

千葉大学における物理学実験の現状と課題

The present status and the problems of the physical experiments in Chiba University

松田 哲*, 東崎 健一*, 岡本 邦人*, 河合 秀幸**

Satoshi MATSUDA, Ken-ichi TOZAKI, Kunito OKAMOTO, Hideyuki KAWAI

1. はじめに

千葉大学では平成5年度をもって26年間続いた教養部が廃止・解体され、教養部が担ってきた一般教育科目は千葉大学教育委員会の全学運営科目として再編成され、今日に至っている。平成6年4月新体制発足当初は旧教養部の教員が教養部時代の担当コマ数とほぼ同じ程度の授業を担当する事になった。当初はこの体制が軌道に乗るであろう3年後に内容の見直しと、この過重負担を見直す事になっていたが、今のところまだなされずに経過している。日々の種々な問題・雑事の中に埋没してしまったのであろう。この間全国の大学でも「大学設置基準大綱化」のかけ声のもと、カリキュラムの改変が一斉に行われ、一般教育の縮小・形骸化が進行^{(1), (2)}していった。しかしながら、幾つかの大学ではこの状況を改善すべく多大な努力が払われているのも事実である^{(3), (4)}。このような状況のなかで、自然系教員の担当してきた実験教育がどのような経過をたどったかを物理分野を中心として見ることにより、今後の千葉大学での実験教育のあり方を考える上で参考となることを願っている。なお、全国の各大学との比較のために、全国規模でのアンケート調査の結果である「基礎物理実験の現状と課題」⁽⁵⁾を参考にした。

