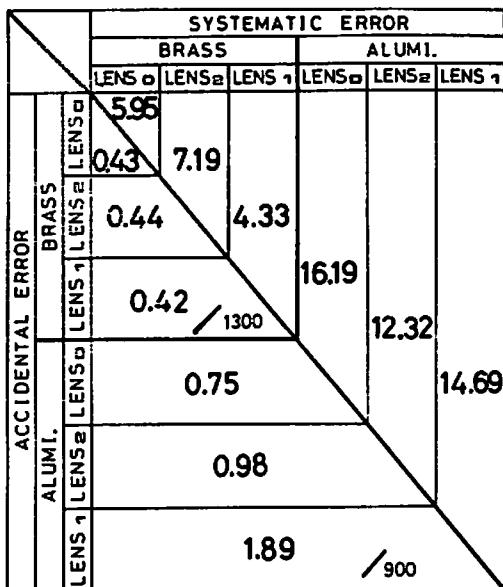


図9 データのバラツキの分析

ここで、0.4カウントというのは、カウント数の分解能の限界である1カウント、それ以下のバラツキであることを意味している。これはデータの取り込み過程において、クロックの分解能をあげることにより軽減することが可能である。しかし、データのバラツキのほとんどが小穴間隔のす

れに起因しているので、この0.4カウントという数値が測定精度に与える影響は無視できる範囲のものであるといえる。

アルミ円板の場合：基準カウント数900に対して、系統誤差によるバラツキが12~16カウント程度、偶然誤差によるバラツキが1~2カウント程度であることを示している。この1~2カウントのバラツキは、小穴間隔のずれにより生ずる測定誤差に吸収される範囲のものであると判断できる。

以上の分析結果から、データのバラツキの最大原因は小穴間隔の相対的なずれであるとの結論を得た。

小穴間の平均の角度のずれは、

$$\frac{\text{標準偏差}}{\text{カウント数}} \times \text{小穴間の角度 (15度)}$$

として計算すると、真ちゅう円板は0.1度程度、アルミ円板は0.2度程度であった。

8 光の当て方に関する考察

(1) レンズ0：この光の当て方は、小穴を通過した光が拡散して暗くなり、フォトランジスタの感度が光源以外の周囲の光にも影響され易くなって測定精度が落ちる要因になる。

これを改善するために行ったのが以下の方法である。

(2) レンズ2：図9においてアルミ円板では、特に系統誤差が<レンズ0>に比べて12.32と減少していく、レンズを用いて光の拡散を防いだ効果が表れている。しかし、この方法は円板の小穴位置で光源をしづらため、小穴の局部的な欠陥(例えばゴミの付着など)にも敏感に反応して、それが新たなデータのバラツキ原因になることがあった。その例が図9に示した<真ちゅう・レンズ2>の場合で、実際にカウント数の推移をみると図10のようになる。

図は、円板1回転のカウント数の推移を10回転ごとに表したものである。小穴13番目の1箇所だけが異常に大きなバラツキを示していて、標準偏差が大きくなる原因になっていることがわかる。

(3) レンズ1：レンズを通過した光が小穴全体に当たる様な円板の配置なので、<レンズ2>の

難点が軽減できて比較的安定した測定値が得られた。

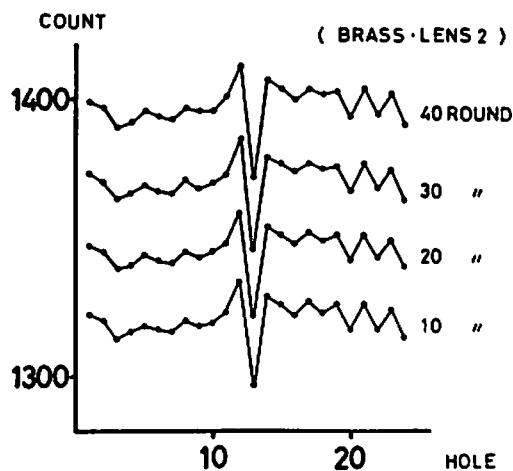


図10 1回転のカウント数の推移

以上のことから、今回行った3種類の光の当て方では<レンズ1>の方法がより適切であるとの結論に至った。

9まとめ

以上の分析結果を踏まえて、学生実験における角加速度の測定結果を考察すると、装置側に起因する測定誤差は、学生がデータ処理をする際に生ずる誤差に吸収される範囲のものであった。従って、円板のでき具合が今回使用した程度のものであれば、学生実験用としては充分に使用可能であることがわかった。

また、アルミ材質の円板は適度な質量で取り扱いが容易である反面、摩耗して変形しやすく耐久性に欠ける難点が生じたため、実験途中から真ちゅう円板に交換した次第である。

おわりに、今後測定方法など種々の改良点があると思われる所以、順次手を加えてより適切な実験テーマにして行く所存である。

モアレ縞によるレンズの屈折力の測定

中野善明

1はじめに

格子ピッチの等しい二枚の格子を格子線に対して互いにわずかに傾けて重ねると、縞模様が現われる。この縞模様のことをモアレ縞 (Moiré fringe) ^[4] と呼んでいる。この縞は直線的な格子のみでなく、一般的に周期構造をもつものであれば同様に得ることができる。

モアレ縞は重ねた格子の周期構造を拡大した模様に相当し、一方の格子を他の格子に対して格子線に垂直方向に丁度 1 ピッチだけ相対移動させると、モアレ縞は格子線の方向に 1 縞だけ移動する性質をもつ。いま、図-1 に示すように格子ピッチ p をもつ二枚の格子板を傾角 θ で重ねると、モアレ縞の縞間隔 W は、簡単な幾何学的関係から、

$$W = \frac{p}{2 \sin(\theta/2)} \quad (1)$$

が得られる。また(1)式で θ が十分小さいときは近似的に

$$W \approx \frac{p}{\theta} \quad (2)$$

となり、この式はいわば格子ピッチ p を $1/\theta$ 倍したことに対応し、 θ が小さいときは、格子ピッチ p を拡大する一種の光学的拡大器と見做すことができる。これらの性質を利用してモアレ縞は、

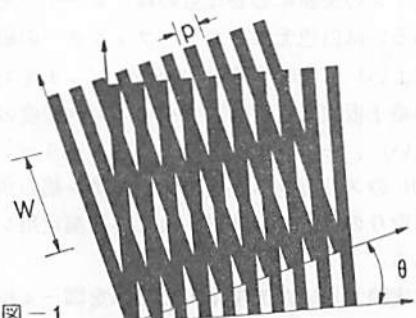


図-1

長さ、変位、角度、屈折率勾配の各種の測定に応用され、またこのモアレ縞は等高線化の性質も持つのでトポグラフィ^[5]などにも広く応用されている。

一般にモアレ装置は簡単で、理論的解析も比較的容易であることから、物理教育の教材としても既に取り入れられている。たとえば、物理学実験の中で、モアレ縞を利用した光の干渉実験を、また波動現象の説明では、波動は刻々と動いているが、紙面では静的にしか説明できないので理解しにくい教材であり、この波動現象を動くモアレ縞を利用して動的に表現する方法などが報告されている。^[7-16] このように波動の回折・干渉などの基礎的かつ重要な物理現象を簡単な装置を用いて理解させることは大変意味が大きいと思う。

本稿ではモアレを利用したレンズの性能の一つを測定する方法を述べるが、レンズは、カメラ、顕微鏡、望遠鏡およびメガネなどに身近なところで多く利用される重要な光学部品の一つであり、レンズの性能を調べることは大変意味がある。レンズの機能を代表するものは、焦点距離またはそれの逆数の屈折力である。この焦点距離の測定については、物理学実験のテーマとしてもよく取り上げられている (Abbe の方法、Bessel の方法が用いられている)。

以下に物理学実験の教材として導入できるタルボ効果とモアレ技術を利用したレンズの屈折力の測定法の原理と実験例を中心にして述べる。

2原 理

波長 λ の単色平行光で格子ピッチ p をもつ正弦波格子を照明すると、その格子の後方 $k p^2 / \lambda$ (k は整数) の位置に格子直後と同じ周期構造をもつ光の強度分布が得られる。この格子状の光の強度分布をタルボ像またはフーリエ像とよび、この現象はタルボ効果としてよく知られている (k が偶数のときタルボ像、奇数のときネガティブルタルボ像と呼ぶ)。単色平行光と二枚の格子によって構成された簡単な光学系で、タルボ効果とモアレ技術を利用したシアリング干渉計をタルボ干渉計とよぶが、以下にこの干渉計を利用したレンズの屈折力の測定法について述べる。

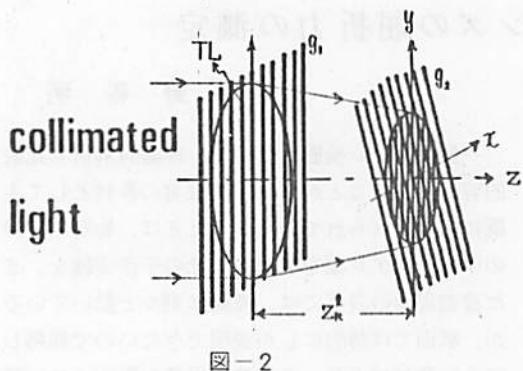


図-2

測定すべきレンズTLおよび二枚の格子 g_1, g_2 を図-2のように配置する。レンズTLは第1の格子 g_1 のすぐ前に接して置き、第1と第2の格子の間隔 Z_k^e はタルボの条件を満足しているとする。第2の格子 g_2 は第1の格子 g_1 の格子線に対して相対的にわずか θ だけ傾けられている。いま入射光がレンズTLと格子 g_1 を通過すると、第2の格子 g_2 面上にレンズTLの焦点距離 f と二格子間の間隔 Z_k^e に依存した倍率 m_k によって縮小されたピッチ mp の第1の格子 g_1 のタルボ像 g_1' が生じ、この像 g_1' と格子 g_2 との重ね合せによってコントラストの良好なモアレ縞が得られる。

ここに、

$$Z_k^e = \frac{2kp^2}{\lambda + \frac{2kp^2}{f}} \quad (3)$$

$$m_k = \frac{f - Z_k^e}{f} \quad (4)$$

で表わされ、上述のことを幾何学的图形で示すと図-3のようになる。

図-3

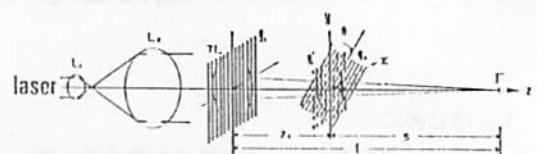
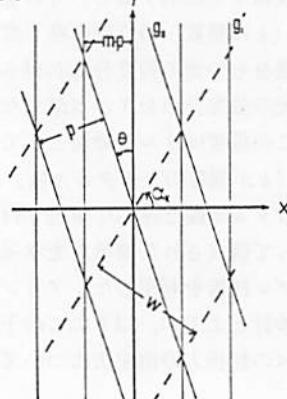


図-4

図-3から、互の格子線の傾角が θ で、ピッチが mp と p の異なる二つの格子の重ね合せて得られる傾き角度 α_k のモアレ縞の間隔 W は、

$$\begin{aligned} W &= \frac{m_k p}{\sin \theta} \cos(\alpha_k - \theta) \\ &= \frac{p}{\sin \theta} \cos \alpha_k \end{aligned} \quad (5)$$

となる。したがって、式(3)、(4)および(5)から、レンズTLの屈折力Dは、

$$D = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{2kp^2} (\cos \theta + \sin \theta \tan \alpha_k) \quad (6)$$

と表わされる。故に、入射光の波長 λ 、二枚の格子ピッチ p およびそれの互の格子線の傾角 θ を予め固定しておけば、第2の格子 g_2 を光軸方向に前後に微動してモアレ縞のコントラストが最大になったときの縞の傾き角度 α_k を測定すれば、式(6)より、被検レンズTLの屈折力Dを求めることができる。

3 実験

モアレの実験に必要なものは、レーザー光源（あるいは白色光源とカラーフィルターの組合せでもよい）、光学実験台、適当なピッチをもつ二枚の格子板（ピッチは、3~4本/mm程度のものが良い）、モアレ縞観測のためのスクリーン（#1000のスリガラスが適当）、モアレ縞の角度の読み取りの目的で分度器、および被測定用レンズである。

本実験で用いた光学系の概略図を図-4に示す。光源は波長 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ 、出力約1mwの小型のHe-Neレーザーを用いた。二枚の格子はロンキー型でピッチが $p = 0.22 \text{ mm}$ のものを用いた。この場合、二格子間の間隔 Z_k^e は被検レンズのないときでおよそ $Z_{k=1} = 152 \text{ mm}$ ^{*}である。格子の互いの格子線

の傾角は $\theta = 4^\circ$ に固定した。

レーザー光源からの光は顕微鏡対物レンズとコリメータレンズによって約50倍に拡大し、平行光束にして被検レンズおよび二枚の格子に照射した。実際のモアレ縞の観測は、第2の格子 g_2 の直後に接して置いたスクーリング $O S$ でおこない、格子 g_2 を光軸方向に前後に微動してモアレ縞が最大コントラストになるように調整した。そのときのモアレ縞の傾角 α_k を測定して屈折力 D を求めた。図-5に被検レンズのない場合のモアレ縞パターンを示す。モアレ縞線は等間隔で平行直線を示すが、パターンのふちのところでわずかに曲線傾向を持つのは、コリメータレンズの収差の影響である。図-6は被検レンズのある場合のモアレ縞パターンである。測定に用いたレンズは、身近にあった眼鏡レンズを使用した。(a)は $D = -0.25$ ジオプターの凸レンズであり、(b)は屈折力分布を持ったレンズである。モアレ縞の直線部分は屈折力がなく、曲線部分が屈折力をもつ。特に○印で囲んだ部分は、 $D = +2.02$ ジオプターの屈折力を示している。本方法は、一様な屈折力（単焦点）レンズばかりではなく、屈折力分布の有するレンズについても測定が可能である。もちろん実験で示したように凹凸レンズどちらでも測定できる。

本実験の精度は、格子ピッチ p 、波長 λ および二格子間の傾角 θ を固定してあり、これらについて精密に測定できるので、ほとんどモアレ縞の傾角 α にだけ依存するものと考えられる。本実験の測定相対誤差は、約 2 % であった。この値は他の方法と比較して十分なものである。

