

# 分光器製作を通じた材料工学教育の試み

An Attempt of Education in Material Engineering through Fabrication of a Monochromator

○横井 裕之<sup>\*1</sup>  
Hiroyuki YOKOI

百田 寛<sup>\*2</sup>  
Hiroshi MOMOTA

キーワード: 材料工学, 学生実験, 測定原理, 装置作製, 光学測定, 分光器

Keywords: Material engineering, Undergraduate laboratory experiment, Principle of measurement, Fabrication of instrument, Optical measurement, Monochromator

## 1. はじめに

熊本大学工学部マテリアル工学科では新時代のマテリアル工学を先駆的に実現する研究者・技術者を育成することを教育の理念としている。そのためのしっかりとした土台を築くためには、座学だけにとどまらず、実践を通して学ぶ「ものづくり教育」がたいへん有効であると考えられる。そこで、本学科では1年次の学生実験に「ものづくり」を取り入れてきた[1]。一方で、つくった「もの」について、その組成・構造や物性を正しく評価することが次のものづくりにつながるため、評価技術に対する理解も不可欠である。

近年、各種物性評価装置の製品化が進んで、ユーザーインターフェースも進歩してきた。そのため、測定原理や装置の中身を知らなくても、試料を置いてマウスでクリックするだけで何某かのデータが得られるようになった。このようにブラックボックス化された測定装置の使い方に習熟するだけでは、学生にとって評価技術に対する理解は深まらない。また、実験結果を注意深く見ようとする姿勢も生まれない。学生実験では測定原理の学習を重視しているが、測定機器自体がかなりブラックボックス化してしまっているため、測定原理に根ざした測定の実感は得られにくくなっている。そのような状況の中で、光吸収特性測定のための中心的測定機器である分光器は、回折格子と凹面鏡、スリットの組み合わせで構成されており、理解しやすい構造をしている(図1)。しかも、測定によって得られる光吸収スペクトルによって、マテリアルを電子レベルで理解することができる。この分光器を学生自らが手作りして測定に用いることができれば、測定原理に基づいた測定装置の作製から実測定までをフル体験して、測定実験のいわば「原体験」を持つことが可能である。

そこで本取り組みでは、比較的安価に入手できるレプリカの回折格子を用いて手作りできる分光器のキットを開発する。研究用の分光器はほとんどの操作が自

動化されていて、研究の現場ではほとんどの場合ブラックボックス状態で使用されている状況であるため、分光器を学生実験の段階で手作りしておく意義は大きい。また、手作り分光器は1年次前期の講義「物性物理学基礎」において、学科の上級生が自作した分光器として紹介し、回折現象の講義実験に活用する。2年次後期の「マテリアル工学実験(基礎編)」では、カーボンナノチューブ薄膜の吸収スペクトル測定用の分光器として用いる。分光測定は光学測定の基本である上に、回折は結晶構造のX線回折と原理的に同じであるため、マテリアル工学の教育全般への波及効果も期待している。

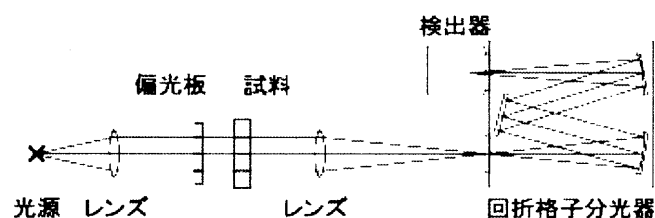


図1 回折格子を用いた分光器の構成とスペクトル測定系

## 2. 方法

本取り組みは3年次後期の「マテリアル工学実験(創造編)」のテーマの一つとして3年生2名のグループを対象に実施した。本実験は、研究室における研究を体験し、3年生に卒業研究に臨むための心構えを持ってもらうことを目的としている。ただ、2ヶ月程度の短期間で実施するため、少し高度な試料合成や分析は研究室の先輩学生が装置を操作するのを横で見学するだけというスタイルになりがちである。そこで、本取り組みでは分光測定原理の理解から測定機器の作製、測定実験まで、3年生自身が主体的に取り組むこととした。

学生は次の通り段階的に課題に取り組んだ: ①回折格子の回折原理を学習; ②赤と緑のレーザーポインタ

<sup>\*1</sup> 熊本大学大学院自然科学研究科マテリアル工学専攻

<sup>\*2</sup> 熊本大学工学部

一を用いた回折光の次数の理解；③ツェルニーターナ型分光器の設計；④入射スリットの自作；⑤分光器の正面パネルの作成；⑥分光器の組み上げ；⑦白色光の分光実験。分光器の設計に必要な条件は以下のとおりとした：(a)分光器の土台には 300mm×300mm のベースプレートを用いて、このベースプレートの大きさを有効に使う；(b)正面プレートに設ける出射口スクリーンの幅を 50mm 程度として、白色光の赤から紫までのスペクトルがこのスクリーンにちょうど映し出されるように回折格子と凹面鏡を選択して、配置を決める。