2. 千葉大学・物理学基礎実験の現状

物理学基礎実験の現状を確認するために、旧教養部での自然系実験と比較をする。Fig.1は昭和53年(1978年)度

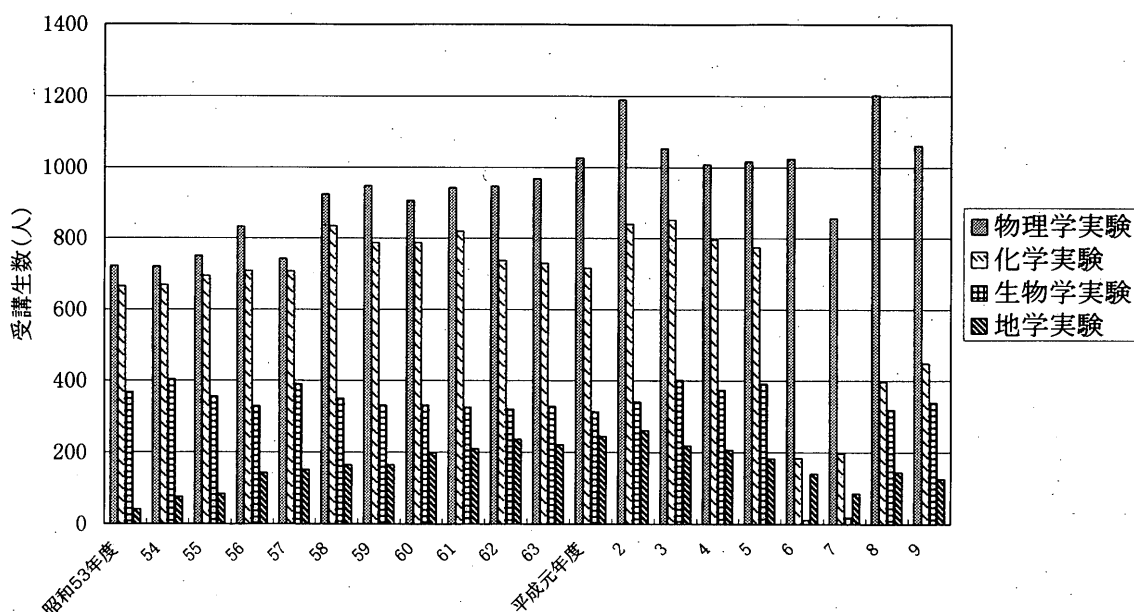


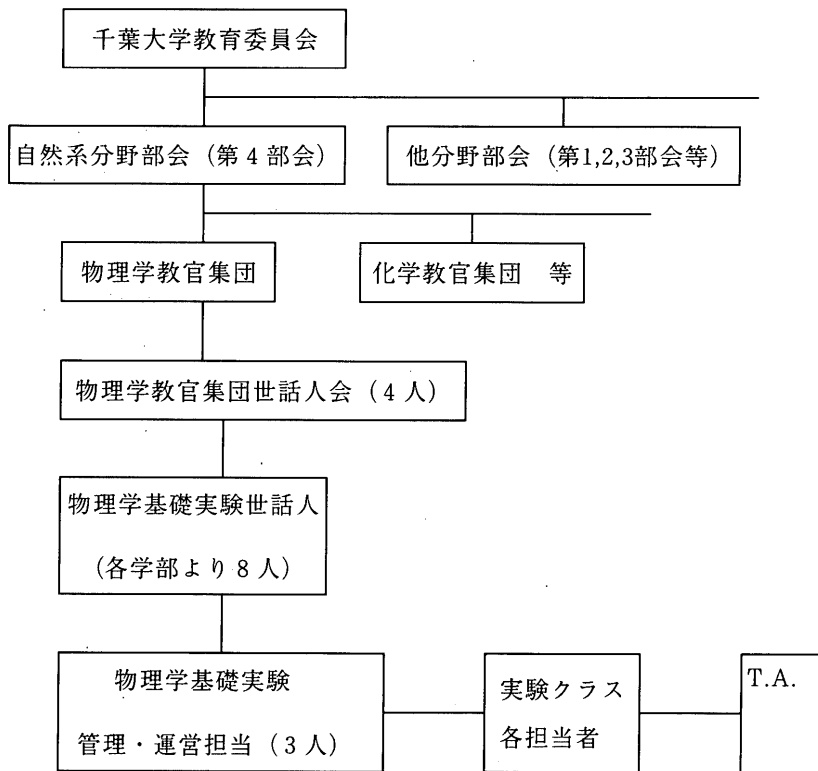
Fig.1 実験受講生数

* 千葉大学教育学部

** 千葉大学理学部

以降の受講学生数の変化である。比較のために化学実験、生物学実験、地学実験も合わせて載せてある。平成6年度が新しい体制で始まった年である。物理学基礎実験以外は激減している。この減少の原因は主に受講学生の所属していた理系学部がそれぞれの学部で行う専門実験だけでよいと判断し、全学運営としての基礎実験を取り止めたことによっている。平成8、9年度にこれらの分野の受講生数が増加している。これは各学部で行っていた専門実験を基礎実験に読み替えることによって生じた見かけ上の増加分である。さて、この減少した原因は種々考えられるが、一つとして、実験を責任をもって運営する組織を作らないまま、運営母体であった教養部を解体・分属させてしまったことによると考えられる。また、一般教育科目（現在、基礎実験は全学運営の専門基礎科目と呼ばれる分野に入っている）の必修単位数が減少したことによると考えられる。これら専門基礎科目は各専門分野の「教官集団」が講義・実験等の責任を持つことになっているが、寄り合い所帯であり責任と権限の所在がはっきりしないのが現状である。違った言い方をすれば、この改組は基本的には4年一貫教育が建て前である以上、各学部がそれぞれの学部学生の授業を担当するのが筋とすることになるのであろう。しかしながら、それでは立ち行かない学部があるのが実状なのである。

〔組織図〕



それでは、なぜ物理学（基礎）実験だけがこの混乱の中、受講者数も含めて維持・運営できたのであろうか。表1は平成9年度(1997年)の学部別物理学基礎実験受講学生数の比率である。

表1

文学部	法経学部	教育学部	理学部	医学部	薬学部	看護学部	工学部	園芸学部
0 %	0 %	14 %	60 %	94 %	78 %	4 %	72 %	16 %
入学定員 (名)		535	215	100	80	85	765	220
開講コマ数		3	3	1	1	1	9	2

* 教育学部、理学部物理学科、園芸学部では教職と専門科目として2単位必要としており、2単位目として物理学基礎実験Ⅱも開講している。上記開講コマ数はこれを含めている。