※) モアレ縞は第1の格子像が白黒反転していくを得られるので、ここでは、ネガティブルタルボ像を使用し、二格子の間隔は $Zk = p^2/\lambda = 76\text{mm}$ とした。この場合レンズの屈折力は $D = \frac{1}{f} = \frac{\lambda}{p^2} (\cos \theta + \sin \theta \tan \alpha_1 - 1)$ で計算する。

4 おわりに

タルボ効果とモアレ技術を利用したタルボ干渉計によるレンズの屈折力の測定の原理と実験例について述べた。原理では、単色平行光が被検レンズを通して第1の格子を照射し、その結果、被検

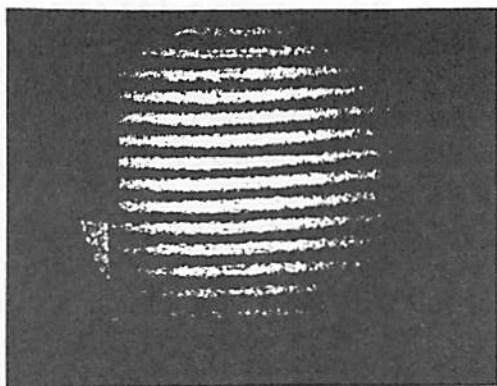


図-5

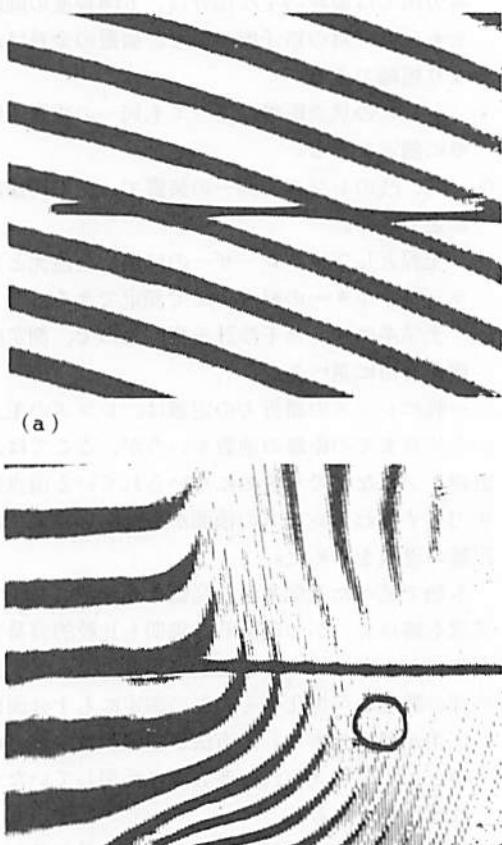


図-6

レンズの焦点距離に依存した量の倍率で第1の格子の縮小したタルボ像が生じ、そしてそのタルボ像と第2の格子とを重ねて得られたモアレ縞の傾

角から、被検レンズの屈折力が求められることを示した。実験では、凹レンズおよび二重焦点の屈折力分布の有するレンズを用いて測定例を示した。今回の測定の相対誤差は約2%であったが、傾角 α の読み取り精度を高めることで、より一層の測定精度を期待できる。

本方法の特徴にはつきのようなものがあげられる。

- ① 従来のレンズの焦点距離(屈折力)測定には、レンズから焦点までの距離を測る方法、物体とその像の間の結像倍率を測る方法などがあるがいづれも複雑な光学装置を必要とし、また装置の全長は焦点距離よりも長くなる。それに対し、本方法では装置の主な部分は、6cm程度の間隔をもった一対の格子板であり、装置の全長はかなり短縮できる。
- ② レンズの焦点距離があっても同一の装置で簡単に測定できる。
- ③ 凹、凸のレンズを同一の装置で、全く同様に測定できる。
- ④ 光源としては、レーザーのはか、白色光とカラーフィルターの組み合せで測定できる。
- ⑤ 光学系にタルボ干渉計を用いたので、測定感度を自由に選べる。

一般にレンズの屈折力の定義は、レンズの主点から焦点までの距離の逆数をいうが、ここでは、眼鏡レンズなどで一般的に用いられている頂点屈折力²¹⁾すなわちレンズの後面から像側焦点までの距離の逆数を求めた。

本稿で述べた光学系は、高価な光学部品も少く装置も簡単で、かつ理論的な説明も比較的容易であることから、レンズの測定ばかりでなくガラス内部の脈理の可視化等その他の測定にも十分面白い応用が期待できる。本方法が物理教育の教材の一つとして取り入れられ、多方面に活用していただければ幸いである。

最後に、本稿の一部は昨年の夏、8月20日から24日までの5日間、札幌市教育文化会館で開催された第13回国際光学委員会総会(The 13th Congress of the International Commission for Optics, ICO-13)において、"Measurement of the focal length

of a lens using a moire' technique."²²⁾⁻²³⁾のテーマで発表したものである。

謝 辞

本研究の遂行に当り、終始懇切丁寧に御助言御指導下さいました北海道大学工学部村田和美教授に対して深甚なる感謝の意を表します。

文 献

- 1) J. Guild: "The Interference Systems of Crossed Diffraction Gratings", Oxford University Press. (1956)
- 2) 清水嘉重郎: 機械の研究、16、M4 (1964) 501-506
- 3) 清水嘉重郎: 機械の研究、16、M5 (1964) 629-636
- 4) Shunsuke Yokozeki: Optics and Laser in Engineering, 3 (1982) 15-27
- 5) 高崎 宏: 画像技術、3、M8 (1972) 34-46
- 6) 高橋成和: 物理教育、20、M1 (1972) 13-19
- 7) 松林 勉: 物理教育、25、M4 (1977) 163-169
- 8) 松林 勉: 物理教育、27、M1 (1979) 39-45
- 9) 松林 勉: 物理教育、28、M2 (1980) 45-51
- 10) 深谷晃次: 物理教育、28、M2 (1980) 52-55
- 11) 北原 隆: 物理教育、28、M4 (1980) 211-215
- 12) 松林 勉、北原 隆: 物理教育、30、M1 (1982) 25-29
- 13) 松林 勉、北原 隆: 物理教育、30、M2 (1982) 94-98
- 14) 松林 勉、北原 隆: 物理教育、31、M1 (1983) 1-6
- 15) 北原 隆、松林 勉: 物理教育、32、M2 (1984) 92-96

昭和59年度支部研究会報告

- 16) 北原 隆：応用物理教育研究会、9、No. 1
(1984) 30-33
- 17) F.Talbot : Phil. Mag., 9 (1936)
401
- 18) 横関俊介：光学、9、No. 5 (1980)
275-281
- 19) Yoshiaki Nakano and Kazumi
Murata : ICO-13, Conference
Digest (1984) 308-309
- 20) Yoshiaki Nakano and Kazumi
Murata : Appl. Opt., (in press,
1985)
- 21) 魚里 博、神谷貞義、西信元嗣：眼紀、35、
No. 5 (1984) 951-955
- 22) 中野善明：光学、11、No. 3 (1982)
286-290
- 23) Yoshiaki Nakano and Kazumi
Muryata:Appl. Opt., 23, No. 14
(1984) 2296-2299

ラインプリンタを用いる計算機ホログラム

* 長島 健次 朝倉 利光

1 はじめに

画像は空間的な広がりをもつ二次元及び三次元物体の写真やパターンであり表示装置により物体の形やパターンを直感的に認識できめるため、人が介在するシステムの情報伝達に欠かせないものである。一般に画像はそのままの状態で使用されることは少なく、これを光学的、数値的に処理することで必要な情報を抽出したり、あるいは特殊な目的に合うように分解、合成、変形処理される。近年、この画像情報処理の操作に、計算機が使用されることが多くなってきた。計算機による画像処理は数値的に行われるため、光学的処理に比べて演算時間の点で劣るが、精度や理論的にどのような処理も可能であるといった点で優れてい る。またレーザーが実用化されてから、光ホログラフィ技術の画像情報処理技術に与えた影響も大きく、このことは逆にホログラフィ関係分野への計算機使用という新しい局面をもたらした。

Lohmannら [1-6] が提案した計算機ホログラムは、ホログラム作成に至る全過程が計算機で処理できるので、計算機と作図装置のみを必要とし、このため現実に存在しない物体や形状のホログラムも作成できる。また光ホログラムと異なり、光学素子の収差や傷、感光材料の特製などの物理的要因の影響を考慮する必要もないため、画像処理、パターン認識、コード変換などに用いる空間周波数フィルタの作成も可能となり、多くの分野での応用の道が開けてきている。

一方、離散的な数値処理に起因する入力画像の標本化や、ホログラム表示において行なう振幅と位相の量子化に対する問題及び表示装置の選択に対する問題が発生している。特に表示装置に要求される複雑なパターンの高精度表示は、計算機ホログラムの普及を妨げている。そこで、本報告では特殊な装置や手段を用いなくとも極めて容易に作成できるラインプリンタを利用した計算機ホロ

ラム [7] を紹介してみよう。

2 波面パターンの記録

計算機を用いてホログラムを作成することは、数値計算により求められた物体の回折波の波面を適当な方法で記録することである。この中で、原理的に最も簡単なのは光ホログラム作成過程とまったく同様な操作を計算機で行なうことである [8]。まず物体のホログラム平面における回折波 $g(x, y)$ を求め、これに平面波の参照光 $r(x, y) = B \exp(ibx)$ を加えて、その絶対値の二乗をとると

$$h(x, y) = |g(x, y) + B \exp(ibx)|^2 \quad (1)$$

となる。回折波は複素数の形をしているので

$$g(x, y) = A(x, y) \exp[i\phi(x, y)] \quad (2)$$

とし、(1)式に(2)式を代入して

$$h(x, y) = A^2(x, y) + B^2 + 2BA(x, y) \cos[bx - \phi(x, y)] \quad (3)$$

のように変形される。(3)式がホログラムであり、 $h(x, y)$ に比例する振幅透過率をもつフィルムを作ることになる。得られたホログラムから光学的に像を再生するためには、ホログラム作成で用いた平面波 $B \exp(ibx)$ でフィルムを照射することによって行われる。ここで得られる再生像は、光学的に作成されたホログラムからの再生像と同じ性質をもつ。

次に、数値計算により求められたホログラム平面での波面分布を直接記録する方法がある。これは複素振幅を振幅強度に比例した濃度変化のみをもつ透過体と、位相変化に比例した厚さをもつ透過体の二つによって表わすものである。ここで前者の透過体を作ることは比較的に簡単であるが、後者の異なる厚さをもつ物体を作るのはかなり困難である。可能な方法の一つとして、位相の変化を強度変化に変え、これをフィルムに記録した後に漂白する方法がある。ここで得られたフィルム上のパターンは、レリーフ (relief) 状になっている。

* 北海道工業大学電気工学科

** 北海道大学応用電気研究所

ラインプリンタを用いる計算機ホログラム

再生は、以上の方で作られた2枚の透過体を重ね合わせてホログラムとし、一様な平面波で照射して行われる。もし物体が拡散光で照射されている場合は、参照光の振幅Bは再生過程にあまり影響を与えないもので、厚さによる位相変化を記録した透過体のみで元の像を再生できる。回折波の位相成分を符号化し直接フィルム上にレリーフ化することによって、入射光をすべて一つの再生像に集中させ、明るい像が得られるように工夫されたキノフォーム (Kinoform) [9] もあるが、これは光ホログラムを漂白して作られた位相ホログラムとは完全に異なる。

計算機を用いると複雑な数値計算も短時間で実行できるため、光ホログラフィとは異なる理論に基づくホログラム作成が可能となる。このようなホログラムは光学装置を用いて実際に作ることは不可能でも、光学的手段によって像の再生ができる興味ある特性をもっている。代表的なものに、フーリエ変換型ホログラムに属する Lohmann 法 [1-6] と Lee 法 [10] をあげることができる。次に、上記の二つの方法について簡単に考察してみる。

ホログラム平面における物体からの波面分布は

$$F(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(u, v) \exp(-i(2\pi/\lambda)f)(ux + vy) du dv \quad (4)$$

となる。ここで $f(u, v)$ は二次元物体の振幅分布、 (u, v) は物体平面での空間座標、 λ は光の波長、 f はフーリエ変換に使用されるレンズの焦点距離である。実際の計算では、 $F(x, y)$ を空間的にサンプルし、複素数で表わす。 $F(x, y)$ を $x=md$, $y=nd$ ($m, n=0, 1, 2, \dots$) における計算値とすると、多数のサンプルから合成されるホログラムは

$$F_S(x, y) = \sum_m \sum_n |F(md, nd)| \delta(x - md, y - nd) \quad (5)$$

で表わされる。Lohmann 法はそれぞれのサンプルの大きさ $|F(md, nd)|$ のみを表示し、位相角の大きさに比例してサンプルの位置を、たとえば x 方向も 4mm 異動される。したがって、ホログラムは

$$F_R(x, y) = \sum_m \sum_n |F(md, nd)| \delta(x - md - 4mm,$$

$$y - nd) \quad (6)$$

となる。ただし、 $|F(md, nd)|$ は透過濃度を変えるかわりにスリットの面積を変えて表示するようになっている。像の再生は光学的に作成されたフーリエ変換ホログラムと同様である。再生過程の理論考察については、他の文献 [3] に詳しいので、それを参照されたい。

計算機ホログラムの代表的な例に Lee [10] がある。Lee 法の特徴は、複素振幅分布 $F(md, nd)$ を四つの固定された正のスリットで表わすことにある。Leeによれば、回折波 $|F(x, y)| \exp[i\phi(x, y)]$ を

$$|F(x, y)| \exp[i\phi(x, y)] = F_1 - F_3 + iF_2 - iF_4 \quad (7)$$

のように展開する。ここで、

$$F_1 = \begin{cases} |F(x, y)| \cos \phi(x, y) & : \cos \phi(x, y) \geq 0 \\ 0 & : \cos \phi(x, y) < 0 \end{cases}$$

$$F_3 = F_1 - |F(x, y)| \cos \phi(x, y)$$

$$F_2 = \begin{cases} |F(x, y)| \sin \phi(x, y) & : \sin \phi(x, y) \geq 0 \\ 0 & : \sin \phi(x, y) < 0 \end{cases}$$

$$F_4 = F_2 - |F(x, y)| \sin \phi(x, y)$$

である。 F_1, F_2, F_3, F_4 はすべて正の実数となり、これを $F_1, F_2, F_3, F_4, F_1, F_2, F_3, F_4, \dots$ と並べることによってそれぞれの複素振幅をすべて表示できる。このようなホログラムからの光学的な像再生に関しては、文献 [10] を参照されたい。

