

問題設定型光科学教育プロジェクト

米田仁紀^{*}, 植田憲一^{*}, 鈴木勝^{**}, 島田宏^{**}

Initiatives of Attractive Education in Graduate Schools in UEC —Elementary teaching laboratory in optical science education project—

Hitoki Yoneda, Ken-ichi Ueda, Masaru Suzuki, Hiroshi Shimada

Abstract

In this paper, I would like to introduce our education program for students in the course of optical science. I concentrate on the so-called Elementary Teaching Laboratory program (ETL) which began in 1996 in Institute for Laser Science of University of Electro-Communications and has been supported from 2005 by Initiatives for Attractive Education in the Graduate Schools of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan. In the ETL the graduate students (Instructors) make their own program to teach undergraduate students (Attendees). During the development of each experiment, the graduate students notice that they need broad knowledge related to their experiments in order to explain the experiment to the students attending the program. In addition, they need a simple introduction to start the program for the attendees. Such considerations give a new motivation for study and investigation to the graduate students because they feel they are the "teacher". In comparison to the usual teaching assistant position in the university, the teaching students have responsibility for designing the experimental program. They are also asked to write their own (small) textbooks.

For undergraduate students attending the experiments, they learn brief introduction of one topic for one experiment and they learn how to work with some experimental tool like a high power laser, precision optics, measurement method, and so on. Unlike normal university course, many attending students feel they want to be a "teacher" with their own style in future.

After 10 years' experience, this program has been chosen as an official university program. At this time, we have changed the ETL program a little. The improvements are 1) The teaching students are requested to develop a more original program. 2) We extend the opportunity to attend this program to workers in the optical industry. In addition the teaching graduate students now receive two credits after finishing the development of their program and teaching the students.

2. はじめに

1-1. ETLプログラム その始まりと発展

電気通信大学レーザーセンターでは、1996年から、新しく研究室に配属された卒業研究生を対象に、創造力開発実験プログラム(Elementary Teaching Laboratory; 以下ではETL)というものを行ってきた。これは、それ

までの学部授業だけでは十分な光学の知識、経験を得られなかった卒業研究生に対し、基礎的な光学知識・実験経験を持たせる目的で始めたものである。研究室での研究が高度なテーマになればなるほど、新しく入ってきた学部学生との間にギャップができ、初歩の部分を経験させることができないジレンマが起きていた。また、レーザーそのものも、どのレーザーも開発段階、研究段階で

Received on October 11, 2006

^{*} 電気通信大学レーザー新世代研究センター

^{**} 量子・物質工学専攻

あり、中身を知らないと動かない装置から、キースイッチをひねると安定に光が出てくるブラックボックスの製品が増えてきた時でもあった。これらの問題を、光科学研究・教育の現場にいた我々は、痛切に感じ、対策のひとつとしてETLを始めたわけである。実は、レーザーセンターでは、それよりも前に、レーザーを通しての教育を若い次世代の人たちに広めていく必要を感じ、夏休みを利用した高校生向けの実験演習なども企画したことがある。また、米国スタンフォード大学応用物理学科におけるユニークなプログラム(ATL(Advanced Teaching Laboratory)最先端な研究を外部の研究者の教育のために大学内で行う)などの情報もあって、これらの状況、情報が、日ごろから研究につく学生の意識や技術を高めるニーズと重なって、一気に試行まで漕ぎ着けた感じであった。

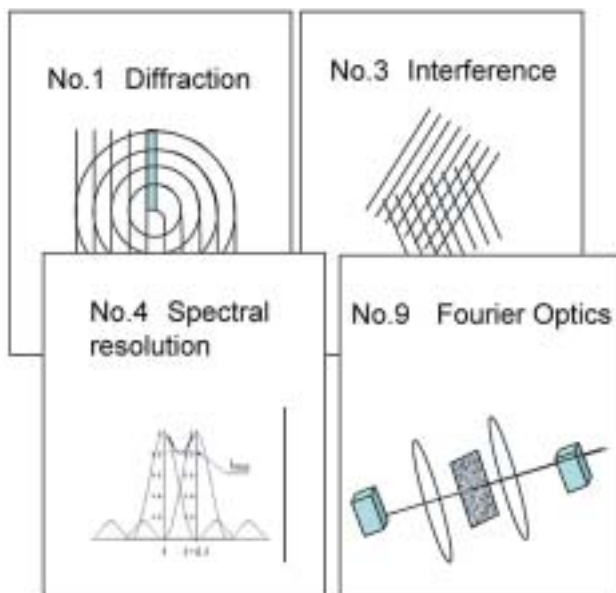


Fig.1 初期ETLでプログラム選択のためにインストラクタ学生に提示されたテーマカード。このような原理を示すような図とタイトルが書かれたものを用意し、それをインストラクタに瞬時に自分の興味と照らしあわせて選択させ、テーマを決定するプロセスをとった。その後のテーマに沿った実験プログラム開発では、自由な発想のもとで、これに関する実験を考案させ、それをを用いて学部学生を教えることを行った。