** 上記百分率は基礎実験Ⅰの集計である。

千葉大学入学定員2650名の40%が受講していることになる。物理学の中の一分野である基礎実験にこれだけの学生が集中しているのである。

それではこの実験を担当している教員数がどの様に変化したのかである。システムが変わったので一概には言えないが、平成5年度（教養部最後の年）教養部物理教室の教官定員は9人であり、全員で分担担当していた。また実験補佐として技術補佐員（時間パート職員）2人分を予算措置していた。平成9年度は3人の教員（旧教養部から2人と教育学部から1人）がもっぱら管理運営に当たり、他に旧教養部の教員4人と理学部・教育学部の4人が加わり実験授業を担当している。この他、当該受講生の学部学科から指導教員1人が出向して担当している。しかしながら、この当該学部の指導教員は毎年メンバーが変わることが多く、実質的には色々難しい問題がある。また大学教育委員会に強く要望した結果、技術補佐員1人（時間パート）を予算措置することができた（これでも改組前とくらべると1名減である）。また昨年度から大学院学生をアルバイトで実験補助者として雇うT.A.の活用ができるようになったが、実際の指導には難しい面があり効果は限られたものである。結果としては担当教員が当たらざるを得ないのが実状のようである。ただT.A.に関しては学部学生に対する指導補助より、T.A.（大学院生）の教育トレーニングという側面が大きいので致し方のないところである。このように実質的なスタッフは減少し、実験室管理等は3人で当たらざるを得ない状況にある。しかしながら、全学的に物理学実験の維持・継続の要望が強く、また千葉大学として物理学基礎実験は必要であるとの意志の確認が有り、曲がりなりにもやってこられたわけである。

実験予算については「物理教官集団」からの強い支援も有り、現在旧教養部時代の予算規模と同程度の校費を確保できている。しかしながら、経常的に毎年決まった額の予算が配分されるのでは無く、学生実験予算の大半はほぼ一定（減少傾向）で、これを実験系（物理学、化学、生物学、地学、数学）で毎年予算申請し分配している。そのため年度毎の予算の変動が避けられず、長期的な実験設備の更新・新テーマの開発等に支障をきたしている。また実験装置改善のために改組時から「概算要求」、「一般設備費」等を申請し続けているが、まだ認められていない。将来の事を考えた場合、今後予算措置がどうなるかもさることながら、この物理学基礎実験を継続していく後継者を育成できるかが大きな問題になって行くであろう。研究重視と業績主義が強まるなか、基礎教育である、学生実験という研究業績と直接結びつかない務めに熱意を持って当たってくれる人が、専門学部の中に出て来てくれるであろうか。後継者としての教員を採用するのは各学部なのである。

3. 実験運用と内容

物理学基礎実験は現在Ⅰ、Ⅱを用意しており、実験を2単位必要とする学部に対応してカリキュラムを組めるようにしてある。また当実験の運営は年間を5期に分け、週3日（火、水、金の午後）開講している。1日当たり3コマ分（6時間に換算）、5週（30時間）で1単位となっている。ちなみに、旧教養部では年間4期、週3日、1日3コマ、8週（48時間）で1単位であった。なお、工学部Bコースは夜間コースのため別のカリキュラムを用意しており、年間を2期に分け、週1日（水・夜）2時間15回（30時間）で1単位になっている。全体では年間延べ480時間受け持っている。

原則として学生は2人1組で実験を行い、その日のうちにレポートを提出する。レポート検査はレポート提出時にその場で教官と学生1対1でレポート内容について討論を行う。その結果問題点があった場合は再度書き直し、再実験をさせる事になる。一つの実験テーマについては1日で終了させる。

物理学基礎実験の内容・方式として2種類用意している。一つは循環方式の実験テーマ（21テーマ）、他は一斉方式の実験テーマ（10テーマ）である。循環方式のテーマは旧教養部で行われていた実験を引き継いだものであり、1テーマ3セット6名実験が出来るようになってきている。全テーマ使用すると126名収容出来る。一斉方式は改組後新しく開発したテーマ群である。1テーマ30セット用意されており、60名一斉に同じテーマの実験を行う事ができる。実際にはこの2つの方式を組み合わせ、実験を運営している。実験テーマと内容は表3、表4に示してある。現在、このような循環方式、一斉方式と異なった方式を並行して運営している大学は他にないようである⁽⁵⁾。

物理学基礎実験室の大きさは以下の通りである。

循環方式 1室 38㎡×9室 342㎡ (最大126名収容)

一斉方式 1室 188㎡ (最大60名収容) (生物学基礎実験室 (植物実験) と共同利用)