(7)式は複素平面ベクトルを分解することにより説明できることから、Burckhardt [11] はどのようなベクトルも 3 つの基本的なベクトルに帰着できることを示した。すなわち、Burckhardt の関係によれば、1 つの複素振幅サンプルを 3 つの正の実数として表わすことができ、Lee 法よりもホログラム作成が簡単化できる。

上述の如く計算機ホログラムの作成方法はいくつかあり、それぞれ異なる特徴をもっている。しかし、いずれの方式も、複素振幅の強度あるいは位相変化、またはその両方に対する量子化が必要となる。さらに、多数の量子化単位の設定により再生像の画質は向上できるが、量子化に要する処理手順の複雑化と時間の増加が計算機の使用を制限し、かつホログラムパターンを描く出力装置の高精度化が要求される。出力装置の精度は逆に量

子化の程度をも決定するため、その選択は重要となる。しかし、一般的な計算機システムではホログラム表示の目的に使用できるような高精度の装置は設置されておらず、手軽に計算機プログラムを作成することは不可能である。そこで私達はどのような計算機にも接続されているラインプリンタを用い、最も簡単な二段階量子化による計算機プログラムを考察し実験した〔7〕。

複素振幅分布に対する二段階量子化という極限の場合には、振幅強度と位相の両方を同時に量子化できないので、どちらか一方を選び量子化することになる。ここでは位相を量子化するが、これは物体のフーリエ変換により得られる回折波 $F(x, y)$ を実数部の値 $\text{Re}[F(x, y)]$ によって、

$$F(x, y) = \begin{cases} 1 : \text{Re}[F(x, y)] \geq 0 \\ 0 : \text{Re}[F(x, y)] < 0 \end{cases} \quad (9)$$

のように分類する。すなわち、サンプル点における位相角 ϕ を $-\pi/2 \leq \phi \leq \pi/2$ と、それ以外の場合とに分けて表示する方式である。ラインプリンタによる表示では $F(x, y) = 1$ をどのような文字、記号あるいはそれらの重ね打ちで表わしてもよいが、横方向の文字間隔は異なっているので注意しなければならない。もし縦横の長さの比を考えないと、光学的再生像が変形した状態で現われる。印字パターンの縦横比を正しくするのに、同じ行及び列を何回かくり返して打たせると必然的に表示面積が増加し、良い方法とはいえない。そこで私達は正しい再生像を仮定し、それを基に入力画像データ配列を決定した。

3 位相符号化と離散的フーリエ変換

1と0からなる情報の離散的フーリエ変換によって得られる空間周波数スペクトルは、直流成分と低周波数成分が高周波成分よりはるかに大きくなる。1と0以外の数値からなる画像入力でも、このような傾向が一般的に見られ、完全二値表示のホログラムでは像の高域部分が強調される結果となる。そこでスペクトル平坦化の必要性が生じる。

スペクトルを平坦化する方法には、入力データの実数部に $\exp(i\phi)$ を掛けることによって実現される位相符号化が知られている。これには位相をランダムにするランダム位相符号化と、前もって

決めておく決定性位相符号化が考えられる。ここではランダム位相符号化と、Frank 系列〔2〕を用いる決定性位相符号化の実験を行った。Frank 系列の基本構造は、 $a = \exp(i2\pi/N)$ として

$$\left[\begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 \\ 1 & a & a^2 & \cdots & a^{N-1} \\ 1 & a^2 & a^4 & \cdots & a^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & a^{N-1} & a^{2(N-1)} & \cdots & a^{(N-1)^2} \end{array} \right] \quad (10)$$

で表わされる。Frank 系列を二次元データに適用するにあたり、第 m 行第 n 列の要素 a^{mn} ($m, n = 0, 1, 2, \dots, N-1$) を入力画素 $b(m, n)$ に割り当てる方法を用いている。

計算機による像 $f(u, v)$ の離散的二次元フーリエ変換は、次のように表わされる。

$$F(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) \exp \left[-\frac{2\pi i}{N} (ux + vy) \right] \quad (11)$$

(11)式から明らかのように、二次元フーリエ変換は一次元フーリエ変換操作を2回くり返して行えばよい。(11)式でフーリエ変換が表わされると、零空間周波数すなわち直流部分は変換平面のすみに生じることになる。光学系のシミュレーションにおいては、変換面の中心にこの直流成分を置かなければならないので、数値的な処理が必要となる。これは変換前の像に $(-1)^{u+v}$ を掛けることによって達成できる。すなわち、

$$G(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} (-1)^{u+v} f(u, v) \exp \left[-\frac{2\pi i}{N} (ux + vy) \right] \quad (12)$$

である。ここで $(-1)^{u+v} = e^{i\pi(u+v)}$ であるから $G(x, y)$ は

$$G(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) \exp \left\{ -\frac{2\pi i}{N} \left[(x - \frac{N}{2})u + (y - \frac{N}{2})v \right] \right\} \quad (13)$$

と書き換えられ、結局

ラインプリンタを用いる計算機ホログラム

$$G(x, y) = F(x - \frac{N}{2}, y - \frac{N}{2}) \quad (1)$$

となるので、0点が変換面の中心に移動する。もし数値的処理を避けたい場合は、(1)式により変換された値を周波数成分の順序に並べ替えればよい。

4 ホログラムの作成と光学的再生

ラインプリンタを用いる計算機ホログラムでは、パターンの寸法は用紙及び使われている文字の大きさによって決定される。プリンタ用紙の横方向への最大印字可能な字数はおよそ132であり、これ以上の表示点が必要な場合は、余分な表示点の分だけ何枚か別に打ち出し、これらをはり合わせて1枚のホログラムパターンとしなければならない。はり合わせによる誤差は再生像のひずみとなって現われ、また表示面積の増加は写真撮影に対して不利となるので、なるべく1枚の出力用紙ですむように工夫した方がよい。

ラインプリンタによる濃淡図形の表示は、文字、記号の重ね打ちを行ってもかなり困難で、正確な濃度階調の変化はほとんど出せない。これらのことから、ラインプリンタホログラムでは表示点数 132×132 以下で、しかも1つの表示点を黑白2つの状態のみで表わすことができれば好都合である。2値表示における黒の状態は適当な1つの文字あるいは記号でもよいが、パターンをはっきり出すためにいくつかの文字あるいは記号を重ね打ちするとよい。本実験では高速フーリエ変換(FFT)アルゴリズムを使用する関係上、入力画像を 128×128 に分割し、ホログラムパターンの表示点数も 128×128 とした。すなわち、ホログラム面上の1サンプル点に対して1表示(1あるいは0)であって、これは振幅強度、位相変動を合わせてわずかに2段階に量子化してしまうことを意味する。すでに述べたように、ここでは複素振幅分布のうち、位相角のみに注目し、これを2段階に量子化した。

ホログラム作成過程は、図1のとおりである。まず透明な板上に文字が書かれている二次元物体を仮定し、これを入力として 128×128 の標本点に分割する。文字は 128×64 あるいは 64×128 の部分に置かれ、他の部分は空白のままにしておく。

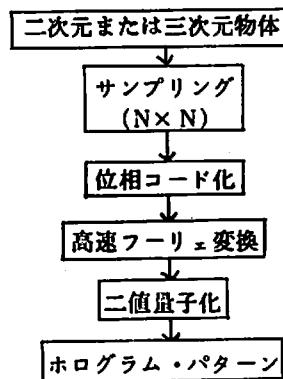


図1

計算機によりそれぞれの標本値に位相符号化をほどこし、さらに二次元のFFT処理を行なってホログラム面上での複素振幅分布を求め、次に位相成分の2段階量子化を行なった後、ラインプリンタによりホログラムパターンを表示する。作成されたパターンは、フィルム上でおよそ 5×3 mm程度の大きさになるように写真撮影で縮小する。得られたホログラムパターンのネガフィルムにレーザー光を当て、透過した光をレンズでフーリエ変換すると、焦点面に再生像が得られる。

図2に位相符号化をしない場合のホログラム例と、それを光学的に再生して得られた像を図3に示す。図3から明らかなように、二次元透過物体に位相符号化をしないで作られたホログラムの再生像には、高域フィルタをかけたような効果が認められる。これは位相変動を量子化するのに振幅の大きな空間周波数の低域部も、比較的に小さな高域部もまったく同一条件で区分されるので、低

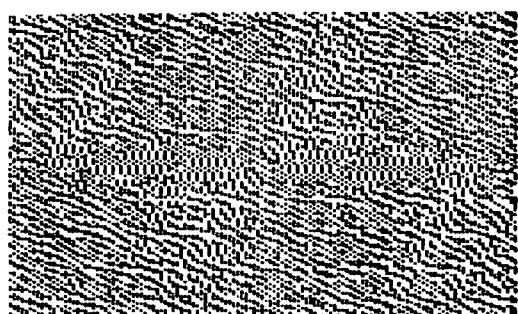


図2

域スペクトル成分の多くが失われてしまうためである。したがって、適当な位相符号化によりスペクトルを平坦化しなければ、元の物体の情報を含んだ像の再生はできない。

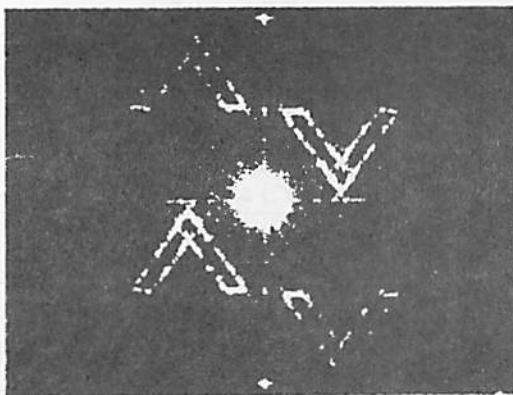


図 3

図4は、ランダム位相符号化により作成したホログラムである。図5は、図4から光学的に再生された像である。図4を図2と比べると、図2は中心で点対称なパターンとなっているのに対し、図4では画面全体にわたってランダムなパターンになっていることがわかる。図4の再生像はランダムな輝点から構成され、多少見にくくなっているが図3のようなフィルタ効果は見られないことから、フーリエスペクトルは各空間周波数帯域にわたりほぼ均一になっていると考えられる。このようなスペクトル平坦化が強度変化のある入力にも有効であるかどうか不明なので、いくつかの異なる強度を有している物体についても実験した。



図 4

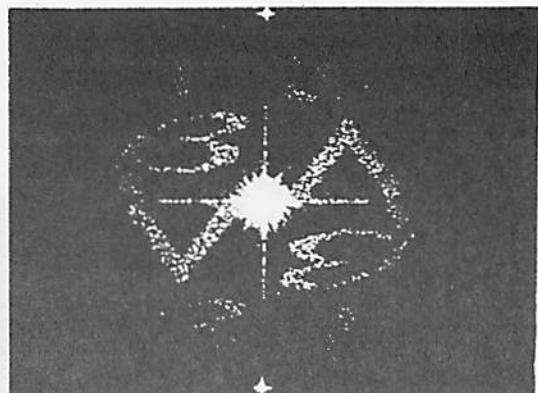


図 5

図6は、それぞれ9、4、1の3段階の強度変化をもつ文字HITのホログラムから再生した像である。最も強度の低い文字Tは、はっきり出ていないものの、フィルタ効果もなく、おおむね強度変化が表われているので、スペクトルは均一になっていると考えられる。

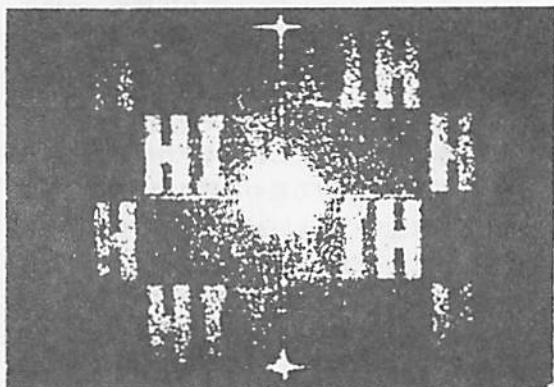
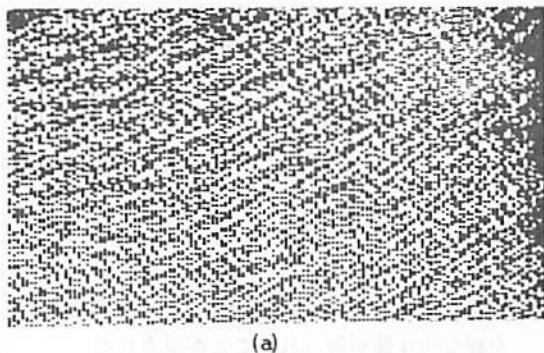


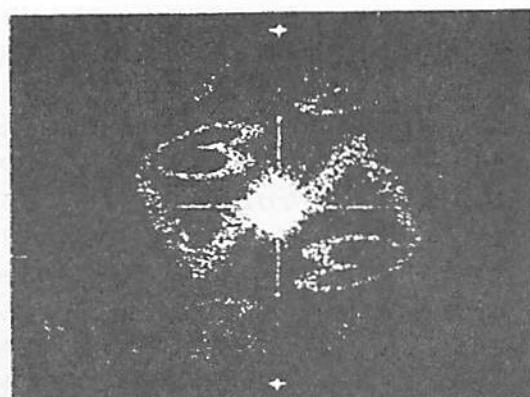
図 6

同様に、複数個の二次元断面像からなる三次元物体のホログラム作成も可能であり、次にランダム位相符号化による三次元ホログラムの作成と光学像再生実験を行った。互いに dZ 離れて存在する2つの平面からなる三次元ホログラムの例を図7(a)に示す。図7(b)はレンズの後方焦点面に生じた像であり、焦点面に置かれた文字 β がはっきり現われているが、離れた平面にあるVはぼけた像となっている。そこで、次に焦点面から dZ 離れた平面に存在する像Vを撮影すると図7(c)のよう