このプログラムでは、学生の意識を高めるために、いくつかの試みを行った。まず、当時は学生が教育でサラリーをもらえるなどありえない状況であったが、委任経理金などを駆使して、一人当たりわずかではあるが、“給料”を払った。これは、インストラクタとなる教える側の学生に、「お金をもらう以上、君たちはプロである。その意識を持って望んでもらいたい。」というメッセージであった。一方、運営の仕方にもいくつかの新しい試みを行った。インストラクタは、(1)テーマ選択、(2)実験考案、(3)実験準備、(4)教える、という過程をとる。初期では、HechtのOPTICSという本

を対象とし、この中で、スタッフ役の学生(当時の博士後期課程の学生)とともに、テーマを選び、簡単な1枚のシートを各テーマごとに作成した。それは、Fig.1に見られるように、テーマ名とそのテーマを表現する写真または図が1枚表示されているものである。このカードを並べて、インストラクタに選ばれた大学院生を集め、自由に選択させたのである。選ぶ方としては、もちろん、中身が瞬時にわかるわけでもなく、単に絵などの直感のみで興味あるものを早い者勝ちで選ぶことになる。その後、インストラクタの学生は、自由に発想をめぐらせて、実験演習テーマを考える。この間、多くの知識を必要とされたい。ここでは、自分のために勉強をすればいいというだけではない。自分が下級生に分かりやすく教えるなければならない。また、実験もいいものを考えなければならない。自分たちは研究室の先輩でもあるので、できればいい実験を行いたいと思うのは普通である。さらに、年代が進むと、すでに前の先輩がやったことをするのは、芸がないと思う傾向も出てきた。このあたりのインストラクタの気持ちは、ETLで行われるプログラムを常にリフレッシュさせ、さらにインストラクタにとっては知識や思いを高めるいいモチベーションとなっており、これが受動だけではない新しい教育になっていたのだと思う。

一方、受講する側には、一切の予習、受講後のレポートなどない状態で実験に集中させた。何しろ毎日、夕方6時になると、どこかの実験室に行って実験を1時間30分~2時間するのである。それも、入れ替わり立ち代り。否応でも、レーザーや光学の実験に直接触れる機会があつという間に多くなる。テーマ数が10を超える時もあったので、途中の予備日も入れると約3週間、このような実験が個々の研究室で行われているゼミなどと並行して起きる。それにともない、議論の仕方、質問の仕方も覚えてくる。また、1回1回、インストラクタは、自分なりのテキストを用意してくる。先生が書いたのではない、ほぼ同年代の人間が、そのテーマについて自分の言葉で説明しやすいように書いたものである。受講生がわかりにくいわけがない。それが、だんだんと蓄積され、終わるころにはバインドされ1冊の本に近くなる。それと同時に、受講生には、10数回の光学・レーザー実験を経験した自信のようなものがついてくる。そして、中には、来年自分がインストラクタになったら、こうしてやろう、そういう思いが出てきている学生もいる。これが、ETLが行ってきた、もう片方の“教育”方法である。(Fig.2)

このように、ETLでは、受ける方、教える方の双方に教育効果が望める。このような考え方は、以前から無いわけではないだろう。しかし、実際に実行しすでに学生の間で通常のルーティンワークとして認識されている