一斉方式の実験室は植物学の実習室であり、時間のあいているときに利用させてもらっている。このため実験机など物理実験として使用するためには適さない点があり、種々支障もあるが、共同利用のため致し方のないところである。

なお、参考までに物理学実験に関する全国平均値⁽⁵⁾と千葉大学の比較を載せておく。

表2

	全国平均値	分布のピーク値	千葉大学 (平成9年度)
年間受講者数	683名	200～399名	1,062名
実験室の面積	320㎡	150～199㎡	342㎡, 188㎡
学生1人当たり の実験室面積	3.1㎡	3.0～3.5㎡	2.7㎡, 3.1㎡
実験準備室	44.1㎡	20～29.9㎡	38㎡
担当教員の 延べ人数	20.6名	5～9名	10名 +16名 (担当学部出講者数)
学生一人当たり の経常予算	4471円	0～1,999円	6,300円

表3 循環方式のテーマ

1. ボルダの振り子
課題 重力加速度を測定する
2. 容量および自己インダクタンスの測定
課題 コンデンサーの容量, 自己インダクタンスをオシロスコープを用いて測定する
3. ダイオード・トランジスターの測定
課題 ダイオード・トランジスターの静特性および直流増幅率の測定
4. ユーイングの装置によるヤング率の測定
課題 金属のたわみを測定し, ヤング率を計算する
5. フランク・ヘルツの実験
課題 エネルギーの不連続性を測定しながら, 目で観察する
6. 弦の共振
課題 交流の電磁石を用いて鋼鉄線 (ピアノ線) の弦に横振動をおこさせ, その共振によって交流の振動数を測定する
7. 光の干渉・回折・偏光の実験
課題 He-Ne レーザーを用いて金属薄膜スリットの干渉・回折, 偏光, ホログラフィの実験をおこなう
8. ねじれ振り子による剛性率の測定
課題 ねじれ振り子の振動周期を測定し鋼鉄線の剛性率を測定する
9. ジョリーのバネばかりによる表面張力の測定
課題 バネばかりの荷重と伸びの関係を調べ, これを利用して水の表面張力を測定する
10. クントの実験によるヤング率の測定
課題 金属棒中の音波の音速, 振動数, 金属棒のヤング率の測定する
11. リサージュ図形を描く実験
課題 2重振り子を用い, 振り子の長さの比を変え合成周期運動を描かせ, 振動数の比を測定する
12. 電子の比電荷の測定
課題 電場, 磁場の影響を受け運動する荷電粒子に働く力, ローレンツ力を理解し, この荷電粒子の比電荷を測定する
13. ガラス・水・アルコールの屈折率の測定
課題 読取顕微鏡を用いガラス板, 水, アルコールの屈折率を測定する
14. 位相差検出による空中音速の測定
課題 導波管内で, 2点間の音波の位相差をマイクを使って検出し, オシロスコープ上にリサージュ図形を描かせ, 音速を求める
15. プラニメーターによる面積の測定
課題 与えられた図形の面積を測定する
16. プランク定数の測定
課題 3極型光電管を用い光電効果よりプランク定数を測定する
17. 論理回路
課題 デジタルICを用いて論理回路を組み立て, 与えられた論理式を証明し, 計算機の基礎を理解する
18. サールの装置によるヤング率の測定
課題 ピアノ線, 真鍮線の荷重と伸びの関係を測定し, その物質のヤング率を測定する
19. 電流による熱の仕事当量の測定
課題 電流によって水熱量計中に熱を発生させ, 熱の仕事当量を測定する
20. 比誘電率の測定
課題 LC共振回路を用いて, 空気と未知の液体の共振周波数を測定し, その比誘電率を測定する
21. ホイートストン・ブリッジによる抵抗の測定
課題 ホイートストン・ブリッジ回路を用いて, 与えられた未知抵抗を測定する