になる。図7(c)において文字Vの像と光軸に対して対称なほどやけて見える部分は、焦点から $-4Z$ 離れた平面に生じた像に相当し、観測面をその位置まで移動すると今度はほやけた部分がはっきりした像になり、反対側にある像は逆にほやけてしまう。図から明らかなように、いくつかの平面からなる三次元ホログラムは、平面の数が増加する



(a)



(b)

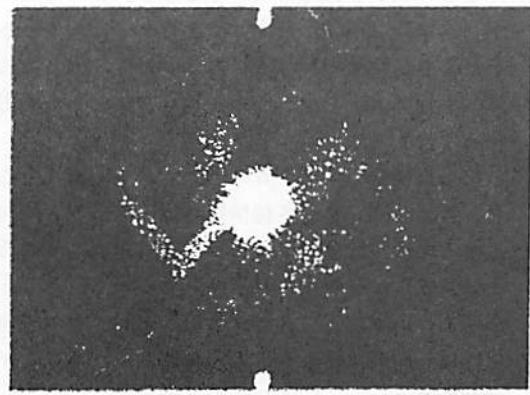


図7

と共に再生像の画質も悪化していくので、多数の平面からなる立体的な形状をした物体のホログラムからは良好な再生像は望めないであろう。

図8と図9は、Frank系列による位相符号化を行ったホログラムと光学的再生像である。ホログラムパターンを見る限りでは、部分的にかなり規則性があることから、スペクトル平坦化が一様になされていない。このため、位相符号化をしないホログラムの再生像に見られるような低周波成分の減少した再生像になっているが、画質それ自体は比較的良好である。

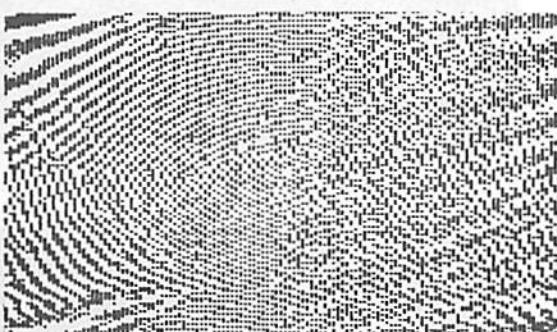


図8

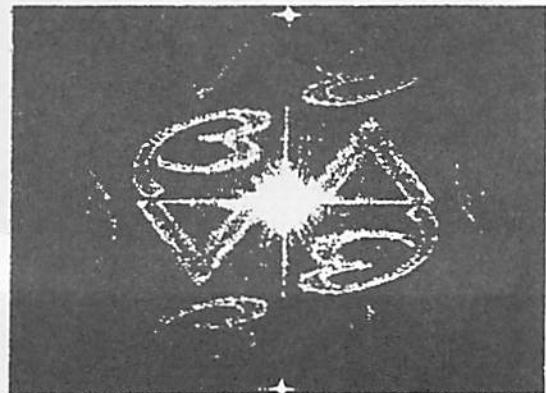
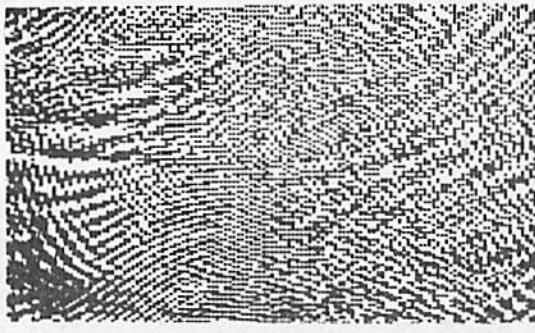


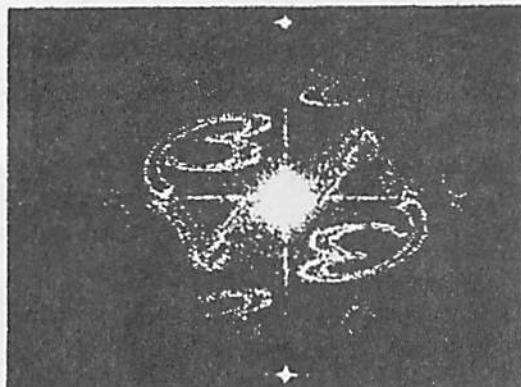
図9

Frank系列による位相符号化を三次元ホログラムに適用した例を図10に示す。(a)はホログラム(b)はレンズの焦点面の再生像、(c)は焦点面から離れて文字Vに合わせた再生像である。二次元ホログラムを光学的に再生して得られる像に現われるエッジ強調現象は、三次元ホログラムを再生した場合でも同様に認められる。これは三次元物体を

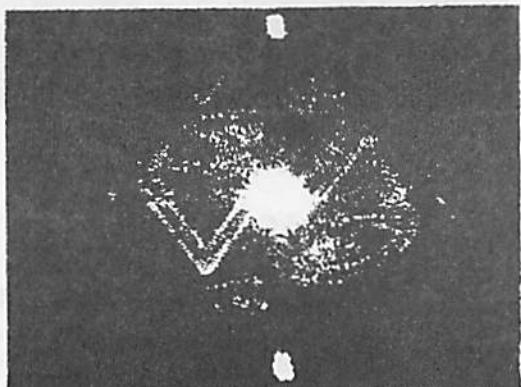
構成する二次元物体が等しく Frank 系列による位相符合化処理を受けていたため、ホログラムはフーリエ変換過程をへて得られた複素振幅値に、距離に応じた位相項を掛けることにより求められるサンプル値を、すべて加算して合成されているにすぎないからである。



(a)



(b)



(c)

図 10

5 おわりに

計算機を用いると、現実にはまったく存在しないような物体のホログラムも合成可能である。しかし、計算機ホログラムにおいて、数値計算された複素振幅分布をどのような装置を使いどのように表示するかということが最も重要な課題であり、解決されなければならない。一般には高精度で複雑な表示機器を高度な理論に基づいて用いることから、計算機ホログラムを簡単に実験することは困難であった。そこで本報告では計算機出力装置として容易に利用できるラインプリンタを用い、しかも印字文字の濃淡や形状に影響されない 2 値のみによって表わすことのできるホログラムについて、その作成及び光学的像再生を中心述べた。実験の結果、この種のホログラムにおいては位相符号化、特にランダム位相符号化法を適用すると良好な再生像が得られることが示された。

本方式の特長は、極めて容易にホログラムが作成でき、よい再生像が得られることである。欠点としては、最も単純化された 2 値量子化により、同一画素数における再生像の画質は Lohmann 法や Lee 法に比べて劣るので、入力物体を細かく分割し画素数を多くしなければならないことである。この点について、従来は FFT を使ってもフーリエ変換操作に時間がかかるため、データ数の増加は直接的に計算機使用時間の増加を招き不利であった。しかし、現在では計算機が改良され処理能力は格段に向上し、多量のデータをフーリエ変換しても以前のように長くかかるから、全体として CPU 負荷も大きくなりらず、したがってデータ増加も不利な条件ではなくなってきている。また、もし時間のかかる事をいわないであれば、手軽に入手できるマイクロコンピュータを用いることもできる。

将来高性能のマイクロコンピュータが出現すると、数値計算を含む各種情報処理能力はさらに向上するため、計算機ホログラム作成過程に用いると演算処理が高速化され、時間は短縮される。その時には、本報告で述べた計算機ホログラムの有用性は一層高まると共に応用範囲も広がることが期待される。

ライインプリンタを用いる計算機プログラム

文 献

- [1] B.R. Brown and A.W. Lohmann :
Appl. Opt. 5 (1966) 967.
- [2] B.R. Brown, A.W. Lohmann and
D.P. Paris : Opt. Acta 13 (1966)
377.
- [3] A.W. Lohmann and D.P. Paris :
Appl. Opt. 6 (1967) 1739.
- [4] A.W. Lohmann, D.P. Paris and
H.W. Werlich : Appl. Opt. 6
(1967) 1139.
- [5] A.W. Lohmann and D.P. Paris :
Appl. Opt. 7 (1968) 651.
- [6] B.R. Brown and A.W. Lohmann :
IBM J. Res. Develop. 13
(1969) 160.
- [7] K. Nagashima and T. Asakura :
Opt. Commun. 17 (1976) 273.
- [8] E.N. Leith and J. Upatnieks :
J. Opt. Soc. Am. 52 (1962)
1123.
- [9] L.B. Lesem, P. Hirsch and J.A.
Jordan : IBM J. Res. Develop.
13 (1969) 150.
- [10] W.H. Lee : Appl. Opt. 9 (1970)
639.
- [11] C.B. Burkhardt : J. Opt. Soc. Am.
58 (1968) 241.
- [12] R.L. Frank and S.A. Zadoff :
IRE Trans. Inf. Theory IT-8
(1962) 381.

ICO-13に出席して

中野善明

昨年8月20日から24日までの5日間、札幌市教育文化会館において、第13回国際光学委員会総会 (The 13th Congress of the International Commission for Optics、略して ICO-13)が開催された。会議に出席した1人として、ICO-13の概要を簡単に紹介しよう。

国際光学委員会 (International Commission for Optics、略称ICO)は、1948年に光学理論、光学機械、光学の応用および生理光学の進歩とその知識の普及に、国際的基盤に立って貢献することを目的として設立されたもので、国際的な光学の研究推進団体である。

ICOは3年毎に大きな総会を開催しているが、これまでヨーロッパまたは米国で12回行なわれており、今日ははじめて欧米以外の日本で開催された。また、ICOは総会と総会の間に特定のテーマについてのシンポジウムを随時開催しており、我国では1964年と1974年にそれぞれこのようなシンポジウムが行なわれた。

今回の総会は日本学術会議と応用物理学会が共催して行なわれたが、光学関係の世界の第一線の学者が光に関する最先端の研究を発表することになったICO-13は、札幌市で開かれた国際学術会議としては過去最大の規模となった。

参加者は、世界31ヶ国から666名であった。会議の主題は「近代科学技術における光学」(Optics

in Modern Science and Technology)となっており、次の8分野で318件の研究発表がおこなわれた。

- 光計測 (Optical Metrology)
- 光学部品の加工と検査 (Optics Fabrication and Testing)
- 光学機械 (Optical Instrumentation)
- 画像形成と画像処理 (Image Formation and Processing)
- 光計算 (Optical Computing)
- レーザとオプトエレクトロニクスシステム (Laser and Opto-Electronics Systems)
- 太陽エネルギー応用光学 (Optical for Solar Energy Engineering)
- 視覚と生体光学 (Vision and Bio-Optical)

会議の日程は表-1に示すように、ICOの開、閉会式、総会、役員会等と、研究集会での特別講演、招待講演、一般講演とポスター講演等のほか、いくつかの社交行事があつて会議中の使用語はすべて英語に限定し、海外からの参加者との討論や懇談を通して国際交流の実を挙げた。

国際会議の企画、準備、運営は、日本学術会議と応用物理学会から選出された組織委員会（委員長、村田和美北大教授）によって行なわれたが、

表-1

ICO-13 Sapporo 日程表

日 時	9:00 ~ 12:30	14:30 ~ 17:30	19:00 ~ 21:00
8月19日 (日)		登録	インフォーマル ギャザリング
8月20日 (月)	登録、開会式、特別講演	研究集会	
8月21日 (火)	研究集会	研究集会、総会	レセプション
8月22日 (水)	研究集会	エクスカーション	
8月23日 (木)	研究集会	研究集会、総会	晩餐会
8月24日 (金)	研究集会	研究集会、閉会式	

I C O - 13 に出席して

実務を担当された多くの方々の御苦労をお察し申し上げる次第である。次回は3年後、カナダで開催予定である。今回の I C O - 13 の研究発表には、物理教育に直接関連するものはないので内容の紹介は省略するが、読者の中で特に興味のある方は、著者まで御連絡下されば資料を提供します。

さて、物理教育に関する国際的な学会は、毎年英国等で開催されているが（著者も、1978年にリバプール大学で開催されたとき出席している。）日本でも1986年8月25日から29日まで、東京、上智大学において、物理教育国際会議が、“Trends in Physics Education”を主題として開催されます。このような機会をとらえ、国際的な場で様々な知見を得ることも教育現場に携わっている我々にとって、生徒、学生の教育上にも大変有益ではないかと思うところである。

昭和59年度支部研究会報告

昭和59年12月8日(土)北大工学部において上記研究会が開かれた。内容は原著講演5件、それに昨年の研究会で行われたパネルディスカッション「新課程高校理科の現状と大学入試について」に引き続いで今年度シンポジウム「新課程物理の問題点について」が行われ活発な討論がなされた。以下概況を報告する。

1 研究発表(原著講演)

(1) マイコンを使った物理実験・円板の角加速度

道工大 峰友典子 三好康雅

周囲に小穴をあけた円板の回転を、光センサーを用いて測定しマイコンを利用して角加速度を求める方法で、学生実験として開発し所期の目的を達している(詳細は本文7頁参照)

(2) 氷の潜熱を利用した熱の仕事当量の算出

浜益高校・谷 弘人

氷の融解熱80カロリー／グラムである。従ってその融解量から氷水系に何カロリーの熱量流入があったかが知らされる。そしてこの供給熱エネルギーが電気的エネルギーであればその大きさは容易に求めうる。この2者の関係から、熱の仕事当量 $J = 4.2$ ジュール毎カロリーが算出出来る。今回は、氷の融解熱値の検定を氷水系の昇温実験でまず行い、次いで、ジュール熱源として電熱器加熱の方法で氷を融解、融解量を求め、Jを算出した。身近な素材利用の教材研究として授業に十分用いられる内容である。

(3) 身近な素材を利用した生徒用熱電対の製作

苫小牧南高校・一口 芳勝

市販の熱電対は、クロメルーアルメル、銅－コニスタンタン系等があるが、高価なことと接点の工作精度が高いものを要求される現状があった。身近教材の利用開発の研究の一環として、熱電対の手軽かつ安価高精度のものの作成を試みた。素材は身近にある鉄線と銅線を用い、接点は単なるねじり接触のみとし、ただし高精度を得るために10段階直列として10倍化して高電圧出力化を図った。冷温源、高温源はそれぞれ氷水系と100°C沸騰水