ことが重要であろう。このために必要であったことはなにか？主観になるが以下のような要因が必要であったように思う。

- (1) インストラクタとなる学生が、自由にプログラムを短期間で開発できるように、周りの協力があること。これは、教員だけではない。その学生が所属する研究室での他の学生の協力も重要である。参加している研究室全体が事態を把握して協力体制になっていることが不可避である。幸い、電通大の光科学グループ、レーザーセンターでは、光科学研究をスタートする際の前述した問題を少なからず共通認識として持っている。
- (2) インストラクタへの要求事項を明らかにすること。具体的には、以下のことを要求している。
 - 1) テーマを考えられる自分自身の開発した実験プログラムを作る。
 - 2) 自分自身の言葉でテキストを書く。
 - 3) 実験は1時間30分～2時間で終了するようにする。
 - 4) 極力、受講生に手を出させる。受講生に疑問を浮かばせるようにする。
 - 5) 毎回、同じ実験である必要はない。
- (3) すべての受講生が、いい実験結果、最終的な目標とする実験結果を得る必要はない。結果を出すために急ぐ必要はない。
- (4) インストラクタが教えられるプログラムを開発できるように、教員は黒子に徹しても、研究室を超えてでも協力する体制をとる。例えば、学生の中にはどうせなら自分の研究とは別のこともやってみたいと思うこともある。また、学会誌に発表された中ですぐにやってみたいことも推奨した。その場合に、その要求に対処できるように体制をとっている。
- (5) 実験に必要な器具を早急にアイデアに応じて用意できるようにする。インストラクタの学生は、論理立てて確実な方針でプログラムを用意するわけではない。その間も試行、場合によっては失敗も起こしながら教える実験テーマを考える。そのためには、自らがすぐに手を出してやるのが重要である。そこで、各研究室の協力を得て、実験場所の確保、実験装置・器具の確保を迅速に行うような体制をとっている。例えば、計算機光学をテーマにした場合には、様々な研究室から、その時に借りれるコンピュータを探し、パーティションで区切った部屋に臨時的な計算機ルームを作る。当然、ラップトップあり、デスクトップあり。OSのバージョンも様々だ

ったりするが、そこそこできてしまう。ETLの期間が終われば、また、研究室に戻ることは理解されているので、パソコンに限らず、スベアのパーツなど集散は効率的に行えるようになってきている。中には、光学メーカーに事情を話して超特急で納品してもらったこともあった。このような、あらかじめ周到に準備されていない状況からの立ち上げも、それを経験したインストラクタの学生には、大きな経験となっているのだと思っている。

- (6) インストラクタとなる学生は以前にETLを受講した経験を持つこと。これは、絶対ではないが、このような経験を持っていることは、スムーズな運営、開発に重要である。分野や参加する研究室が増え、そこからインストラクタになると、その時は初めてになるが、次からはすでに広がりを持ったまま軌道にのりようになる。つねに次のインストラクタ候補を育てながら運営されているのである。レーザーセンター内では、4月になると、今年のインストラクタは誰だ？いつから始まるのか？などと学生の中にすでに話が持ち上がってくるようになる。

このようにして数年後には軌道にのったETLは、その後、最新の学会誌の中からテーマを選んで作らせたり、外部の人を受講させたりできるようになってきた。すでに、このころからテレビなどの取材が来たり、科学技術振興財団からこのシステムそのものに対して講演依頼が来るようになった。これは、後に日本科学未来館の実験工房という体験型科学プログラムに発展していった。

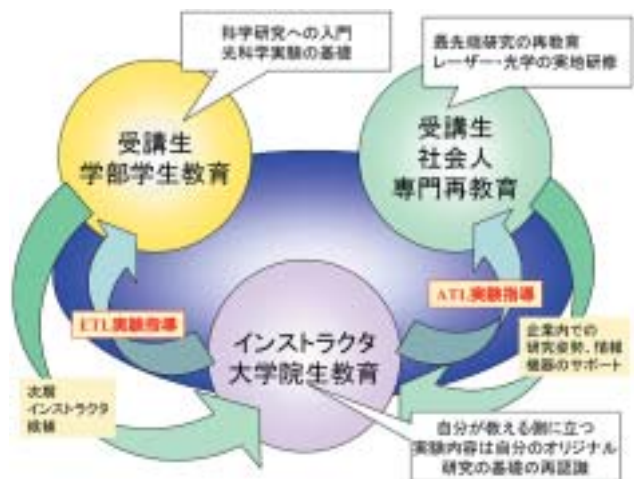


Fig.2 ETL、ATLの全体像。インストラクタとなる大学院生を中心に、学部学生は光科学分野の研究を開始するイントロダクションを自ら手を出す実験プログラムにより行うことができ、すでに光科学分野に従事している社会人にとっては、新たな事業の方向性を探る、基礎を研修する目的で使用することができる。一方、教える側のインストラクタ大学院生には、他人に教えるほど知識や考え、技術を持たなくてはならず、それが大きな教育効果を生んでいる。

1-2. 得られた結果、経験

1996年から行ってきたETLで得られたことは、我々に多くの経験とアイデアを与えてくれた。特に、インストラクタ学生、受講生を対象に行ったアンケート調査などでは、様々な問題点とともに、対象者を外部に向けて拡張する、テーマをさらに拡張、高度化させる上でも大きな自信となっていた。アンケートの1例をFig.3に示してある。

