

表1 大学院の履修科目。

分野	履修科目
物理光学	電磁波, 量子光学, 回折と干渉, 光学物性, レーザー, 線形光学, フーリエ光学入門, 非線形光学, ホログラフィー, 光学薄膜
幾何光学	光学設計入門, 収差論入門, 収差論, レンズ設計
応用光学	測光, 光学計測法, 統計光学, 光記録, コンピュータービジョン, 推定法, デジタル画像処理, 画像, 医療光学, 分光法, リモートセンシング, 赤外線光学, 撮像素子, 光検出素子, 固体撮像素子, 光導波路と光集積
数 学	光学のための数学, 画像
実験・実習	物理光学, 応用光学, レーザー, 数学演習, 光学計測, 画像処理, 光ファイバー, マイクロコンピューター
輪 講	光学各分野

については緩やかで、年数の制限はあるものの、途中で就職し再び大学院にもどり学業を完了することも可能になっている。実務を経ている学生が多いため、授業中の質疑が活発である。また、研究も産業に密着した内容で高度である。

学生のバックグラウンドは物理出身が多いが、光学との関連の深い電子工学出身者も多数いる。中には経営学出身で光学の勉強をしたいために一度物理学科を経て入学した人もいた。留学生も多く、カナダやアジアが主な出身地である。

また、大学院の授業でありながら、講義の節目ごとに宿題が出される。これらの宿題を採点したり、実験の準備や学生の指導に当たるのは Teaching Assistant の学生である。OSC の学生のほとんどは何らかの奨学金か教育補助を受けている。それが、Teaching Assistant や Research Assistant である。Research Assistant は、

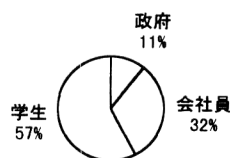


図1 新入生の出身。

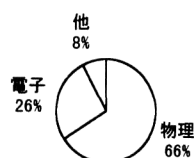


図2 出身学科。

教授の研究を助けるものであるが、多くは自分自身の研究を兼ねている。教授に雇用され、実験装置の作成や実験の遂行は元より、研究テーマの計画立案や教授との予算の折衝も行わなければならない。

1986年よりOSCの修士課程に在学し、その後もOSCから派生したベンチャー企業にて仕事をする機会を得た。OSCは、著名な教授陣によって深く学問に貢献しながら、厳しく学生を育てている研究教育機能、新しい光学技術を実用化し世に送り出してゆく技術移転機能が両輪となった機関である。魅力的に思えたのは、大学院が生涯教育の場として社会人に身近な存在であったことである。

誌面の都合で、最近開設された学部の講義について触れることができなかった。最新の講義内容や産学協同研究機構の情報はインターネット上のOSCホームページ<sup>\*1</sup>で見ることができるので、ぜひアクセスされることを勧める。

## 文 献

- 1) *Optical Sciences Center* (The University of Arizona 刊), (1995年11月30日受理)

<sup>\*1</sup> <http://www.opt-sci.arizona.edu>

## Imperial College における光学教育

小 松 進 一  
(早稲田大学)

Imperial College は、正式名称を Imperial College of Science, Technology and Medicine といい、ロンドンの中心部にある都市型の大学である。このうち医学・農学関係を除くメインキャンパスが地下鉄 South Kensington 駅の近くにある。ここは高級マンション街や有名なデパート Harrods にも近く、北は Royal Albert Hall

と Hyde Park などの公園に隣接し、南には Science Museum, Natural History Museum などの博物館が建ち並んでいる。

これまでにホログラフィーの D. Gabor など多くのノーベル賞受賞者が在籍し、自然科学では Cambridge University と双壁をなしてきた。約15の学科からな