を用い、出力はガルバ計で読む将来はモーターの駆動等電力源としての演示実験まで目指している。熱電対の発明1921年ゼーベックのものだが、現在ソ連(シベリア)で応用研究が盛んで発電効率10%内外まで近づいており、補助電力源として将来性があり、PN型半導体での研究も盛んで、熱電対は発展性ある教材といえる。今回は実験途上の中間報告の形である。

(4) 公立学校入選における信頼性係数の変遷と理科教育

札幌東高校・秋山 敏弘

公立高校(北海道)の入試(学検)の信頼性係数がこの2年間急落している(分散中で実力との合致を示さない)。全科目で0.5を割っており、昭和57年迄の0.8(10年前と同)と大差となっている。これは入試問題自体の妥当性にも関わる本質的问题であり、検討が迫られる実状となっている。データーをもとに入試問題内容分析について報告する。

(5) 寺田物理学の今日的再評価と Freier: "Demonstration Handbook for Physics" の内容

札幌藻岩高校・山田 大隆

今日高校物理履習者の急減状況に即して動機づけを中心視点とした物理教育方法の根本的見直しを志向する動きが全国的に高まっている。その1つは文化史的展開のHPPの国内翻訳書普及運動(物理教育研究会・主管上智大学研究室)であり、いま1つは身辺教材(地域教材)を物理教育中にどう位置づけ理論構築し新開発するかの展開であるといえる。この後者に関しては、身近な現象の徹底観察から個としての物理探究能力を鍛え発展

実験室訪問記

させ、輝かしい多数の（英文で3000頁）独創的業績を残した寺田寅彦の物理研究及び教育法（所謂寺田物理学）が今日、巨大化、形式化、中央志向化した物理研究教育方法の修正のための原点再検討の潮流の中で再評価の動きとして出てきている。演者は今日の物理教育方法改善の有効視点としての寺田物理の全体像を紹介し、併せて、身辺教材を利用しつつ物理原理が教材教具の高い独創性と印象性の中で展開し、寺田物理の良い展開例となっているとみてよいアメリカ Physics Teacher誌編集部刊 FreierとAndersonの Demonstration Handbook for Physics

（1982年版、イラスト808例、タイプ本）の内容を紹介し、身辺教材利用に基づく物理教育方法展開の今日的意義を考えてみる。

Ⅱ シンポジウム

新課程物理の問題点について

—理科Iとの関連において—

- 座長 齋藤 孝（札幌北高校）
- パネラー 山田 大隆（札幌藻岩高校）
加藤 誠也（札幌西高校）
北村 剛（石狩高校）

要旨：新課程物理（所謂選択物理）が本格実施になって略1年経過するが、理科I物理分野との整合性で幾つかの教授上の問題点（基礎力や系統性の欠損、前課程に比べての実力低下現象）、また物理本来の指導上内容の問題点（項目欠落等）が生じてきている。これらの実態を三校のデータをもとに示し、その要因の分析及び今後の改善方向の模索を討論により試みる。

Ⅲ 感想

研究発表について(1)は測定方法、データの処理にマイコンを利用し、細部まで検討を重ねられたもので詳細は本文（7頁）を参照されたい。(2)、(3)はいずれも身近な素材を教材として興味ある物理を目指しての研究で中間発表の形であるが、参会者の興味と感心を十分ひきつけており、今後の成果が期待される。(4)は高校理科の関係者にとっては大きな問題であり、現場での適切に対応を換気される発表であった。(5)は本誌（34頁）の座談

会の記事とも関連し、物理履習数減少に対する一方策の呈示もあり、今後更に一層論議が活発になるものと思われる。

シンポジウムにおいて三名のパネラーより次の点が述べられ、討論が行われた。加藤氏は現在のスパイラル方式の学者に不安を投げかけられ、理科Iに運動量が抜けている点で物理への基礎として不都合ではないか、また電気のない点などに疑問を出された。

山田氏は理科Iにおける力学分野のテスト分析において、新課程の生徒のレベルダウンの問題提起がなされた。

北村氏は学校間格差の問題、理科Iにおいて生徒のレベルに対応していった場合、抽象化が困難であり、選択物理において再びやり直す必要があるという実態報告がなされた。

以上の提言をもとに活発な討論がなされたが、もとより一朝一夕に結論の出る問題ではなく、今後さらに論議を深め、広範囲を意見が出され方向性が見い出されることを期待したい。（文責 北

（文責 北広島高 川原 圭二）

※研究会資料等の問い合わせは事務局まで御連絡下さい。

実験室訪問記

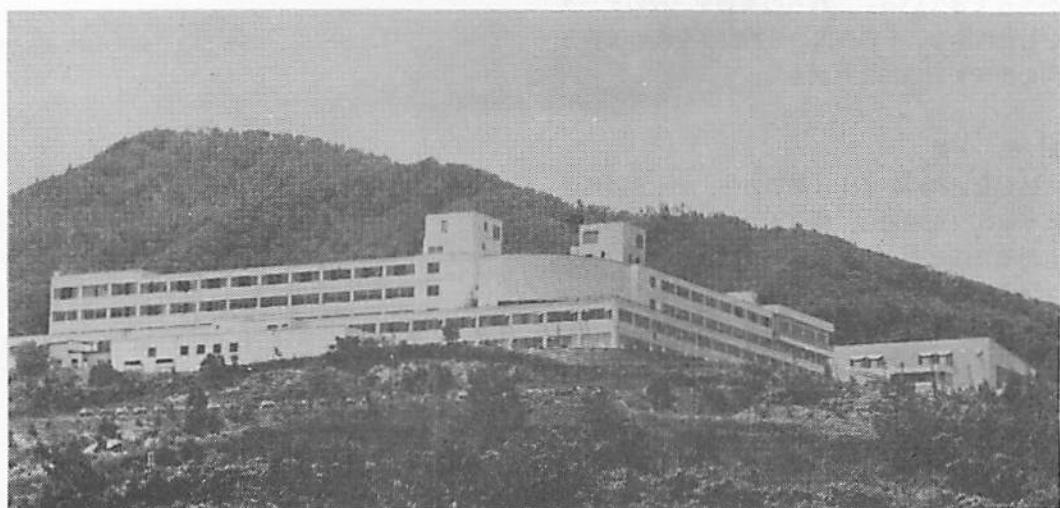
飯田紀子

北海道薬科大学

高台にそびえ立つ白亜の校舎を訪れたのは、9月も下旬の、あの猛暑の名がりがわずかに残るさわやかな晩夏のある日であった。ゆるやかな舗装道路を登りつめた所で、突如、広い駐車場にズラリと並ぶ車と眼下に広がる悠々たる海に直面した時、今まで一体であった街の雑踏とピリピリした緊張感が、一瞬にして飛び散り、大自然の中にその存在を誇るかのように輝く科学技術の結晶にまぶしさを覚えた。この最初に受けた芸術的印象は、その後、この訪問の最後校内を案内して頂いた折りに、また、随所で見かけることとなり、その度、感動した。今回は、中野先生が国際会議で活躍された直後ということで、何かとご多忙のところを時間を頂いての訪問であったが、私の質問に要領良くお答え下さった後は、中央機器室の実験室に案内して頂き、レーザ光を用いてレンズの屈折率をモアレ像の歪みから測定するといった実験研究の説明をうかがうことが出来た。この研究は、メガネ、コンタクトレンズ、眼球の水晶体等の屈折率及び焦点の測定といった広い範囲への応用が可能とあって、今回の国際会議での反響に自信を深められた様子であった。

さて、道薬大での物理学は、必須教科として、1年(前・後期)で3単位、2年(前期)で2単位(実験・実習)履修を行って来たが、60年度からは、カリキュラムの変更で2単位追加になる予定である。これは、高校物理の新課程に対する大学側の対応策のことである。参考までに、道薬大には、高校の中堅学生が、主に集まるが、彼等の高校物理のマスター度は、30~50%程度とのことである。

道薬大の学生は、一般にマナーも性格も抜群で、言われた事は良くやるが、自主性には少し欠ける面があり、研究者を目指す学生は、ほんの一握りで、大半は薬剤士志望であるそうです。確か、道薬大の薬剤士国家試験の合格率は、全国的に見て非常に良いことを記憶しているが、これは、教養と専門の講義が、一年生の時から平行して進められているといった道薬大カリキュラムの成果を反映しての結果かもしれない。「薬学系の学生は、物理学の講義をどのように受けとめているか」という愚問に中野先生は「薬学系では、電子機器分析が重要な実験手段となっており、これを使用するには、物理的発想と思考が要求される。今や、



実験室訪問記

物理学は薬剤学につながる重要な教科です」と述べられたあと「しかし、適当な教科書が無く、講義ノートの作成には苦心します」とつい本音をもらされた。また、「薬学系は、暗記する事が多く、物をゆっくり考えるといった時間が無いので、せめて、物理の時間だけでも、物事を論理的かつ合理的にじっくり考えるといった練習をしてもらいたい」と物理の教師ならではの言葉が返ってきた。

59年度使用の教科書は、大学自然科学研究会編「物理学」東京教学社で、その内容は、古典物理学から近代物理学に及ぶものであるが、時間に限りがあるので項目を選定して講義されている以外に、臨床医学への応用、生物学的問題といった内容を取り入れているとの事である。次に、学生実験については、2年生の前期、約一ヶ月間、午後一時より毎日、医用電子工学実習も含めて2単位

で実験を進めているとの事であり参考までに、実験題目の紹介させて頂くことにした。

1. ノギスとネジ・マイクロメータ、天秤、気圧計、湿度計、Planimeter、旋光計、Abbe屈折計
2. 分光器、回折格子、Wheatstone bridge、Kohlrausch bridge、等電位線、Thermistorの特性
3. レンズの焦点距離、差動増幅器、光一電気変換器、生体トランステューサーと心電心音計
4. オシロスコープ、電子回路実験（増幅回路他2）

予定の時間を大巾に上回る長居を辞して、バス停に向う私の脳裏に、未来に向って大きく羽ばたこうとする道薬大の情熱と躍動をあの白亜の校舎に見る思いが一瞬よぎった。

道立理科教育センター

道立札幌西高等学校のすぐ隣り、屋上に天体観測ドームを立てた、薄いピンク色の長方形をした建物が道立理科教育センターである。今回は、この物理研究室に須藤悌次先生を訪ねることにした。それは、道立理科教育センターの教育的役割とその成果を自分なりに確認しておきたいという密かな願いがあったからである。

訪問した日は、ちょうど研修講座が開かれていて、物理室では「音波」の実験が行われていた。午後からは、電子に関する講義が北大から招いた先生により行われると伺がった。

道立理科教育センターの役割は、大きく次の2項目に要約される。

1. 教職員に対し、現代自然科学と創造的学习指導について研修を行ない、更に、研修意欲を高めることにより、主体的創造的な指導力の深化と向上を図る。
2. 教材及び指導法の開発、施設設備の改善等に関する調査研究を進め、理科教育の振興に努める。

現在、理科教育センターの事業は、教職員研修

と教材研究の比率が7：3の割合で進められているようである。理科教育センターの歴史は古く、昭和38年にオープンして以来、今日まで公立の小・中学校及び高等学校の理科担当教員に現職教育を行うことを目的として、7年計画で第1次計画の理科教育講座、5年及び3年計画で第2次、第3次計画の理科教育現代化講座、3年計画で第4次、第5次計画の理科教育研修講座が科学諸分野の発展及び理科教育の動向に応じ企画、実施してきた。更に、6ヶ月～1年の長期研修（公立の小・中学校教員対象）及び1日程度の短期研修（公立の小・中学校及び高等学校教員対象）等の研修講座も開設され、指導力の強化と資質の向上図る努力がなされてきた。これらの研修講座に参加し、そこで得た知識を生徒に還元している教職員の数は、開設以来、年間300～500人にも達しているということである。これに比較して、教材及び指導法の開発、施設設備の改善等に関する調査研究の方は、少し生れを欠く面もあるが、研修講座と平行して進められた研修講座テキストの作成の他に理科教育に関する調査研究として、

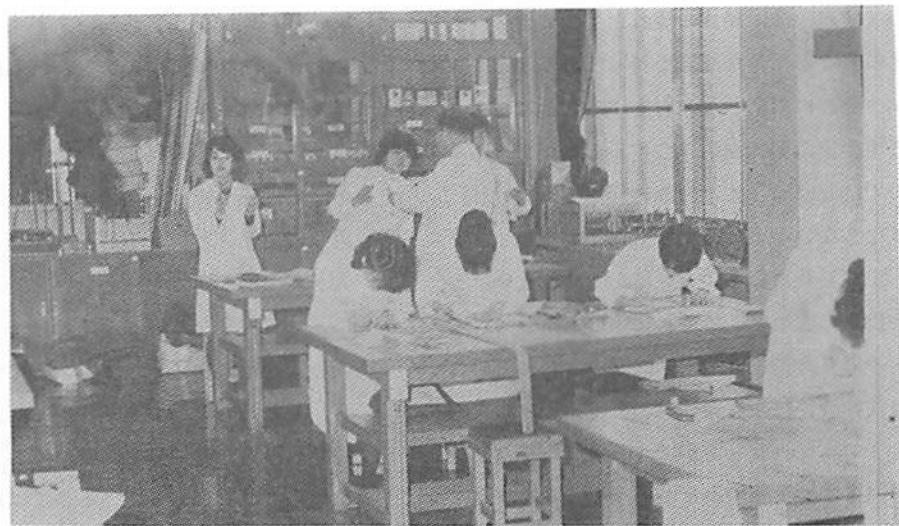
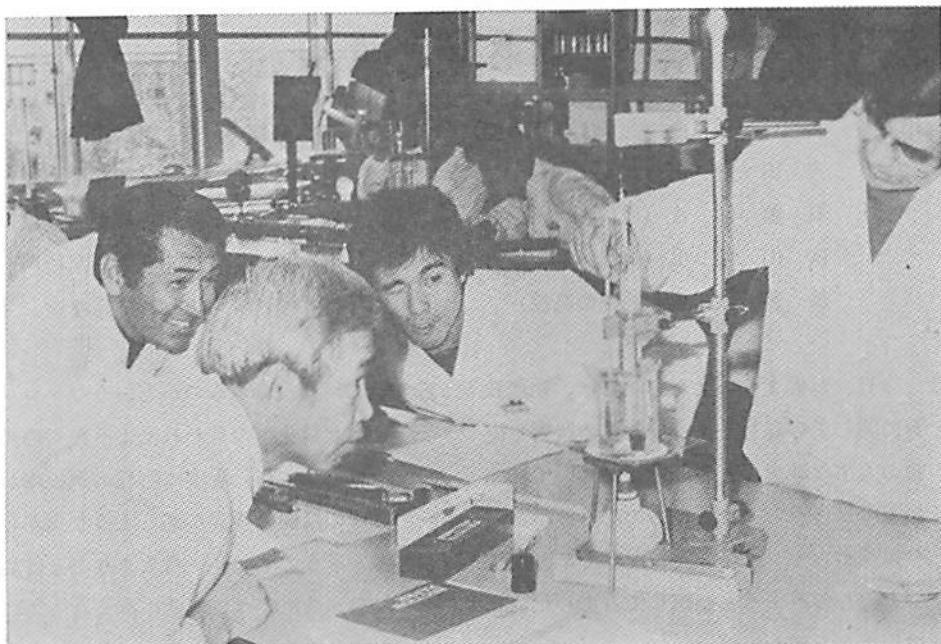
- 本道中学校における理科教育の実態と今後のあり方 (昭和39年、41年)
- 本道高等学校における理科教育の実態と今後のあり方 (昭和40、41年)
- 高等学校における理科観察・実験の実施状況 (昭和56年)