これらと、学生を普段から見ている教員などの意見をまとめると、以下のようなことが明らかになったのだと思う。

- 1) 教えることによるインストラクタの教育効果は高いものがある。
- 2) 受講している学生にとっては、レポートなどない状態でも、集中した実験演習を行わせることで、十分実験自身を楽しんで経験できる。
- 3) 受講した学生は、インストラクタの完全ではないことを理解している。また、それをもとに、自分が行った場合ならこうする、という仮定の思考を行う場合もある。
- 4) 与えられたテーマに対して、実験を構築する場合に、完全に独自で開発できる学生と、教員などとの相談の元で考案する学生、ある程度強いガイドラインにより達成できる学生、まったく思考が進まないでドロップアウトしてしまう学生、が当然現れる。
- 5) 一度このインストラクタをこなした学生は、さらに相手が高い研究レベル、専門性の高い実験テーマであっても、インストラクトできる自信がついてくる。などである。また、いくつかの発展への方向性、問題点も抱えながらやってきた。それらは、
 - (1) 実験装置が固定された分野では、テーマが前年の模倣に近くなってしまい、対応するインストラクタの個性が出にくくなる。
 - (2) 実験装置はスクラップアンドビルドを基本としたために、5月～6月前後にしか利用できず、それ以外の時期に外部からの受講生を受け入れがたかった。
 - (3) オリジナリティのあるテーマを開発させるには、準備期間が必要であるが、受講生側のトレーニングのためには研究室配属直後が望まれる。このミスマッチを考える必要がある。
 - (4) さらに外部の研究者に対して先端分野の基礎を再教育するためには、現在の研究動向に即した光源も必要になるが、ストック部品の利用している状況では、対応しにくかった。

ということになる。これらの知見を元に、2005年から始まった文部科学省の「魅力ある大学院教育」イニシアティブに応募を行い、採択をされることになった。

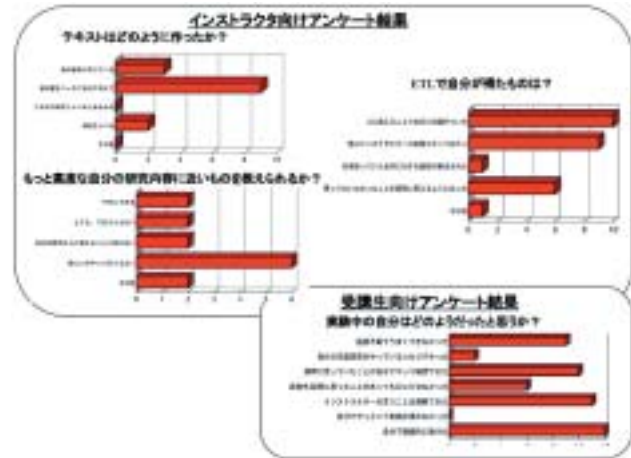


Fig.3 ETLの試行過程で得られたアンケート調査の一例

2. Upgrade ETL

2-1. 10年のETL経験をもとに考案された新ETLプログラム

前節で述べたETLの経験をもとに、さらに、現在の大学院教育、学部教育の中での不足されている部分を考え、新たなElementary Teaching Laboratoryとして2006年からはじまる教育システムを構築した。主な変更点は以下ようになる。

(1) オリジナリティ重視のプログラム開発への移行

このプログラムに、Fig.4で示されるような役目を与えるようにした。この図は概念図であるが、横軸にオリジナリティ、縦軸に研究の先端性をとったものである。通常の修士論文研究は、当然、学会発表・ジャーナル論文投稿が可能なテーマが選ばれ、それについて努力がされる。この軸では、人によって違いがあるが、多くは、教員が考えた路線について、学生がそれに従うという方向性を持っている。もちろん、中には、このような状況でもオリジナリティを発揮する学生はいるであろうが、教育としてこの方向性を大事とはなかなか教えるににくい。(良い研究成果は 。研究発表にはいたらないがオリジナルな考えを出したものは)そこで、全く、逆に、最先端性を求めずに、自分のオリジナリティを強調する軸を考えたものが新しいETLになる。ここでは、テーマも含め、学生に決定権を与え、その路線に従って教員はサポートをする。

