

パーソナルデスクラボによる実験教育の展開

—新機器開発による少人数一組・一斉実験教育の実現—

千葉大学 理学研究科 中山隆史

千葉大学では、さまざまな既修歴で入学した学生が、現代科学の基礎である物理学に興味を持ち科学教育への出発点を形成するために、独自の学生実験プログラム（パーソナルデスクラボ：PDL を使った少人数一組・一斉実験）を開発してきた。PDL 実験は少人数一組の実験なので、自らが手を動かす体験を通し、考え理解を深められると共に、受講学生全員が一斉に同じ実験を行うので、きめ細かい指導を受けることができる。経費やスペースが必要な本実験教育方式の困難は新機器（PDL）開発により克服できる。本取組事業では、PDL 型の新実験テーマをさらに開発し教育内容の高度化を図ると共に、PDL 実験教育方式を他大学等に提供することを計画している。本実験方式は、実体験不足がもたらす学生の理科離れの現状を乗り越え、将来の科学研究・技術者を育成するだけでなく、文系も含めた多くの学生に科学への理解・信頼を確実な教養として教育するツールになると考えている。

1. 背景と目的

現代社会は、コンピュータ・AV 通信機器など科学、特に物理学と基礎とした多くの技術に支えられている。しかし、私達の日常生活や高等学校での実験教育では、科学に触れる実体験機会はむしろ減っている。この状況は、学生の理科離れの一因になり、科学技術立国の日本にとり極めて遺憾なことである。将来科学を担う研究技術者を育成するだけでなく、理系文系を問わず社会に巣立つ多くの学生に、「科学的なものの見方」や「科学に対する正しい理解」を教育することは、現在の大学の教養科学教育に課せられた重要な課題と考えている。

学生実験教育は、体験型学習であり、学習意欲を生み、記憶が定着しやすい等の効果に優れているため、教養科学教育に最適である。ところで千葉大学は、理系文系合わせて9学部を有する総合大学であり、入試科目の多様化に伴い様々な履修歴の学生が入学している。そこで

我々は、こうした学生にも対応できる物理実験教育プログラムを模索・検討してきた。そのプログラムでは、図1に示す3つの条件が必要と考えた。つまり、(1)学生1人ひとりが自ら確実に手を動かし考察し議論できる体験型実験であること、(2)教員が個々の学生にきめ細かな指導を行うことができその教育効率も高いこと、更に(3)低コスト、省スペースを実現すること。これらを実現するために、本取組の「パーソナルデスクラボ(PDL:机上組み立て式個人実験装置)による実験教育」を開発し、実施するに至った。

2. PDL実験教育の特徴

＜実験方式としての特性＞

実験教育は一般に、学生1人ひとりにかかる指導時間や、実施スペース、費用（初期設備経費、経常費）などが講義に比べ格段に多く、これら制約のために指導できる学生数や指導内容には自ずと限界がある。例えば、ビデオを用いるなどの「演示実験」は多くの学生を対象にできるが、学生個々人が現物を手にして実験を体験するというものではない。また物理実験では装置数が限られるために、1つの装置を多人数の学生が囲み同じ部屋で「一斉実験」を行うことが従来多いが、この場合、ひとり一人が確実に体験できることは少ない。一方、学生がいくつかの部屋に分かれて別テーマを「併行実験」すれば、1テーマの装置数が少なくても学生は体験実験ができるが、実験室が分散するので教