等の業績が残されている。更に、教科の解説、指導法、指導展開例を述べた指導資料集を毎年刊行し、小、中、高等学校の先生によろこばれているとのことである。今回、理科教育センターを訪問して強く関心を引いたものに、サイエンスカーネット号がある。「コメット号」配置の主たる目的は、へき地の児童・生徒を対象に理科の観察・実験を行い、自然科学に対する関心をより一層高め科学的な能力、態度の育成を図るということにあるらしいが、これはおもしろい着想と思った。科学情報、科学技術に接する機会の少ない子供達に、夢と希望と未来を運ぶコメット号は、まさしく、動く夢の青少年科学館にも等しく、将来にその活躍が大いに期待される。また、理科教育センターの教育活動が、公立校の教職員という特定の対象にとどまらず、もっと広い地域社会の子供や大人を含めた対象にまで理科教育の普及を計ろうとする試みには好感を覚えた。高度の科学技術に支えられた情報化社会において、科学に関

心を示す者は、もはや特定の研究者、教育者、文化人だけではない、多くの子供達が、大人がその熱い眼差しを先端科学技術に注いでいることを忘れないようにしたい。

さて、ここで理科教育センターの物理実験室の一部を紹介しよう。私の目にとまった実験装置及び器具の大半は、古いものであったが、大事に使用、保存されていた。その中には、使用不能に近いものを修理、改善して使用しているものや、工夫、改良をこらしたものも含まれていた。それは、また、少ない予算のもとで最大の効果を得ようとする先生達の日頃のご苦心を窺がわせるものでもあった。次の科学技術社会を担う子供達を指導、育成する教職員の研修の場に、もっと新しい科学技術の導入と使用があつて良いのではないかとの時、フッと思った。最後に、須藤先生は、私を中心長の中山素水先生に紹介下さった。あらかじめ予定していたことでなかっただけに、何を話そうかと少し考えた末、物理実験の装置、器具について私なりの意見を述べてみた。返って来た答は、「そのような事は、もっと別の所に言って頂かなくては……」ということだった。組織の中で事を成す苦労と複雑さが感じられる言葉であった。





座談会

物理教育を語る

出席者 北村正直(北大工学部教授)	齊藤孝(札幌北高校)
吉田 静男(北大工学部助教授)	石山形幸(札幌香蘭高校)
須藤悌次(理科教育センター)	山田大隆(札幌藻岩高校)
秋山敏弘(札幌東高校)	川原圭二(北広島高校)
加藤誠也(札幌西高校)	司会 北村剛(石狩高校)

司会 今日、お集まりいただいたのは、物理教育に関しての意見や、高校物理の履習生徒数の大巾な減少などの問題点について、北海道ではどう考えたら良いのだろうかという観点からインフォーマルな形で卒直な意見を出してみようと企画してみました。北村先生から何か…。

進学率の上昇と高校物理

北村 物理を嫌う傾向にあることは問題ですね。物理教師以外の外的な問題もあろうかと思いますが……。時代の流れと生徒の質の変化に我々が十分な認識を持っているかどうか、それに対応した教育をすることによって生徒達の興味を引きつけることができるのではないか。また何故物理を学ばなければならぬかという問題もあると思います。

吉田 全然必要ないものもいるかも知れない。高校生の大半といってもよいのでは。

北村 やはり今後物理や科学的常識なしにこの現代社会、技術社会において、市民としてコミュニケーションができるかどうかだと思います。受験の為とかいうのでなく少なくともこれくらいの常識はという範囲で我々は希望を持って物理を教えてよいのではないでしょうか。

吉田 何故教育するのかというフィロソフィーは北村先生の言われたようなものになると 思いますが、現実に物理の選択率が激減するのは別の要素があるような気がします。

須藤 そうですね、一番大きなことは高校進学率が昔に較べて非常に高くなっていること でしょうね、割合として激減するのは。そこで国民的教養としてどこまでミニマムエッセンシャルとしておさえるかというと結局理科Ⅰまでということになるわけです。

吉田 ところが物理の先生はそれでは駄目だと いう。そこで物理、物理と云わないで冷静 に物理のこの程度でいいという風になりま せんか。

北村 そうですね、理科Ⅰの程度でいいといふ 考え方はそういう物の考え方になるのだと思 うのです。しかしそこから先の方に進む 人が沢山出てきてもらわないと日本の産業 にとって大変なことになるわけです。いろ いろな分野で物理的手法が入っていますか ら。それともう一つ高校物理で問題なのは 数学(計算)の関係で、物理に対し恐怖感 を植えつけてしまっているのではないか。中学校での数学のレベルを考えてやっていかな ければいけないと思いますね。

秋山 小学校5、6年以降は文章問題は難し

座談会 物理教育を語る

いようですね。だから物理の場合でも数量化できていない。困っていますね。

山 田 物理は理科の他の科目に較べて、方法的、文法的といわれますね。したがって抽象が理解できなければならないわけですが、それは実は大変なことで相当な思考力が要求されるわけです。しかし今は素質なき者は去れという時代ではないですから、生徒の実態に合せた教授過程を考えればもう少し良くなるのではないかでしょうか。

齊 藤 小、中、高校でもっと具体的なことを沢山やって、大学で抽象化していくのがいいのではないかと思うのですが。

秋 山 ああ いいですね。高校の段階からあまり文法教える必要ないですね。

司 会 私の学校の生徒に「コスモス」や「アイシティ・タインの宇宙」などを見せるときいろいろ見るのであります。これは私に云わせると好奇心の段階だと思うのですが、こういうものを物理教育の中で逆につぶしてしまっているかも知れませんね。

須 藤 学校でやると、きっちとした型ではどうしても余裕がない。

司 会 文法の勉強するのと、意志が通ずる会話との違いでしようか。

北 村 一番大切なのはモーティベーションだと思っています。学習したいという気持を持つことを引き起こしてやるのが教育だと思う。学習するのを助けるのであって、我々が教え込めるものではないという考えですね。

加 藤 前任校での事ですが、受験に関係ないクラスでの授業で、実験を中心とした物理を進めていきましたら、生徒も次第に意欲になって学習成果が上がったことがありました。

吉 田 生徒のレベルをよく知ってというところが、大事なポイントですね。

物理を学ぶ意義

齊 藤 MIT (マサチューセッツ工科大学)では学生に意欲を持たせるということと、もう一つ道徳ということをいっています。

石 上 以前、諸橋先生 (道教育大旭川分校) が招かれた英国のウィリアムズ氏が、それに似たようなことをおっしゃっていましたね。意欲を持たせて高いレベルの物理を勉強させるそれと科学者はその範囲についてだけ専門家になるのは駄目であって、政治とか平和ということについて、きちんと判断できる力を持たなければ立派な科学者とはいえない。今おっしゃった道徳というのはそういうことも含むのでしょうかね。

北 村 サイエンスのソーシャルコンテストというのは、まさにそのことですね

山 田 印象深かったのは、その専門の社会科学とか人文科学の教師が教えるのでなく、自然科学の教師が社会科学、人文科学的なことを述べるわけです。人格がにじみでて迫ってくる。

北 村 こういう風に考えなければいけないと教えるのでなく、そういう問題をとり扱うことが重要だということを教える。

齊 藤 そうすると物理を勉強することによって現代人が単に生活の上だけで便利になると技術的なことではなく、やはり現在の世界を生きていく人間として物理を教養として学んでいく意義が何か存在するということになりますね。

須 藤 現代人として物理をやることによって合理的で科学的な意志決定ができるというか、物理と意志説には私はちょっと疑問があり

ますね。

北 村 ガリレオなどの例をみると、普通我々が持っている社会通念を改革していくのは科学というものが非常に大きな役割を果している、ということから科学というものを学習していかなければならないのだと理解させていく必要があるのではないか。単に物理の点数の為でなく、自分自身の人間性を高めるためにも物理学は必要なのだと英國のシスコンのような物の考え方を物理学専門の人も考えてくれるのではないかという期待感を持ちながら現在やっているわけです。

齊 藤 大学だけではなく高校教師の方もそうあるべきじゃないかと思います。

司 会 高校で物理が必要かどうかにかかわって話しますと、私の学校では文系、理系に分けています。ところがこれから先の将来卒業する生徒達は大部分、営業マンとか技術屋になるわけです。しかしそのような生徒にも物理は必要だと思っています。技術として…。

須 藤 どちらかというと技術物理というようなもの。

司 会 そうでしょうね。

須 藤 ところが我々が考えている物理というのはもう少し抽象化とか、科学的思考とかを想定していますね。ですから高校の物理はそういう点で果して本当に役立っているかどうか。

北 村 今日、日本が欧米を凌ぐまでになったのはどういう理由であったかといいますと、かなりレベルの高い一般大衆がいたということですね。私の知っている限りでのアジアの国々の科学に対する盲信とも云うべき傾向を見ていますと、我が国でこのまま物理離れが

進んでいくと、10年、15年後には現在の欧米と日本のような関係にならないと断言できますか。そういう危惧感を私は感じています。

山 田 数年前ですが全国理化研究会(岐阜大会)で、ある民間企業の方が講演でこんなことをいっておりました。高校でも大学でも教育方法の流行がいかに落ちこぼれをつくっているか、いわゆる低レベルの問題が欠如していると。今の日本がG N Pとか国際競争で頑張っているとかいうのは、そういうものを支えている年代が理科4科目必修時代の生徒だったわけですね。どうもそれがだんだんじり貧になってきている。

須 藤 当時の進学率は50~60%、現在は95%位になっている。4科目でよかったというのはそういう進学率の時です。今95%の生徒に4科目は無理がかかる。

北 村 やはり全体のレベルを引き上げるし、同時に子供達の能力に合った教育の必要があるのではないだろうか。上を伸ばすと同時に下の方も伸ばす教育をしなければならない。そこでそれにはコンピューターが必要になる。

秋 山 たぶん、そこへいくと思いました。

高校物理と入試について

秋 山 高校では受験に關係あるなしで授業態度にはっきりあらわれますね。

齊 藤 入試があるためにやっぱりニュートン物理をやらなければならないわけです。タイマーをやらなければならないわけです。本当に残念です。そうでなければもっと素晴らしい素材を用意して物理を展開できるのですが…。

須 藤 力学をやるには、やはりニュートンの三法則をおさえなければいけないわけですし。

座談会 物理教育を語る

斎 藤 そうですね。ところが今まで生徒が興味を持たないので。そこで私が一番やろうとしているのは、何かもっと違う素材で興味を持たせ、面白くやれないかと考えています。

石 上 北海道全体として、大学受験するためにそれなりのレベルを維持しなければならないのはどれ位なんでしょうね。

須 藤 数年前の調査では、物理を勉強して国公立大学へ進むのは、ごく僅かでした。

斎 藤 本校は受験生が多いので物理の選択者は余り変わらない。しかし北大が入試には理科1科目にした関係で物理を一生懸命学習するのが、今の半分になっている。

秋 山 私のところもそうです。

斎 藤 今の生徒は現実的ですから必要性に応じて勉強するわけですね。私達が国民的教養として必要といっても通用しない。まず大学に受からなければいけないと考えますから。

石 上 2科目から1科目になると物理が少なくて他の方へ流れるというのは何らかの理由があるのだと思います。物理は無難しいだとか、先入観なりが。そこを変えていかなければと思います。

斎 藤 その通りですね。興味を持たせるとか必要性をもっと説かなければいけない。また国民的教養として重要ということを教師がふまえなければならないなどいろいろあるでしようが、一番端的に言えるのが興味を持たせるということでしょう。

須 藤 ところで高校物理はとにかく受験だということで進められているのが大方の実情ですが、受験対策用の物理授業が、将来物理を勉強することに果して役立っているのだろうか。

斎 藤 私も疑問に思っています。何もニュート

ンのえたことが物理学の絶対的な基本と考える必要はないと思います。

山 田 物理の方向は2つあると思います。1つは自然を探究していく思考、もう1つは合理的で実用的な考え方、いわゆるノンサイエンティストのための物理という手法で、定量性には重きをおかず、論理の整合性としての物理です。

北 村 物理の場合、力学と電磁気学というのは平面幾何と同じで、いくらでも難しい問題を作ることはできます。しかしその問題を解くことによって本質的な物理の理解につながるわけではない。

斎 藤 私もそう思います。私も問題を作るときには数字的にいろいろ気をつかったりします。

須 藤 だから受験物理というのは、それほど科学的とは思えないですよね。ただ公式を使っているような側面が強い。

北 村 そういう意味で生徒の負担は非常に大きいわけです。ですから負担を軽減してやる必要があります。

共通一次と物理

司 会 この辺で共通一次の事についても少しお話しを出していただきたいと思いますが。

斎 藤 朝日新聞の天声人語によれば、共通一次を受けるというお子さんを持つ幸福な家庭は2割で、残りの大部方はスポーツに情熱を燃やすか、あるいはバイクかという具合だそうです。