一方、もうひとつのキーワードとしては「問題設定型」というものを掲げた。これは、現在の教育では問題を解決する有能な人材は育つことができるが、彼らの問題を見つける能力の教育はされていないことを考えてのことである。この問題設定能力は、研究に言い換えれば、誰も踏み入れたことが無い分野でも自ら進出して新しい研究分野を立ち上げたり、全く新しい研究方法を開発することにつながる。試験に言い換えれば、問題の解答をい

かに書くかではなく、問題をいかに作るかに重点をおいたようなものである。ETLのような教育プログラムで、受講学生のすぐ上の学年の学生にとって、受講する側の学生に何を与えたらいいかを考えるのは、比較的やすいのだと思う。なぜなら1～2年前の自分が何を知らないために困ったか?どこが弱いか?など身近な問題、経験として設定しやすいからである。これをこのプロジェクトではインストラクタに考えを發表させることで、強調している。

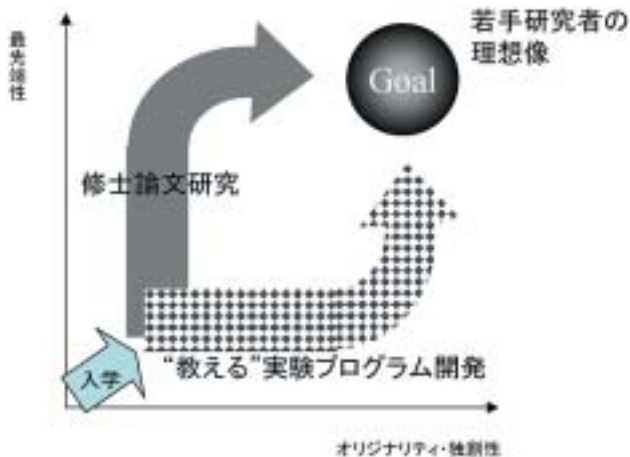


Fig.4 2005年から新しく始まったETLプログラムでの基本方針。より学生にオリジナリティを重要視させるプログラムとなっている。開発されたプログラムの大学院授業単位としての評価も、この評価軸に沿って行われる。

(2) 大学院の正式な科目としての公認

2006年からインストラクタ学生に対して2単位の大学院単位を与えることになった。これまでは、教える側の学生にはボランティアベースでの参加という認識があったが、正式な大学院単位として認められたことにより、参加するメリットも増えたことになる。しかし、この正式な単位化は、インストラクタ学生への新たな評価を生むことになった。これは、単位化にともない、成績をその学生に教員がつける必要が出てくるためである。ここでは、オリジナリティの高さを最も重要な点として掲げ、学生がオリジナリティを積極的に開発するためのモチベーションの1つとして利用している。

(3) TA経費としてプログラム開発にともなう期間での活動サポート

インストラクタの学生は、自分の研究室だけでなく、例えば、論文で知ったような研究を自分のプログラムに応用しようとした場合に、実際に見に行くことも必要になる。そのような場合の旅費の経済的なサポートや積極的に他の研究の調査を行うことを推奨できるシステムを作った。

これをもとに、Fig. 5のようなスケジュールとETL準備室を設置して、新システムの構築を2005年から行ってきた。

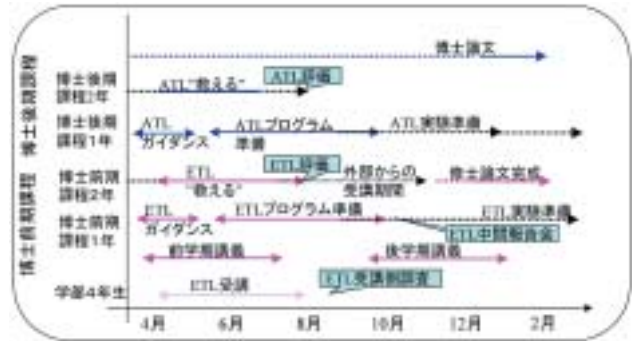


Fig.5 新ETLプログラムの年間施行スケジュール。オリジナルプログラムを開発させるために、開発期間を長く取り、また、その間にインストラクタ会議などで修正・議論などを行う。

2-2. 新ETL教育システムのサポート・運営

まず、新システムに移行するにあたり、基盤となる施設の整備を行った。具体的には、以下の実験室を用意した。

(1) 光学マシンショップ：以前からあった光学研磨装置に加え、新たに光学薄膜、多層膜ミラーを製作できる電子ビーム蒸着装置を導入し、光学部品も学生が自由に加工できる施設を整備した。