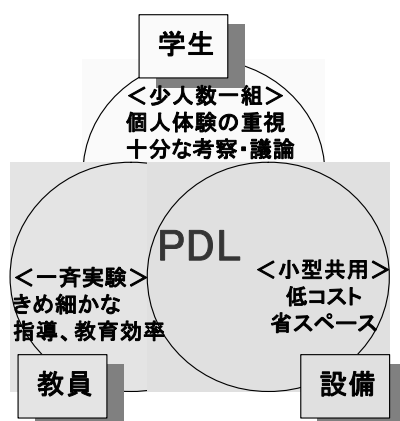


図1. パーソナルデスクラボ(PDL)を用いた実験教育が目指したポイント。

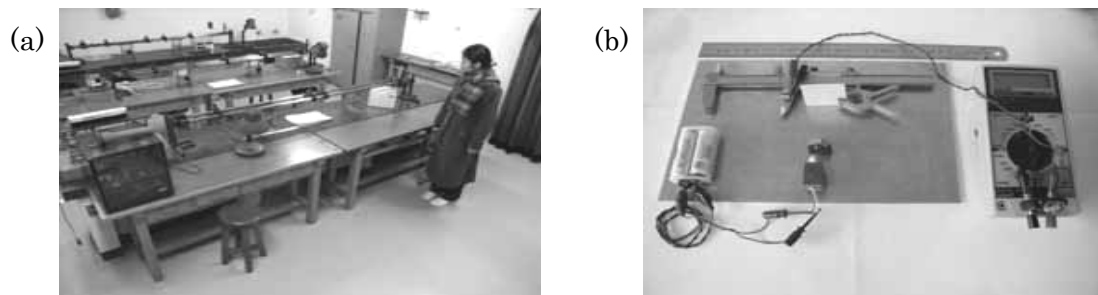


図 2. (a)従来の光学実験装置（数mの実験机と装置）、(b)同等機能を持つ PDL（A4 サイズ）

員の適時指導は行き届かず、テーマ順序もバラバラで学習の系統性・深さに限界がある。

これら従来の実験方式の限界を打破した理想的な手法が、本取組の PDL を用いた実験教育である。PDL はコンパクトな実験装置であるため、実験における少人数（1，2 名）での確実な体験と、同じ実験室での落ち着いてきめ細かい教育指導を両立させることができる。

＜実験装置としての特性＞

PDL の最大の特徴は、実験装置が小型という点である。例として図 2 に、従来型の光学実験装置と、それと同等機能を持つ PDL を示す。PDL は従来装置の約 1/30 の大きさで勉強机に乗るために、ひとりが 1 台の装置を使って体験実験することが可能となる。

この小型化は現代の新素材・機器の採用で可能となった。例えば光学実験では CD プレーヤーの中に使われている半導体レーザーを用いる。日常生活で使われながら触れる機会の少ないこうした科学技術の産物を、学生は直に手にとって触れることができ、現代科学技術への理解を得ることが可能となる。

一方、開発した PDL はブラックボックスではない。機能毎に分割された部品で出来ているため、学生は自分の手で組み立てるので、実験装置の仕組みを的確に把握でき、学習内容への興味

や理解が深まると共に、組み立ての満足感も得られる。また小型・部品化は、複数の実験テーマへの共用化による部品点数の削減や故障率の低下をもたらし、設備費用の低減という学生実験が抱える別の困難も解決する。

＜教育手法としての特性＞

PDL を用いた実験教育は、全く新しい教育環境を実現させる。図 3 に示すように、ひとり一人が 1 台の装置で実験を体験しながら、小型であるために多数の学生が 1 つの実験室で授業を受けることができる。そのために、教員は実験内容の講義や指示、注意、学生からの質問の受付などを適時行うことができ、教員と学生との活発なやりとりにより学習効果を高めることができる。つまり、あたかも「勉強机が実験室に早変わり」といった教育環境をつくり、「講義と実験の融合」した教育空間が実現される。

また、PDL を用いることで可能となる「講義と実験の一体化」は、さまざまなレベルの実験教育を可能にする。図 4 の囲み a に示すように、現象に触れる実験までを実施すると、文系学生を対象とする初歩的な実体験重視の「導入実験」として運営することができる。さらに、囲み b に示すように、数値解析を行い理論予測と比較することにより測定原理や法則を理解でき、物理を専門としない理系学生に対する「理解型実験」として用いることができる。さらに進んで、囲み c のように、進んだ複数の課題を設定し、自ら工夫し部品交換を行い実験すれば、長いストーリーの展開が可能となり、深い理解や発見の喜びが得られ、物理を専門として必要な理系学生に対する「発展型実験」まで行うことができる。このように、多様な学部や多様な学生のレベルに合わせた実験教育を実現することができる。



図 3. PDL 学生実験の風景.