須 藤 共通一次については、大学側が考える高卒資格試験として、一定の点数を取ればよいというものだけだったらいいと思うのです。

秋 山 それなら受験生の負担軽減になるね。

須 藤 6~8割とればいいというような具合ですね。

川 原 そうなると特別に共通一次の為の勉強はしなくとも済む。

加 藤 共通一次の科目選定に注文をつけるとしたら、例えば共一で理科1と物理を選択したら、二次ではそれ以外から選択するというやり方ならいいと思いますがね。今は2科目でやることになっているが、熱が入るのは1科目だけです。生徒はやはり現実的に対応してくるものですから。

川 原 共一の問題について気になることは、物理的内容として良問かどうかという他に、科目間の難易に気を配ってほしいということですね。受験生の学習努力に比例した形で得点が取れるような問題が必要だと思います。同じ理科の他の科目と同得点を取るのに物理選択者が学習に費すエネルギーは、私の学校の生徒に関して云えば、相当大きいわけです。

北 村 得点だけでなく、標準偏差、偏差値などから、どのくらいであるか見ればいいと思います。

川 原 共一で物理は他の科目に較べたら大きいですよ。

須 藤 共一は選抜試験にはなじまないし、高校での必修科目だけについて、高校卒の資格試験にするのですよ。

秋 山 そうですね。

北 村 これの火付け役はO E C Dの教育使節団です。そこで全国一斉の共通テストをやることを推めています。その中の必要条件として、大学と高校で半数づつのメンバーで運営するというのがあったのですが、それがうまくいかなかった。大学の入学試験だから高校の先生を入れるのはおかしいとい

う論理だったわけです。

山 田 高校、大学の先生が一緒に集まってやると高校の先生が発言しなくなるということはありませんか。

北 村 人によりけりでしようが必配ないのではないでしようか。

司 会 話は尽きませんが、今日一応ここで終えたいと思います。本日はお忙しい中お集まりいただきまして有難うございました。

※ 昭和59年6月に行われた座談会の一部を抜粋したものである。

ついでに書く

「教えることとは」

札幌南高校 木村有道

昭和56年よりこの春まで4年間、道南の離島の奥尻高校に勤務し、都会の大規模校では得られぬ貴重な経験をしました。

奥尻高校は2間口ですが島の人口が減り続いていることもあり生徒数160余名の小さな学校です。いつも定員割れなので学力検査30点台の生徒が入って来ます。分数計算 $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ のできない子は何人もいるし、一次方程式 $2X = 6$ は解けても $\frac{2}{3}X = 6$ になると解けない子はざらです。又7割が就職(残りが各種学校、短大等に進学)なので、何で“力と加速度”だとか“モル”だとか“地球の内部構造”だとかを勉強しなければならぬのか、彼等には勉強の動機がありません。

恥しい話ですが教師生活20数年、はじめて「教える」とはどういうことか「自然科学を教える」とは何なのかを真剣に考えました。平凡ですが、まず「わかる」たのしさをおぼえさせる、それには彼等の立場に立って教えるということだろうと思います。そしてこのことはどんな学校のどんな生徒に対してでも同じではないかと思いつつ、今全道一の高学力、進学校の札幌南高校の生徒に物理の授業をしています。

「先生、テスト！」

札幌南陵高校 陣内信

定期試験を採点して生徒に返す。翌月、前日欠席した生徒がやって来て、開口一番「先生、テスト！」

質問をもってやって来た生徒に、自分としては精一杯の説明をし納得させる。帰りぎわに生徒は一言「どうも」

先生「S (km) の距離を V ($\frac{\text{km}}{\text{h}}$) の速さの自動車ではした。かかった時間は何ほどか」生徒「割ればいい」

昼食時、用務員室にあらわれた生徒「答を忘れたんですけど」

「最近の若者の言葉はなってない」と評論家諸先生はいつの時代も言い続けてるそうですが、我々中老年の言葉にもあやし気なものが多々あります。会議で次の様な発言を聞いた事はありませんか? 「先ほどの○○さんの迎言った事は、これこれこういう事だと私は解釈しますが……」。「○○さんの迎言った事」は、他人に説明してもらわなければならないようなものか、何とでも解釈できるものどちらかです。どちらにしても論旨がはっきりしないものに違いありません。

生徒の言葉は省略しすぎ、○○さんの言葉は上述の通り論旨不明確です。人は、頭の中で言葉をつかって、ものごとを考えます。不正確な言葉を口にしていては、不正確な考え方しかできなくなってしまうのではないか。詩人は、もしかすると、言葉にはあらわせない何かを感じことがあるのかもしれません。しかし、いやしくも自然科学を志すものにとって、言葉にはあらわせない理解はあり得ないと思います。

「眼光紙背に徹する」態度で読むのは、文学作品や、政治的レポートに対する時は必要でしょう。自然科学のレポートを読む時は不要ですし、書く人も読者にそれを期待してはならないのです。私は必要にして充分なだけの言葉を話し、書けばよいのです。

(ここまで書いてきて、私は冷汗を覚えます、拙文は果して必要で充分なものでしょうか?)

言葉について関心がある方は、木下是雄著「理科系の作文技術」中公新書をお薦めします。

雪と氷と

千歳北陽高校 永田敏夫

覚えたてのゲレンデスキーに夢中になり、教員生活10年もものかわ、真黒な顔をしてゴールデンウィークの幕あけとなりました。北海道の冬は長いのですが、スキーのおかげで気にならなくなりました。元はと云えば、「我が子にスキーを教

えなければ」、「北国に暮らす子供はもっと雪や氷を好きにならなければ」とか思ったのが発端なのですが、自分の方が取憑かれてしまったようです。

冬好きは、前任校の留萌高校で物理部の研究テーマとして、雪氷を扱った辺りから始まつたのですが、今年は理化学協会の全国大会が札幌で開かれる関係で、札北高の齊藤孝先生から雪氷を教材化した実験テーマで氷の摩擦をやってみないかというお話を伺い、何年か振りで氷をすべらせてみました。簡単な生徒実験をするには、などと考えながらやつたのですが、氷をよく滑らせる環境づくりは意外と難しく春が来なければいいのに、気温が昇らなければいいのになどと思いながら、実験をやり直している間に春が来てしまい、残念ながらよく滑らない犯人を追い詰めるまでには至りませんでした。ただガラスと氷はなじみがいいという点にもっと早く気づいていれば労力が減らせたかも知れません。摩擦で融けるとばかり信じ込み、圧力で融ける効果を確かめるのが遅かったこともあったようです。また来冬の楽しみができました。

ところで、私の毎日の勤務で今最大のウェイトを占めている仕事は生徒会活動の指導で、これでは教師としては失格ではないだろうかと思うくらい心も体も奪われています。自主性、主体性、創造性といつてもいいかもしれません、そう簡単に育つ筈もなく、愚戦苦闘です。本校は入試のふいわけから考えると中学校の勉強はあまり消化されずに入学してくる子供が多いのですが、せめて遊びぐらい知恵を絞って力一杯やらないものかと思うのですが、無気力、無関心は当たり前としても、とても恥かしがり屋で、人のつくるワクばかり気にするためか、今ひとつパッとしません。それでも昨年の学校祭は、初の模擬店オンパレードで教員側のひんしゃくは買ったものの、壁新聞、凧上げ、バンド、ファイヤーストームのダンスと可成りの盛り上りを見せ生徒の自校嫌いが少しは減ったのではないかと喜んでいます。

札幌藻岩高校の山田先生の創造性開発の哲学の一端を拝聴して、实物に触れて、行動し体験を積むというのは、理科に限らず大切なと感じています。ただ、もう少し理科教育、物理教育に毎日

ウェイトをかけられれば、教科指導を大切にしなければと反省ばかりしている今日このごろです。
アンヌプリのロッジにて

学 会 ニ ュ ー ス

昭和60年度 全国理科教育大会北海道大会

期 日 昭和60年8月6日(火)～8日(木)
会 場 札幌市民会館
北海道経済センター

大会テーマ

「理科教育の充実と発展をめざして」

21世紀に生きる青少年に必要な理科教育はいかにあるべきか。

今後さらに進歩する科学・技術をささえる基礎としての理科教育はいかにあるべきか等の課題を取り組み、研究発表、研究協議が行われる予定です。以下物理関係分を掲載する。

※1 研究協議Ⅰ(理科Ⅰについて)

第3分科会 理科Ⅰにおける「力とエネルギー」

の内容と指導について

第7分科会 理科Ⅰの指導理念について
第8分科会 理科Ⅰの共通一次試験・大学入学試験について

※2 研究協議Ⅱ(理科全般について)

第11分科会 物理における「原子」の指導について
第14分科会 理科教育における教育機器の利用について
第15分科会 選択理科の大学入試について
第16分科会 新しい時代の高校理科教育のビジョンについて
第17分科会 地域性を生かす理科教育はどうあるべきか。

1986年物理教育国際会議への参加を♪

1986年8月24日～29日 於上智大学
(東京・四谷)

“物理教育の動向”

1. 物理教育の研究と授業における実践
2. 技術の発達が授業に及ぼす影響
3. 物理への学習意欲を増加させるには

国際純粋および応用物理連合の国際物理教育委員会が企画する物理教育国際会議は1960年から開かれていますが、上記のテーマでアジアでは初めての会議を来年開くことになりました。国内では日本物理教育学会が共催し、霜田光一選奨委員長の下に準備が進められています。高校および大学における物理教育が中心になりますが、今回はとくに、物理教育の研究成果を個々の教師の日常的な実践に役立てるようにすることが会議の主要な目的です。海外からは国際的に著名な物理教育研究者や教師が多数参加する予定です。日本における研究や実践を世界に向けて発表し議論するよいチャンスです。内容に興味がある方は、だれでも参加ができます。会議への参加者は、オブザーバーを含め450名の予定です。物理教育の発展のために、できるだけ多くの方が参加されることを願っています。

[テーマについて]

1. 生徒が物理現象についてもっている概念や、

思考過程および概念形成についての研究、教育評価の研究。また、人工頭脳の研究により発展させられた問題解決に関する研究等は、物理の授業に使用できる新しい成果をもたらしています。これらの成果を生かしたカリキュラムの作成や教育方法について議論し、個々の教師の実践に役立つようにする必要があります。

2. 科学や技術の急速な発達は、社会に大きな影響をもたらしています。変化が激しい社会で将来活動する生徒に対して、教育の目的や内容や方法はどうあればよいのでしょうか。また、新しい技術の成果であるマイコンやビデオ等を授業にうまく利用するにはどうしたらよいのでしょうか。実践的な研究を交流しあい議論する必要があります。
3. 近年、物理を選択する生徒数が減少してきています。また、従来のような物理の授業が成り立ちにくくなっています。この原因はどこにあるのでしょうか。生徒や学生が置かれている社会的な環境や教育条件の変化を考慮し、かれらが自然や社会についてどのように考えているのかということをよく理解する必要があります。そこから出発して、生徒や学生の物理への学習意欲を高めるにはどうしたらよいかを議論する必要があります。

1986年物理教育国際会議への参加を!!

(日程)

	9:00	12:30	14:30	17:30	19:00
				登録	歓迎パーティ
24(日)					
25(月)	開会 招待講演 討論 テーマ(1)(2)(3)の概要 一般講演	昼食 ポスターセッション 教材展示		ワークショップ 小グループ討論	
26(火)	招待講演 討論 (1)物理教育の研究と 授業における実践 一般講演	昼食 ポスターセッション 教材展示		ワークショップ 小グループ討論	科学映画 ビデオ
27(水)	招待講演 討論 (2)技術の発達が授業 に及ぼす影響 一般講演		昼食 見学		
28(木)	招待講演 討論 (3)物理への学習意欲 を増加させるには 一般講演	昼食 ポスターセッション 教材展示		ワークショップ 小グループ討論	晩餐会
29(金)	報告 討論 閉会 各ワークショップ、各セ クションのまとめ				

〔招待講演〕 P.J.Black (Chelsea College イギリス)、J.L.Scheartz (M.I.T. アメリカ)、V.M.Talisayon (Univ. Philippines フィリピン)、柿内賢信 (元国際物理教育委員 日本) 他多数の候補があげられています。同時通訳も行う予定です。オブザーバーとして半日だけの参加も可能です。

〔一般講演〕 各々のテーマに関する一般講演を公募して、招待講演と並行に行います。

〔ポスターセッション〕 ポスターの他、装置や教材。マイクロコンピューターのソフトやビデオの展示も予定しています。展示の参加を公募します。

〔ワークショップ、小グループ討論〕 新しいカリキュラムや教材、教育方法、テストや入学試験問題、手軽にできる実験、マイコンやビデ

オの利用、物理と社会、スポーツにおける物理等のテーマで行う予定です。

御意見、御希望、お問合せは下記宛にお願い致します。

物理教育国際会議運営委員長霜田光一 (慶應・理工)、事務局係原文陽児 (東学大・教育)、プログラム委員会江沢洋、大場勇次郎、近藤正夫、平田邦男、広井禎、藤崎達雄、笠耐 (上智大・理工)

(1985. 3. 29 笠耐記)



The International Commission
on Physics Education
I. U. P. A. P.
(International Union of
Pure and Applied Physics)

International Conference on TRENDS IN PHYSICS EDUCATION

SOPHIA UNIVERSITY, TOKYO, JAPAN
25th-29th August 1986

This conference has its origin in the need to make available to the classroom teacher the benefits which may be derived from the results of recent research in the teaching and learning of physics. Since the conference will be the first of its kind to be held in Asia, discussion of research concerned with the needs, interests, and abilities of students in both developed and developing countries will be an important aspect of the conference.

Topics to be discussed will include:

- * *Research in physics education and its implementation in the classroom*
- * *The impact of developments in technology on classroom teaching*
- * *The motivation of students toward the study of physics*

Recent research on such topics as student conceptions and alternate frameworks, problem solving, and assessment, has provided some new insights into these areas. There remains the problem of integrating these insights into curriculum design and into classroom instruction by the individual teacher.