(2) ETL専用クリーンルーム：ETLで専用で使用できるレーザーの設置、光学実験を研究とは別に試行できるように新たに簡易クリーンルームを設置して、インストラクタとなる学生には常時入室できるようにした。ここでは、光学の試行実験が自由にできるように基本的な光学部品を多数そろえて使用できるようにした。

(3) 電子工作室：光科学研究においては、検出器・制御系など様々な電子回路を製作することが多い。その教育をするために、CADからの回路基板製作、電子回路製作が可能な施設を導入し、全受講生はこのETLを受講後自由に回路製作できるシステムを構築した。

(4) 低温光学室：低温光学物性実験を可能にする光学クライオスタットを有する光学試験室を設置した。

これら基盤の設置後に、インストラクタとなる学生の作りたい実験プログラムに即した装置を内部に用意していった。実は、こうした立ち上がりの部分は、学生の教育にとっても、物や施設をアイデアを出しながら用意していくという点で又と無いい教育チャンスでもある。このため、機器設置場所の準備や改造では、インストラクタとなる学生だけでなく、ETL受講経験学生・受講予定学生に多く参加してもらい、準備を行っている。例えば、Fig.6に表れている簡易クリーンルームの設置には、その床養生からパーティションの設置、クリーンベースの組み立てまで、多くの学生の参加によって作られたものである。もちろん、中で作られているプログラムでも市販されていない光学部品は、担当するインストラクタ学生周辺の協力で作られているものも多い。Fig.6には、チタンサファイアレーザー発振実験用の光学系の一部であるが、最も鍵となるレーザー結晶ホルダーなど

は学生たちにより自ら作られたものである。

さて、どんな教育システムでも、運用に関してはフレキシブルな対応をしていかないと理想と現実の間にはギャップが出てしまう。特にこのプロジェクトでは、問題設定能力、オリジナリティ追求を必要とし、インストラクタ学生の自主性に依存している。また、受講生側にも安全面、基本的な取り扱いの面での一般的な注意が必要であるが、これをインストラクタである学生がすべて面倒を見ていたのでは、自分のオリジナルのプログラムには入れない。そこで、これらの部分に対しては、ETL準備室の方で、1.安全講習、2.光学素子クリーニング講座を設定して、受講させることにした。

また、もっとも重要な、インストラクタ学生が、何を対象にどんなことを教育プログラムとして考えるか？について、1)積極的なインストラクタ学生の外部調査の推奨、2)大量に実験装置、機器を身近に見させ、動作を経験させる、を考えている。このうち(1)はインストラクタの設定テーマは、場合によっては、自分たちの研究テーマから離れたこともありうるので、発表義務なしでの学会・研究会参加を支援・推奨を行った。(2)に関しては、どのような機関でもこれを満足に行えることは難しい。当然のことながら、実験道具がある程度なければ実験プログラムを作ることはできないが、アイデアも、目の前にある種の実験装置や道具が見えて作る方がよりうかびやすい。この問題を解決するために、中古機械を大量に展示している企業を訪問させてもらい、自由に学生がその中で器具を操作したり、検査したり、動かしたりすることができる環境を与えた。その中で、プログラムに使えるようなものをその場で交渉し、購入して新しいETLの実験資産とした。この中には電子顕微鏡を実際に先方で立ち上げ、調整を駆使して動くのを確認したり、よく知らない計測器をいじってみたり、電源や機械部品など様々なものを前に、教員がその特性をその場でレビューして、学生がその応用を考えたり、多くの様々な状況でのオリジナリティを啓蒙させることができている。



Fig.6 新しく用意されたETL専用クリーンルームとその中に設置されたチタンサファイアレーザー発振実験用光学系の一例。これらの用意、建設にもすべて学生の参加によって行われた。

2-3. 2006年度のETLテーマ

このような準備を経て、2006年に用意されたETL実験プログラムは以下のものとなった。

1. 光学研磨、2. 光学コーティング、3. 電子回路、4. 液体レンズ、5. LD励起YAGレーザー発振、6. Ti:Sapphireレーザー発振、7. ジョセフソン素子、8. 光学異方性

個々のテーマの詳細な説明は省略するが、このすべてのプログラムを受けた学部4年生が卒業研究に入れるメリットは非常に大きく、それだけでなく、これら集中した教育は、彼らが将来、光科学分野に進んだ場合に、大きな経験となりうるものである。事実、多くの他大学の研究室からは、このプログラムへの参加希望が寄せられている。一方、開発した側のインストラクタ学生には、互いに競争意識がある中で、自分のプログラムを開発し、40人を超える学部生に10数回にわたって教えた経験を持つことになる。