Table 1. BSc Physics Programme.<sup>1)</sup>

First year	
Unit	Subject
Total of four units to be taken	
0.500	Electricity & Magnetism
0.500	Mechanics & Relativity
1.000	Structure of Matter
	<b>Waves &amp; Optics</b>
	Quantum Physics
	Physics of Universe
1.000	Mathematics I
0.500	<b>Physics Laboratory I</b>
0.500	Physics Short Experiments & Project I
Note: Structure of Matter, Waves & Optics, Quantum Physics and Physics of Universe together make up 1.000 course unit	
Second year	
Total of four units to be taken	
Unit	Subject
0.500	Quantum Mechanics
0.500	Thermal & Statistical Physics
0.375	Mathematical Physics
0.375	Electromagnetism
0.500	Solid State Physics
0.500	Atomic Physics
0.500	Option
0.750	<b>Physics Laboratory II</b>
Note: Mathematical Physics and Electromagnetism together make up 0.750 course unit	
Option (Only one to be chosen)	
0.500	Atmospheric Physics
0.500	<b>Optical &amp; Laser Physics</b>
0.500	Language
0.500	Mathematical Methods
Notes: Optical & Laser Physics and Atmospheric Physics will be also available in year 3	

り、過去に H. H. Hopkins や W. T. Welford らを輩出した光学部門は物理学科に属している。

物理学科の学部学生定員は1学年あたり200名、専任講師以上の教員は約80名と大規模で、教員一人あたりの学生数は少ない。キャンパスの西北の隅にあるおよそ10階建ての物理学科の大きな建物(Blackett Laboratory)の下層の数階部分に、260席の大教室をはじめ130席の中教室が2つ、学生実験室と学科図書室などがあり、主としてここで学部教育が行われている。本来3年制のBScコースが標準であるが、卒業後すぐ社会に出やすくするためのMSciコースや、欧州に就職・進学を目的として3年目をヨーロッパで学ぶYiEコースなどの4年制のコースも用意されており、1993年度からは6コースに多様化している。キャンパス北端の一部を王立音楽学校が占めているという特殊事情を反映して、

Table 2. Applied Optics MSc Course Syllabus.<sup>3)</sup>

Core courses	Lectures
Geometrical Optics and Aberration Theory	20
Diffraction and Image Formation	25
Lens Design	10
Thin Films	10
Optical Testing and Interferometry	20
Quantum Electronics	20
Introductory Nonlinear Optics	15
Optical Hardware – Optical Devices and Materials	25
Optional courses	Lectures
Partial Coherence	10
Detection, Noise and Detectors	10
Holography and Optical Information Processing	10
Advanced Lens Design	10
Advanced Nonlinear Optics	10
Physiological Optics	20
Integrated Optics	15
Optical Communications	12
Laboratory work	
A series of about fifteen experiments	
A six week optical system design project (design, building, and performance evaluation)	
Carrying out a programme of optical lens design assignments	

音楽にも重点をおく(4年間で5.5単位) Musicコースさえある<sup>1)</sup>。

BScコースの2年次までのカリキュラムはMSciコースと共通であり、他のコースもほとんど同じなので、これをTable 1に示した。年間4単位を取得する。多くの講義科目では30~40回の50分授業が0.5単位に相当する。

日本のカリキュラムと最も異なる点は、実質上すべて自然科学(それも物理と数学)に限られているということである。人文・社会科目は存在せず、語学(仏・独・伊・西・露・日)も選択枠が狭いため、ほとんどないに等しい。筆者が出会った日本人学生のK君は、東工大と防衛医大に入・退学を繰り返したのち留学し、そのときすでに3年生になっていた。留学の動機は一般教養に嫌気がさして専門の勉強に集中したかったとのことだった。

ところで、光学に関連する科目としては、まず1年次のWaves and Opticsがある。ここでは波の基本概念から始まって、電磁波のスペクトルと平面偏光、さらに光線と波面、反射、屈折、全反射、薄肉レンズ、倍率、望遠鏡と顕微鏡などの幾何光学の基礎に進み、波動光学に移って、干渉と回折、ヤングの実験、回折格子、単スリットの回折、分解能まで16回の講義が行われている。

このグループの講義は、表1のように Waves and Optics など4科目を合計して130回分が1.0単位として扱われている。なお、光学部門の G. H. C. New や R. W. Smith などの非数学者も担当している Mathematics I では、微積分、線形代数、ベクトル解析を65回の講義で学習する。

学生実験 Physics Laboratory I (6時間×13週)は、エレクトロニクス、光学、計算機に分かれ、光学の実験項目には、幾何光学、干渉と回折、光源、偏光、マイケルソン干渉計がある。

