



光学教育あれこれ

田幸敏治

東京理科大学理工学部 T278 野田市山崎 2641

1. 「光学」あるいは「応用光学」の講義を担当するようになって約30年になる。非常勤講師を含めて、東工大・理で約20年、電通大で7年、東理大・理Ⅱ（夜間）で約15年、東理大・理工で9年である。主に、物理、応用物理学科での選択科目であるので、光波の公式、光の伝送と結像、干渉、回折、結晶光学などの基礎的事項と最新の発展、特に光ファイバー、レーザー光学、非線形光学などの事項が内容である。東工大、電通大では2単位（半年、13～15週の講義）であるので、前半の極めて基礎的事項しか取り扱えない。東理大では4単位、1ヶ年があるので、すこし余裕があり、後半の事項の話と、MITのビデオ“Laser and Optics”（Ezekiel編）を部分的に見せる（休講の代りに利用するのに便利）ことも行っている。

「先生の講義に啓発されて今の仕事を選びました」などと思いがけない年賀状を受け取った時など、いわゆる教師冥利に尽きるという感がする。しかしこれは例外的で、白紙に近い試験答案を見るたびにあれだけ念を入れて丁寧に説明したのにとがっかりする。

これは物理系の学生に特有の傾向かも知れないが、講義で黒板に式を書いている時は一斉にノートを取る。一寸間をおいて全員が書き終った頃を見計って、式の内容のここが最も重要だとその意味の説明を始めると、注意をそらしてしまったり、横を向いておしゃべりを始めたりする。話を聞いてその要点を要領よくノートしておくといった学生が少ないというか、不得手のようである。止むなく、さらにキーワードを黒板に書くのだが、最前列の学生のノートをのぞいても、黒板の文字を機械的に写すだけのようである。

このような状況では当然というべきか、講義に対する質問はほとんどない。しかし、夜間部の講義では、時にむづかしい質問に出会うことがある。昼に企業で働いている学生が半分くらいいるので、そこで直面した問題のようで即座には答えられず、次週までの宿題にしてもらうこともある。毎年のように、同年輩に近い白髪の方が聴講されており、先日も天文が趣味とかで望遠鏡の質問

を受けた。講義する方としてはそのようなクラスの方がずっと楽しみである。

2. 最近、有名進学塾のガイドライン誌で、「光エレクトロニクス研究と教育を受けるために」という特集記事を見た。90通のアンケートをまとめたもので、光エレクトロニクスの「教育」「設備」「研究」の各項目について、充実している大学、学部、学科のランク付けと、入試難易ランク付けを対比している。こういう試みは、偏差値で可能な大学、学部を選ぶといった傾向から離れて、将来何を専門に勉強したいか、例えば光ではどの大学のどの学科が充実していて特色があるかを認識して受験するようになれば、大きな前進であろう。

この特集では、光エレクトロニクスは、「電子工学系」を軸に、「応用物理系」、「材料系」が支援という形で基本的に学べるという位置づけをしており、一応光関係の研究者のおられる大学、学科がほぼ網羅されているようである。精力的で独創的な教員のベスト30名をあげられているのは、アンケート結果とはいえ厳しいものがある。

このように、電気系から、電気・電子工学科、電子工学科、電子物理工学科、電子情報工学科へと分科したように、電子系から電子・光子工学科、光工学科、光物理工学科、光材料工学科、光情報工学科というに、21世紀に向けて発展するであろうと予想される。すでに1/3くらいが光関連という電子系も見うけられる。このことは、伊藤氏が本誌に「光学教育の充実を」と巻頭言で主張されている¹⁾。所属する東理大の理工学部では、電気工学科の1年次必修の「物理学」の講義で力学と光学が内容（ただし電気磁気学は別科目にある）である。

それにしても上ののような発展の段階で、「光学、optics」あるいは「光工学、optronics、または光子工学 photonics」とはどういう内容とすべきであろうか。伊藤氏は「モダンな光学教育」をいわれているが、光の学問の再構築が必要であろう。