Developments in technology have been changing our societies and the ways in which we teach physics in the classroom. There remains the problem of assessing the impact of these developments on the teaching of physics (purpose, curriculum, content, method...) and the problem of how best to use the new technologies (microcomputers, videodisks...).

The motivation of students is a continuing problem for education. As societal influences and conditions change, new approaches to the motivation of students are required. The generation of such new approaches requires a better understanding of student's perceptions of the world and their place in it. It also requires new strategies and tactics for the interactions of the students and teachers in the classrooms.

The conference will include sessions for critical reviews of the current state of research in the various areas, and formal presentations concerning the ways in which the results of research can be made available to and used by the classroom teacher. Small discussion groups and workshops will allow more detailed interaction among the conference participants, as will poster sessions and other individual contributions.

Further information about the Conference may be obtained from:

Professor K. Shimoda Chairman
Japanese National Committee
Faculty of Science and Technology
Keio University
3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku
Yokohama, 223 JAPAN

or
Professor R. U. Sexl, Chairman
I. C. P. E.
Institut für Theoretische Physik
Universität Wien
Boltzmanngasse 5
A-1090 Wien, AUSTRIA

or

Professor Tae Ryu, Program Organizer
Department of Physics
Faculty of Science and Technology
Sophia University
7-1 Kioicho, Chiyoda-ku
Tokyo, 102 JAPAN

or
Professor E. L. Jossem, Secretary
I. C. P. E.
Department of Physics
The Ohio State University
174 W. 18th Avenue
Columbus OH 43210-1106 U. S. A.

日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

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

第3条 本支部は、前条の目的を達成するために次の事業を行なう。

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

第4条 本支部は、事務所を当分の間、札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部内におく。

第5条 本支部の会員は、北海道在住の日本物理教育学会の正会員及び賛助会員からなる。

第6条 本支部に次の役員をおく。

1. 支部長1名、副支部長2名、支部理事若干名、及び監事2名。
2. 支部理事の数は、支部長が支部理事会の議を経てこれを定める。
3. 副支部長は、支部理事の中から支部長がこれを委嘱する。

第7条 支部長・副支部長及び支部理事は、支部理事会を組織し、支部長は支部会務を統括する。副支部長は支部長を補佐し、支部理事は支部の業務を分掌する。

第8条 監事は、民法第59条の職務に準ずる職務を行なう。

第9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

支部評議員の数は、支部長が支部役員会の議を経てこれを定める。支部評議員は支部理事会の推薦により支部長がこれを委嘱する。

第10条 支部評議員は、支部評議員会を組織し、支部長の諮問に応じ、支部の事業遂行について支部長に助言する。

第11条 支部役員及び支部評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

補欠による支部役員の任期は前任者の残任期間とする。

第12条 次期支部役員は、本支部会員中の次者の中から支部総会において選任する。

- (1) 支部理事の推薦した正会員
- (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員。

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

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

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

- (1) 事業計画及び収支予算
- (2) 事業報告及び収支決算
- (3) その他、支部理事会において必要と認めた事項

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

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

支部会誌「物理教育研究」投稿規定

1. 内 容

支部会員からの自由投稿及び編集部の依頼にもとづく寄稿によるものとし、内容は論説・研究・解説・報告等物理教育に関するものなら自由。

2. 原稿用紙の書き方

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

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

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

3. そ の 他

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

（060）札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学部工業力学第2講座内
日本物理教育学会北海道支部
電話（011）716-2111（内線6723）

昭和60年5月31日発行
日本物理教育学会北海道支部
第13号

編集責任者 川原圭二
発行（060）札幌市北区北13条西8丁目
北海道大学工学部工業力学第2講座内
日本物理教育学会北海道支部
電話（011）716-2111（内線6723）
印刷所 北海道文化社 電話（011）512-9737

新しいマイクロコンピュータ、新しいVAX

DECが新たに開発したMicroVAX Iシステムは、32ビットのパフォーマンスをマイクロ・パッケージでお手元に提供します。専用のリアルタイム・アプリケーションから小規模オフィス・システムや小規模ビジネス・データ処理まで、32ビットの計算能力を要するすべてのマイクロコンピュータ・ジョブを完璧にこなします。そのうえさらに重要なことは、MicroVAX IがVAXの持つ利点をも合わせ持っている点です。

最先端のソフトウェア構成

4ギガバイトの仮想アドレス空間をそのままにVAX VMSをモジュラー化した MicroVMS と、DECのUNIXオペレーティング・システム、MicroVAX ULTRIX を用意。また専用リアルタイム・プログラミングには、最新の多重タスク処理用オペレーティング・システム、VAXELN を採用。ビジネス分野では、日本語ワープロ機能や日本語電子メールを含む総合パッケージ ALL IN 1 も利用可能。数々のソフトウェアを集成した多層式のソフトウェア構成です。しかも MicroVAX I は、VAX 11 ファミリーと完全な互換性を確保。より大きなVAXシステムへの移行もスムーズに行えます。

北海道地区特約店

株北海道クリアパルス

■001 札幌市北区北16条西4丁目 吉江ビル
□ 011-746-8235



広帯域プリアンプ[®]

BX-31は、DC～150MHzの広帯域プリアンプです。

高速 立上がり時間は2.5nsと高速です。また、波形の伝送ひずみも極めて小さくなっていますので、ポックスカーリンテグレータのプリアンプとして最適です。

入力インピーダンス切換え 入力インピーダンスは50Ω、1MΩ切換え式です。また、別売りのプローブを接続することにより、入力インピーダンスは10MΩとなります。

低ドリフト、低雑音 直流安定度は、±20μV/°C、入力換算雑音は、5 nV/VHzと低ドリフト低雑音です。

オフセット機能 パネル面および外部電圧により、入力信号に重複している直流分をキャンセルできます。

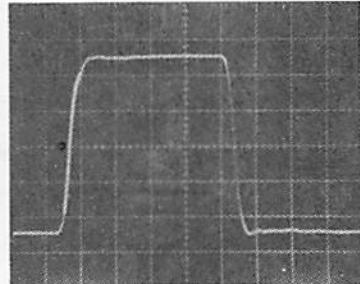
外部制御 利得、入力条件等は、外部制御可能です。また、コントローラなしで、1台のマスターに対し、最大13台のBX-31をスレーブ動作させることができます。

センサ用電源内蔵 PINダイオードなどのセンサ用に-5V～-50Vの可変バイアス電源を内蔵しています。また、オフセットをモニタできます。

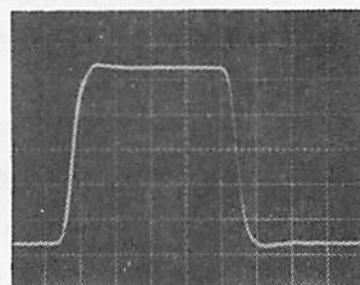
代理店

東京エレクトロン株式会社

方形波レスポンス



Input Impedance 50Ω Gain × 10



Input Impedance 50Ω Gain × 100

KRS 計測理研サービス株式会社

■001 札幌市北区北6条西6丁目
電話番号 747-0755

IS-11C

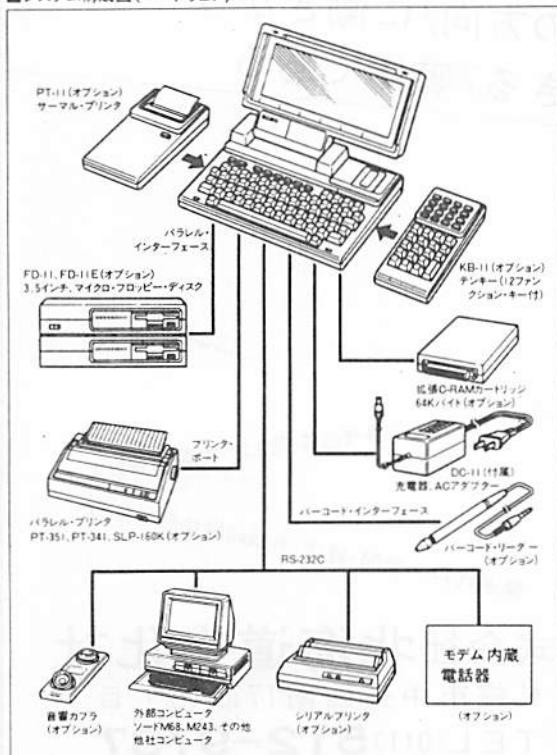


個人用に最適!!

専用ワープロと同等の機能、グラフィック機能を備えた
画期的なハンドヘルド万能コンピュータ

IS-11C

■システム構成図(ハードウェア)



本格派日本語 ワード・プロセッサ

文節単位で一気にかな漢字まじり文に変換できる文節変換、ブロック単位の削除レイアウト表示、外字作成、単語登録など強力な編集機能、画面のハードコピーもとれます。

強力な通信機能

音響カプラ、モデムを繋ぎ電話回線を通してデータ通信が可能。TSS、LAN端末機能、さらに他のコンピュータの端末機能も備えています。

あなた自身のソフトが すぐつくれます

新開発の“BARD”キットで、BAS ROMに書き込むことができます。

SORD

ソード株式会社北海道総発売元

株式会社ソード札幌

本社：〒001 札幌市北区北9条西4丁目7番4号
エルムビル7F TEL 011-736-6107

理化学用器械器具 硝子器具及計量器



有限会社 **サンプ久商会**

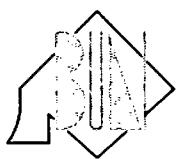
〒 001 札幌市北区北6条西6丁目

☎ 札幌 (011) 716-0448

宣伝は/人の思考と行動の方向/に働きかけ
印刷は/確実にそれができる/媒体である

印刷／教育ニュース・社内報・議案書・新聞・チラシ・パンフレット・ステッカー・各種伝票・記念誌・文集・自費出版

発送代行／新聞・雑誌・各種印刷物梱包発送

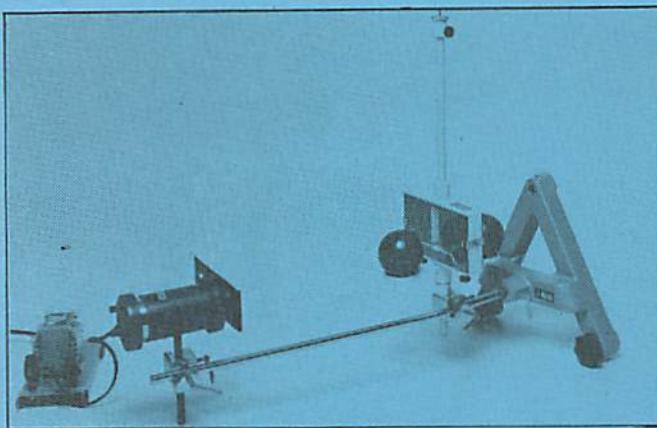


株式会社**北海道文化社**

札幌市中央区南17西10丁目

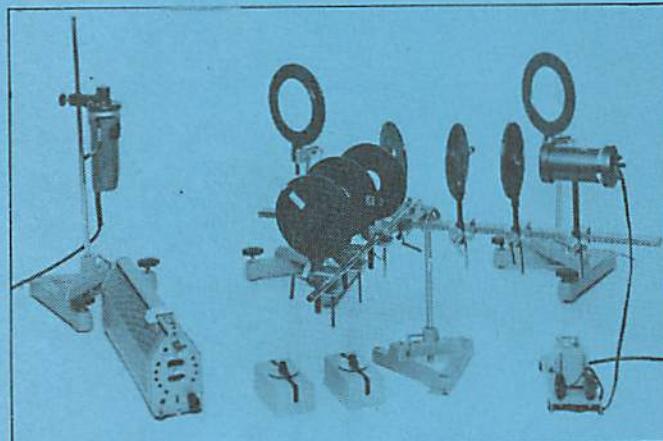
TEL(011)512-9737

ご存知ですか?この有名な装置たち



キャベンディッシュ万有引力定数測定実験装置

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



光の速度測定実験装置

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



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

熱原動機実験装置

カーフィルム実験装置

等電位線描画実験装置

電子ビーム偏向管実験装置

電子ビーム回折管実験装置

電界放出顕微鏡

ゼーマン効果実験装置

α 粒子の速度測定実験装置

放射線による電離実験装置

X線回折・プラグ反射実験装置

強磁性体の特性実験装置

ホール効果実験装置

強性振動実験装置

波動実験装置

マイケルソン干渉計

* 詳しいカタログを準備しています。
ご利用ください。

〒101 東京都千代田区内神田1-14-5 島津ビル
教育をとおして未来をつくる
島津理化器械

株式会社 コンドウ・サイエンス

☎ 064 札幌市中央区南16条西5丁目
電話 (011) 521-6132・511-0304

北海道支部理事会推薦の役員

支部長 宇島清雄 (北大理)

副支部長 奈良英夫 (道立教研)
勝不喜一郎 (宣工大)

評議員 福島久雄
八鍬 功 (北大工)
伊良原国雄
林正一
相馬純吉 (北大工)
佐伯豫一
秋山敏弘 (札幌高)

理事 小田島義 (北大工) 大井 (札角)
北村剛 (石狩高) 山口大雅 (経大)
吉田静男 (北大工) 佐々木
中野善明 (道崇大)
石上西幸 (札幌高) 川原亮二 (北大工)
川原亮二 (札幌高) 板栗節子 (札幌高修高)
飯田紀子 (國立札幌高師範附属高音楽)
朝倉利光 (北大応用研)
池田武修 (札幌工業高)
加藤誠也 (札幌西高)
斎藤孝 (札幌北高)
須藤悌次 (道立理科セミナー)
中川礼次 (厚高)
諸橋清一 (教養大九州)
中橋光重昭 (札幌南陵高)
北村正直 (北大工)
坂田義成 (札幌白石高) , 石田 (道崇大)

地方理事 鹿児茂 (函高東高)
豊云喜和 (函館工高)
中野俊明 (小樽工高)
松村熟 (名寄高)
山崎玄二 (釧路工業高)
山田忠彦 (北見柏陽高)
菊池仁 (岩星沢東高)
一戸宏利 (余市高)

委任状提出者

51名

現会員数

正会員 122名

賛議団体 4

各地若干名 (第一回理事会にて決定)