Physics Laboratory II (9時間×16週)では、計算機、伝送線路、光学、分光、干渉計、固体物理、原子核物理から4つを選択する。光学には光学的フィルタリング、回折、ホログラフィーの実験項目があり、分光には、平面・曲面回折格子や紫外プリズムによる分光、バルマー系列とリュードベリ定数の項目、また干渉計にはマイケルソン、レーリー、ファブリー・ペロー干渉計を用いたコヒーレンス、ゼーマン効果、屈折率、分子サイズの測定が含まれている。

選択科目の Optical & Laser Physics ではホイヘンス・フレネルの原理とキルヒホッフの回折積分、フラウンホーファー回折とフーリエ光学・OTF など、フレネル回折とフレネルゾーン、ホログラフィーとその応用、時間・空間コヒーレンスなどの光学の話題に加え、レーザーに関し、その原理・実際のシステム・共振器とモード・Qスイッチとモード同期・超短パルス、レーザー応用とファイバー光学、非線形光学・SHG・非線形屈折率と位相共役などについて合計27回の講義が行われる。

3年次では必修の Nuclear and Particle Physics (0.5単位)のほかに20余り用意されている選択コース(各0.5単位)から7つを選ぶ。この中には2年次と共通の Optical & Laser Physics のほかに Physical Optics が用意されている。ここではスカラー回折理論と電磁波応用について計27回の講義がある。前者にはキルヒホッフ積分・角スペクトルからスタートして、ニアフィールド回折とファーフィールド回折、フーリエ光学と結像、合成開口レーダーとHOEなど、粒子サイズ測定、レーザースペckル、光メモリーが含まれ、後者には電気双極子放射・遅延ポテンシャル・屈折率の起源・光と物質の相互作用のローレンツモデル・複素屈折率・吸収と分散、エバネッセント波と光導波路・集積光学、表面プラズモン、偏光とその応用、レーリー散乱と多粒子による散乱が含まれる。

このほか、Optical Communications Physics では

LED・半導体レーザー・E-O変調器などの光デバイスや、光ファイバーの分散と非線形性、EDFA、分散補正、ソリトン伝送、全光スイッチが採り上げられている。

光学(とくに実験)について豊富な内容が用意されていることがわかる。しかし、たとえ光学関係の科目をすべて履修したとしても、カリキュラム全体に占める割合は決して多くない。物理科目の充実ぶりに圧倒される。

ところで、物理学科には天体物理、生物物理、凝縮系理論、高エネルギー物理、プラズマ物理、固体物理実験、高温超電導、宇宙・大気物理、理論物理に加えて、ICO前会長のJ. C. Dainty教授をはじめ6人の専任教員が所属する応用光学グループと、量子光学のP. L. Knight教授を含む10人の専任教員からなるレーザー光学・分光グループがあり、この2つのグループが協力して光学部門を運営している。

大学院にはMSc課程とPhD課程がある。MScは1年間の授業中心の課程である。Applied Opticsの場合、Table2のように必修のコア科目の講義を計145回、選択科目の講義を50回以上受講し、さらに実験関係の課題をこなすことが要求されている<sup>2)</sup>。学部4年間のMSciコースが物理学全般についてBScより深く学ぶのに対して、MScの場合は専門分野に限ってもっと徹底的に学習するという違いがあるようだ。

日本の修士課程は、授業よりも研究に力点があるという点では、MScよりもPhDに近いと思われる。BScの後にPhDに進み、それぞれを順調に3年間ずつで終われば、日本の修士課程修了者と同年齢でもある。ただし、学部の専門教育の充実度の違いや、言葉のハンディキャップもあって、学生の質が同じとはいえない。

一般的にいうと、英国の大学生は日本の大学生に比べてよく勉強し、質素な生活を送っている。大学生には授業料プラス生活費に相当する金額が国から(地方自治体経由らしいが)支給されるとのことである。このお金は学生の銀行口座に直接振り込まれるので、各大学のキャンパスの中には銀行の支店がある。現金自動預入払出機ではなくて、日本の郵便局くらいの大きさだが、町中と同規模の本物の支店である。多くの学生は自分の口座から授業料を支払い、親から独立して自活している。この仕組みは学生の自立心を養うのに非常に役立っているはずだ。ただし、英国の人気作家D. Lodgeの小説に、「子供が3人大学に通っているので生活が大変」という台詞もあるから、親の負担がまったくないというわけでもないようだ。