3. 上記は光の通信、情報などのエレクトロニクスへの応用に関連した発展であるが、基礎物理学への光の貢

献も注目すべきである。1920年代に、分光学が、量子論、原子模型など、量子物理学の発展に寄与した頃の活力が想起される。レーザーの周波数制御を基点として、光ラムゼー共鳴、レーザー冷却、イオントラップ、原子のモラス、さらに1個のイオンのトラップと量子ジャンプ、原子泉、フォトンSTMなどの単一原子のマニピュレーションと原子干渉など、いわゆる量子限界を超えた現象が次々と発展され、物理学の基礎概念の直視に貢献している。超高分解能分光は原子核の構造解析や、重力波の検知といった超高精密計測に曙光を与えていた。これらの分野の研究は最近の Phys. Rev. や Phys. Rev. Lett. に量子光学 quantum optics の分類で数多く見受けられる。担当する大学院の「光学特論」の講義で、レーザー物理の基礎とともに、これらの発展の序論だけを話題としている。

4. 話題はすこしづれるが、霜田先生が本誌に「中学・高校の光学教育は放置されている」と強いご指摘があった²⁾。戦後の理科教育の中で、光学は気紛れな取扱いを受け、1951年の学習指導要領では中学で、眼、めがね、顕微鏡、映画、写真、高校でレンズ、光学機械、色の各項目があったのが、1956年改訂で光学機械が省かれ、1977年の改訂では中学の理科では光は仕事（エネルギー）だけ、1978年改訂の高校物理には光波の干渉と回折が残されただけになっている。このような取扱いを受けた理由の一つは、光学関係の研究者も技術者もこれまで光学教育のことを考えなかったからではないだろうか、と指摘されている。

確かにそのような傾向はあったが、光学関係者が全く無関心に放置していたのではないことを、一言述べておきたい。詳細は省くが、光学研究者有志として、「中・高等学校理科教育における幾何光学の充実について」要望書を、1987年2月に文部省に提出した。その結果、全般的でないにしても趣旨が認められて、1993年度から実施される中学の新しい学習指導要領に幾何光学が復活した。その具体的な内容は6時間扱いで、光の反射・屈折、凸レンズと実像・虚像、カメラの模型の製作などである³⁾。関係者のお話では文部省としてもこの要望は大変

参考になったと喜ばれたような雰囲気であったとか、ちょうど改訂の時期というタイミングも良かったようである。その際根拠として引用された文献は、朝永振一郎先生の「鏡の中の世界」(みすず書房)のほか、高橋⁴⁾、桑原⁵⁾、松村⁶⁾、石黒⁷⁾の各先生の論文で、いずれも1986年度に出されていて、強力なバックとなった。それでもレンズ公式 $1/a + 1/b = 1/f$ は駄目ということで、どうも入試の難問となるのではないかと心配されたらしい。

なお、高校物理の光学では、波として、光の速さ、反射・屈折、回折・干渉、光の分散とスペクトル、偏光、光のドップラー効果、粒子として光電効果などであり、1994年からの改訂での変更は特にないようである⁸⁾。

この文部省への要望の件はどうも記録がないようであるので記させていただいた。出発点は学術会議の応用物理学研究連絡委員会のサブ組織として光学分科会があり、第13期の活動（分科会長田中俊一氏）として提案されたが、学術会議は初等教育には関与しないとのことで、上記のように有志の要望となった⁹⁾。

関連して、国内外の大学における光学教育の具体的な内容、および光学教育への要望について、光技術コンタクトの1992年9月号、11月号および1993年4月号に特集されているので参考にしていただきたい。

文 献

- 1) 伊藤良一：“光学教育の充実を”，光学，19 (1990) 349.
- 2) 霜田光一：“中学・高校の光学教育は放置されている”，光学，20 (1991) 331.
- 3) 茂手木敏彦：“中学理科教育における光学”，光技術コンタクト，30 (1992) 617.
- 4) 中村輝太郎：“私と物理学”(高橋秀俊)，日本物理学会誌，41 (1986) 49.
- 5) 桑原五郎：“「研究」が存在する物理教育”，パリティ，1 (1986) No. 2-82.
- 6) 松村 温：“理科教育に幾何光学を”，光学，15 (1986) 177.
- 7) 石黒浩三：“波動光学と幾何光学”，物理教育レター，試作6号 (1986).
- 8) 今野 博：“高校物理における光学”，光技術コンタクト，30 (1992) 622.
- 9) 藤原史郎：私信。

(1993年1月28日受理)