### 3. 結果および考察

回折の原理についておさらいしたのちに赤と緑のレーザーポインターを用いて回折光のパターンを確認することにより、波長による回折角の違いや回折光の次数について理解を深めることができた。分光器の設計では、入射側と出射側に用いる凹面鏡に焦点距離 250 mm のものを用いることにした。また、刻線密度 300 本/mm の回折格子を用いることとした。分光器正面パネルに設ける入射スリットと出射口の間隔は 160mm とした。これらのパラメーターからミラー類の配置を設計した。入射スリットは片刃カミソリ刃を対向させてアクリル板の枠に接着固定することによりスリット幅 200 $\mu$ m のものを作製した (図 2 (a))。組み上げ作業時は、ホルダー凹面鏡や回折格子のミラー面に触らないようゴム手袋の着用などの注意を与えた。(図 2 (b))。組み上がった分光器の外観を図 3 に示す。教材としてミラー配置や光路、分光の過程等が確認しやすいように正面プレート以外のカバーは当面取り付けなかった。

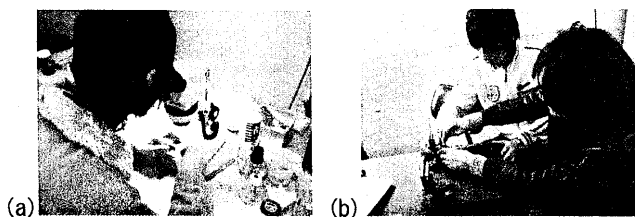


図 2 実体顕微鏡を覗きながらスリットを作製している様子 (a) と分光器を組み上げている様子 (b)。

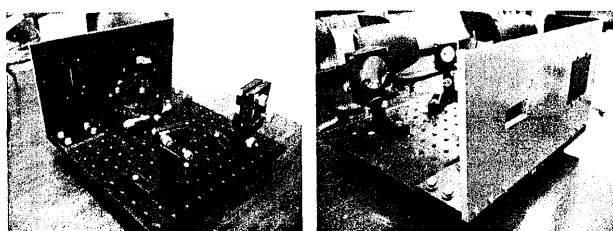


図 3 組み上がった分光器の外観

大まかにミラーの角度を合わせたのち、暗室におい

て入射スリットから白色光を入射させながらミラー類の角度をさらに正確に合わせたところ、図 4 のように出射口スクリーンに赤から紫までのスペクトルを映し出すことができた。光路に白紙を差し入れて分光の過程を確認し、また、回折格子の角度を変えたときのスペクトルの移動の様子を観察することにより、分光器の働きに対する理解を深めることができた。

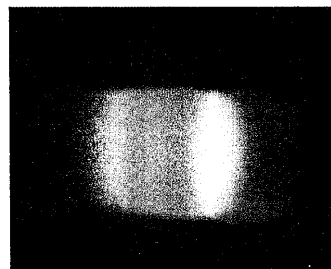


図 4 出射口スクリーンに映し出された白色光のスペクトル

### 4. おわりに

測定の原理解から測定装置設計と製作、測定観察まで一貫して自ら取り組むことにより、学生からも分光測定の原理がよく理解できたという感想が得られた。自ら作製した測定装置で測定結果を得ることは、研究者・技術者としての貴重な原体験となりうる。近年測定機器の著しいブラックボックス化によって希薄となった測定の実感が本取り組みで得られることにより、分析・測定技術を原理から理解して実験結果を注意深く解析することの大切さを学ぶことができたと期待される。

本課題では、ミラーの配置や入射・出射口の位置などを変えて新たな設計の分光器を組み上げることが可能であるので、継続課題として毎年度 3 年生に取り組んでもらう予定である。また、1 年次の物理学授業において講義実験に活用したり、検出器を接続して分光測定装置として 2 年次光吸収測定実験 [1] に用いたりすることにより、学科カリキュラムの一体感が強まって授業効果が高まることを期待している。

本プロジェクトは、熊本大学工学部ものづくり創造融合工学教育事業の支援を受けて実施された。

### 参考文献

- [1] 横井裕之：カーボンナノチューブと強力磁場を使ったナノテクものづくりでステップアップ光学実験，日本工学教育協会平成 19 年度工学・工業教育研究講演会講演論文集，(2007)，292-293.