ちなみに、1998年のテーマは、1. ポリッシングと光学検査、2. 計算機を用いた光学設計、3. 回折現象、4. レーザー発振実験、5. 非線形結晶での高調波発生、6. レーザー蒸発蛍光分析、7. 飽和吸収分光である。これだけ見ても、光科学研究の中で様々な幅広いテーマを学生が提案し作っていることがわかるであろう。これは、光科学ならではの特質があると思う。すなわち、基礎的な光源さえ用意しておけば、例えば、レーザーで別のレーザーを発振させたり、波長変換や変調をかけたりして別のレーザー光を生成させたり、それら多様な光をFig.7に示されたような幅広い分野の光源として使用できることである。毎年新たな実験プログラムが発生しても膨大なランニングコストが常に必要とはならない部分がここにある。

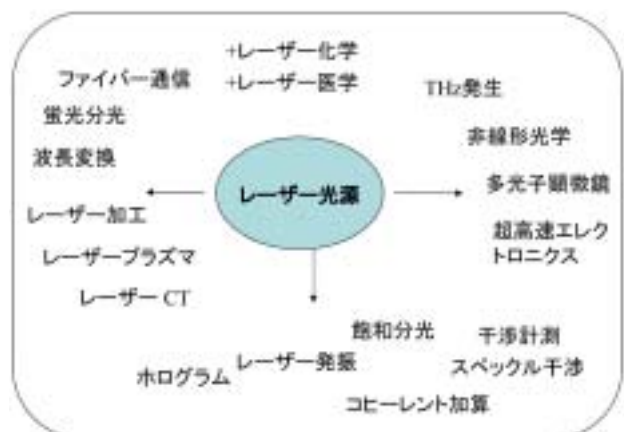


Fig.7 光科学の応用への適用性の広さ。光科学分野では、基準となる光源さえ用意すれば、様々な応用に関して研究テーマ、実験テーマが設定可能である。

3. さらに新しい試行に Advanced Teaching Laboratory (ATL)

ETL考案当時から、社会人の再教育プログラムにこれを応用する考えは強くもっていた。これは、いったん会社などで研究に従事すると、その分野では最先端性の高い、技術力の優れた研究が行われるが、少し発展・拡張した分野の経験をすることが逆に難しくなっている事実があるためである。また、社会人の場合は、様々なケースがあり、例えば、1)自分の分野の技術研修は受けているが、別の最先端研究の研修も受けてみたい、2)新しく展開することになったが、その基礎がかけられているので補いたい、3)会社自体に研修システムが少ない、4)部品を開発・製作しているが実使用の機会は少ない、5)販売しているが、どのような分野でどのような実験に使われているかは触れる機会は無い、などである。このような受講側の希望だけでなく、大学に社会人が受講しに来て、その教える相手がインストラクタの学生の場合には、学生に対して大きなハードルをかせることになる。ETLでは、あくまでも自分たちより経験の少ない学部生に教えているのであるが、社会人には、受講する人のレベルが様々ではあるが、より正しく、技術的にも秀でているプログラムできちんと教えなければならない。このような本場の問題意識の大学への導入が一般の大学院生に直接当てられる機会はそうあるものではない。このような考えの下で、ETLでは、これまでも少数であるが、社会人の受け入れを行ってきた。ただし、単発的でATLプログラムをフィードバックして改良するようなレベルには無かった。そこで、文部科学省の正式プロジェクトに採択されたことをアピールして、本格的なATLへの試行をスタートさせた。このATLは前述したスタンフォード大のATLとは本質的に異なる部分を持っている。それは、米国のものが教員側が決めたテーマについて、学生がほぼ自分の専門に関係した実験を行うのに対し、ここでは、何をやるかを含めて、学生が決めている点である。

さて、実際に、これを行う際には、学生相手ではないいくつかの問題を解決しなければならない。それは、

- 1) 大学に企業から人が来る場合に、それは業務か？個人参加か？
- 2) 社会人にとっては、完全に幅広い光科学への教育よりは、その中である程度絞られた領域への参加希望が多い。それに対応できるか？
- 3) 社会人の場合は、時間的な制約を多い。それをプログラム上対応できるか？