教員についていえば、授業負担が少なく、雑用はグル

ープヘッドが一手に引き受けているためか、とくに会議の類が少ないようである。また、英語国民であることと地理的な条件から、グループ内のコロキウムでも世界からの著名学者の講演を日常的かつ気楽な雰囲気でも聴くことができる。また、国内学会イコール国際会議といった感じで、日本のように学内外の研究会・シンポジウム、国内学会に国際会議と追いたてられることもないようである。これは、落ちついて研究に専念できる点で、PhDの学生にとっても恵まれた環境であろう。光学部門には現在約70名のPhD学生がおり、ポスドクなどの研究スタッフが約30名在籍している<sup>3)</sup>。

紙幅も尽きてしまったが、社会人教育も含めた詳しい内容については文献4)を参照していただければ幸いである。おわりに、最近の資料をお送りいただいたDainty教授と、原稿内容に目を通していただいた高橋徹、大内和夫の両先生に感謝します。

## 文 献

- 1) Imperial College, Undergraduate Syllabuses, 1995-96.
- 2) Imperial College, MSc Course in Applied Optics.
- 3) Optics Section Research Report 1994.
- 4) 小松進一：“英国：インペリアルカレッジ（ロンドン大学）における光学教育”，光技術コンタクト，30（1992）636-641.  
(1995年12月11日受理)

---

## ロチェスター大学の光学教育について

中 楯 末 三  
(東京工芸大学)

現在、東京工芸大学の海外研修制度によりアメリカのロチェスター大学（University of Rochester, 今後U of Rと記す）に滞在しているので、この大学、特に光学研究所（The Institute of Optics）関係の光学教育について報告する。日本では光学中心のカリキュラム構成はきわめて少ないと思う。

このロチェスター市には、イーストマン・コダック、ゼロックス社や光学研究所等の光・画像関連の多くの施設があるので知っている方も多いと思う。U of Rは1850年に設立された私立大学で、現在は7つの学部・大学院からなり、光学（Optics）は工学・応用科学学部の1学科である。光学研究所はアメリカで最初の光学の高等研究・教育施設として1929年に設立された。大学には光関連の研究施設として、光学研究所のほかにレーザー核融合の基礎研究を行っているLLE、連邦政府・軍・企業と大学の共同で設置された光学部品製造のための研究センター（COM）、電子画像システムセンター（CEIS）、視覚科学センター（CVS）等がある。光学研究所の教授陣は25人（非常勤教授3人）で、日本と違う点といえば誰一人として同じ経歴をたどった人がいないということである。出身大学・大学院もまちまちであるが、ここの光学研究所出身者が約30%を占めている。学部・大学院ともU of R出身者が1人いるが、彼の専門はレンズ設計である。一度は聞いたことのある先生方の専門はホログラフィーや光情報処理などであるが、かな

り高齢の方々に、若い教授陣は非線形光学、光集積回路、光と物質の相互作用等の物理光学を専門にしている人が多い。教授陣の専門がきわめて物理学を指向している、工学の陰が薄いのが特徴かもしれない。

さて、高校から博士課程を卒業するまでの課程や教育内容等を私の知る範囲で述べてみよう。大学に入学したいものは以下の書類を志望大学に提出する必要がある。（1）高校の成績証明書、（2）高校のカウンセラーまたは大学のアドバイザーからの推薦書、（3）SATまたはACTの得点報告書、（4）応募書類と本人のエッセイ。SATまたはACTは平たくいえば日本の大学検定試験のようなものだろうか。このうちもっとも重視されるのは試験の点数より高校の成績証明書である。したがって高校生で大学に進学したいものは早い時期から高校のカウンセラーにいて、高校4年間の授業の取り方や何を準備したらよいかを相談する必要がある。また大学志望者はその大学の面接を受ける必要がある。大学の入試は秋と春に行われるが、早い時期（秋の）に大学を指定すると奨学金等が受けやすくなる。学部学生の80%は何らかの奨学金をもらっている。大学の授業料は約18,000ドルで日本の最高額レベルの授業料であり、アメリカの安い物価と比較するとかなりの高額感がある。学部学生のほとんどが大学の寄宿舎で生活することになるが、住居費や食費なども日本の地方大学に自宅外通学した程度にかかるのではないかと思う。アメリカの教育