表4 一斉方式のテーマ

1. 計測・金属の密度	課題 ノギス、マイクロメーターの使用法を習得し、測定精度・誤差を評価する。これを用いて金属円柱（銅、アルミ）の体積、質量を測定し密度を求める
2. 等電位線の測定	課題 テスターの使い方を習得し、アルミ箔上での等電位線を測定し、描く
3. 固体の比熱および原子熱	課題 抵抗温度センサーを用いて温度を測定する。水熱量計を用いて混合法で固体（銅、アルミ）の比熱を求める。これとデュロン・プティの法則による値と比較する
4. トランジスタの特性	課題 テスター、電圧計、電流計の使用法、回路構成を習得し、ダイオード・トランジスタの特性曲線を求める
5. ボルダ振子による重力加速度の測定	課題 ボルダ振子の周期を測定し、重力加速度を求める
6. オシロスコープ	課題 オシロスコープの基本的動作を理解し、使用法を習得する。信号発生器、音叉を用いて信号を観察し、リサージュ図形から音叉の振動数を決定する
7. 共振回路	課題 並列・直列LC回路の周波数特性を調べ、共振周波数を求める
8. 光の実験I	課題 半導体レーザーを用いて光の屈折を測定し、スネルの法則が成立することを確認、プリズムの屈折率を求める。また、光の偏光についての実験を行い、光の強度をフォトダイオードを用いて測定する
9. 光の実験II	課題 回折格子を用い回折角度を測定し、格子間隔を求める。また単スリットの回折像の強度分布を測定し、理論との比較をし、レーザー光の波長を求める。
10. 弦の共振	課題 交流の電磁石によって鋼鉄線の弦に横振動をおこす。弦の張力を変え、弦の基本振動をする弦の長さとの共振周波数を測定する。これらをグラフに描き、波動方程式から求めた固有振動数との比較を行う

4. 結論と今後の課題

- ①今後、千葉大学での物理学基礎実験がどの様になって行くかは教員個人の熱意もさることながら、ひとえに大学の基礎教育に対する姿勢にかかっている。
- ②教養部という責任体制がなくなった今、基礎教育・一般教育を運営する責任所在・組織を明確にしなければ雲散霧消してしまいかねない。委員が毎年変わるような運営委員会方式では責任の所在がはっきりしなくなっている。
- ③現今、一般教育という言葉はまさに前世紀の遺物となってしまったかの観がある。しかしながら、本当に無意味な教育であったのか。一般教育としての物理実験も有り得るのではないか。専門基礎教育だけに捕らわれずに考えてみる意味も有るのではないか。
- ④物理学基礎実験に熱意をもって運営してくれる教員をどの様にしたら採用できるか。もしこれが望めない場合、どのような運営形態にしたら基礎実験を維持していくことができるのか、考えなければならない。
- ⑤最後に、改組後新規に開発した一斉方式の実験（表4）について考察する。

長所 ・実験の説明に時間がかけられる

- ・実験装置を示しながら説明ができる
- ・実験の進行に合わせて説明、質問、理解の確認ができる
- ・T.A.にとって実験指導がやり易い
- ・メインテーマの他に、いくつかのサブテーマを適宜入れることができる

短所 ・使用装置、テーマに限られる

- ・装置の移動、運搬に手間がかかる
- ・保管するための広いスペースが必要
- ・1テーマの台数が多いため設備費用がかかり、テーマ数を多くできない
- ・広い実験室が必要

循環方式，一斉方式いずれも長短があり，現在は実験クラスの学生数（クラスサイズ）と担当者の希望によって選んでいる。一斉方式では実験室の広さもさることながら，目の届く範囲として，60名位が実験の出来る限界のように感じている。ところが，学部学科によっては100名位で実験せざるを得ないクラスもあり，循環方式で実験をやらざるを得ない状況でもある。また循環方式ではいろいろなテーマの実験を経験することができるという大きな長所もある。今後はこれらの長所・短所を検討し，よりよい方式を開発したいと考えている。

最後に千葉大学物理学教官集団主任の夏目雄平先生，前主任の山田勲先生に多大なるご苦勞をお掛けしたことを心より感謝申し上げます。またお一人ずつのお名前は失礼致しますが，物理学基礎実験世話人の先生方に御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 柏村 昌平，大学の物理教育 95-3 (1995)10.
- (2) 矢吹 貞人，大学の物理教育 97-1 (1997)32.
- (3) 直江 俊一，大学の物理教育 97-2 (1997)14.
- (4) 市村 宗武，大学の物理教育 95-1 (1995) 3.
- (5) 近 桂一郎 他，大学研究(筑波大学大学研究センター) 12 (1993)127.