である。今回、1つの光学メーカーが、このプロジェクトに協力してくれて、1)の業務で10名弱の受講生が参加できるようになった。その他、スケジュール・テ-

マなど極力受講生側の要望が受け入れられるようにして、本格的なATLをスタートさせた。2)の参加テーマは、予想されたように、光学メーカであったためにより業務に近いプログラムに参加が集中した。終了後、受講生にはアンケート調査を行い、インストラクタ学生にはヒアリングを行った。その結果の一例をTable. 1にまとめている。これを見ても分かるように、受講者によって意見は様々なスペクトルを呈している。これを見て注目すべきは、いいコメントだけでなく、オリジナリティを持ったインストラクタ学生の開発したプログラムは、先端研究者には基礎的過ぎるという意見もあることである。この部分をどう対処していくかが、今後のATLの課題になるであろう。また、自由記入意見から、ATLへの発展方向としては、さらなるプログラム数の増加、実験の多様性、受講時間の増加が挙げられる。

一方、受け入れ側の学生の意見をまとめると、明らかに対応が学生と変わったために困惑したことと、それによる新たな考えを生み出されたことが伺えた。その中で受講者のレベル・知識がどの程度なのかをあらかじめ知らせてほしいとの意見があった。また、ほとんどの場合に、相手がプロであるという意識が強く、インストラクタ学生にとってはチャレンジになっていたことは確かである。場合によっては、逆に、企業側の専門家から論点を教えられるような場合もあり、(ある分野の知識は当然逆転していることがありうる。)そのような逆転も含めて、インストラクタ学生への教育は大きな効果を生んだと思う。

プログラムの難易度	難しい	やや難しい	丁度良い	やや簡単	簡単
	0	2/9	3/9	3/9	1/9
実験手法の難易度	難しい	やや難しい	丁度良い	やや簡単	簡単
	0	3/9	5/9	1/9	0
受講の意義さ	多にあった	多少あった	どちらとも	そう無かった	あまり無かった
	4/9	3/9	0	2/9	0
インストラクタのレベル	十分高い	高い	妥当	そう高くない	あまり高くない
	4/9	4/9	0	1/9	0
参加したい実験	より先端的に	より基礎学的に	より実製品に近く	より自社製品に近く	より新技術に関して
複数回答	1/9	1/9	2/9	2/9	7/9
受講時間	長過ぎる	長い	丁度良い	短い	短すぎる
	0	0	4/9	3/9	2/9
参加の動機	先端研究を知れる	仕事への応用、発展	基礎的知識の会得	情報収集	ここからできる
複数回答	1/9	4/9	3/9	2/9	5/9

Table 1. 2006年度に試行されたATLプログラムでのアンケート結果。

4. まとめとして (新しい展開)

このプログラムは、光科学研究者からどのような感想を持って見られているか？まず、方向性、考え方はいいが、真に実現され継続できるかどうか？これが疑問に思われている。次に、ある種の施設は、最先端研究でも、なかなか購入できないものもあり、これを教育に特化して使っているのか？という驚きと無駄のような気持ちを持って思われている。まず、前者について言えば、これ

までの11年の歴史があり、すでにルーティンワークとなっているので、継続そのものには問題がない。しかし、インストラクタ学生のオリジナリティを育てる努力は常に考えていかななくてはならない問題である。ある意味、ATLの試行はそれを継続する鍵となる。また、2番目の施設の質の高さは、研究でないところに、これだけの施設を備えたところに、初めて意味が出てくることをやっているのである。これは、研究に近いところで教育施設への投資がどうしても減少せざる得ない状況にあるのは致し方ないことであろう。しかし、先端研究を担う学生を育てるには、ここへの投資は不可欠なものであり、要はそれを資産としてどう利用していくかにあると思う。その意味、現在では、ETL、ATLでなくても研究スタート時の試験施設として使用が可能であったり、光学マシンショップ、CAD電子回路製作装置などは、ETL受講された学生は研究にも使用が可能になっている。また、一部企業からは、より高度な教育を大学に求めることもあって、教員がこれら施設を使って、大学外の人間を教育するツールにも使用可能であるし、場合によっては中高の生徒、先生に科学分野をアピールすることにも使用できる。その意味で、十分な価値を持ったものが、用意された段階である。

これは、自分の専門で使用している装置は、高価で、制御が困難であり、教育上に触らせられなくなっているという最初のジレンマにも共通するもので、このような施設利用を大学、企業が一体となって考えていくことが今後の大学院教育システムとして重要な点になるように思える。

また、光科学分野だけでなく、このような教育方法は、理工系分野に共通した認識と問題点の解決になりうる。そのためにも、本プロジェクトをパイロットケースとして様々な分野への応用が広がっていくことを期待したいし、我々もその発展に努力していきたいと思う。