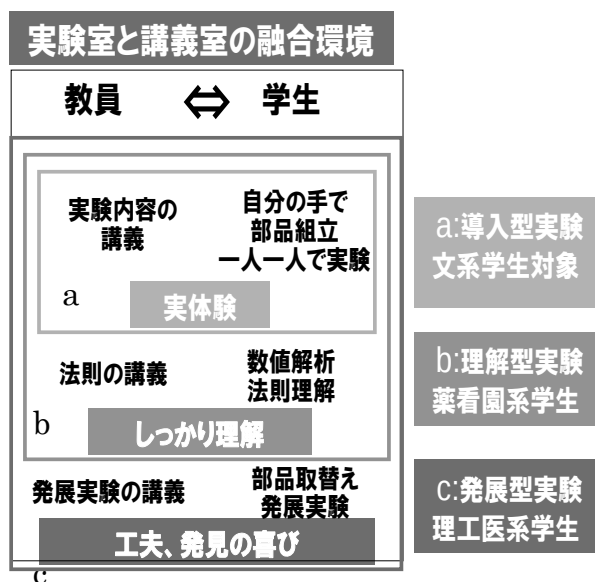


図4. PDL 実験が可能にする様々なレベルの実験教育。

3. PDL 実験教育の過去・現在・未来

<取組の経緯>

1994 年から、物理系の教員が中心となり、「実体験」重視の実験教育の検討、PDL 装置の開発、その試運用を始めた。2000 年からは、教科書を作成し、理学部・教育学部の約 100 名の学生に PDL 実験教育を始めた。同時に新 PDL 装置の検討・試作も行い、現在では 4 テーマの PDL 実験（光学実験 3 + 電位実験 1）を実施している。学生アンケートによると、視野がかなり広がった、大変満足であった、との評価を概ね受けている。また教員からも、1 つの実験に集中でき、新人教員でも担当しやすいとの意見を得ている。本 GP 事業では、(1) 新テーマ・新装置をさらに開発し実験教育の高度化を図ること、(2) H20 年度から文系も含めた受講学生約 1,100 名の学生実験に PDL 実験を拡大展開すること、(3) PDL 実験手法を国内外に情報発信すること（図 5 参照）を進めている。

<取組の組織>

千葉大学では、2004 年の教養部廃止後、全学物理系教員約 100 名で構成する物理学教員集団を組織し、教養課程物理学教育（物理学基礎実験：約 1,100 名受講、講義・演習：約 8,000 名受講）を責任をもって担当している。特に集団の組織化は、FD や総会の実施、コマ数の増大や教育内容の策定を可能にし、部局の人事計画によらない安定した教育を提供可能にしている。

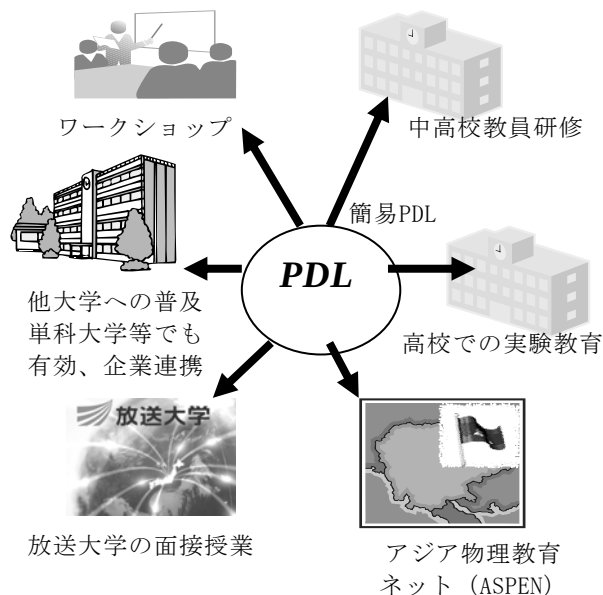


図5. PDL実験教育の普及計画。

本取組を展開する物理学基礎実験では、物理学を専門とする理学部・教育学部の教員と受講学生の学部の教員がペアとなり教育にあたっている。このため、水準の高い教育と多面的な評価が提供できると共に、自部局学生の学習状況の把握や専門教育へ向けての配慮が可能となっている。また TA、技術補佐員を採用し、きめ細かい指導に留意している。

<取組の展開>

本 GP 事業が始まった H19 年度は、GP の支援を受け、若手教員を中心にして、新規 PDL 装置の量産、教科書作成、文系クラスへの試行、FD 等を行い、H20 年度からの 1,100 名規模の運用に備えている。H20 年度以降は、学生・教員へのアンケート等、および学外からの意見を得て、拡大した場合の系統的な評価を行うと共に、さらに新規 PDL の開発量産、ノウハウの確立を行い、本取組の充実化を進める。

本 GP 事業では、図 5 に示すように、放送大学の面接授業への協力、高校教員の 10 年研修、アジア物理教育ネットワークへの協力、ワークショップの開催をとおり、PDL を用いた実験教育方法の情報発信・普及も予定している。最後に、PDL 装置は小型で安価であるため、スペースや経費、スタッフの制約のある小規模・単科大学等における実験教育の活性化にもおおいに参考になると考えている。

<本取組に関する連絡先(HP)>

<http://gp.pdl.chiba-u.jp/index.html>