

私の発言

いかに執着できるかに尽きる



立命館大学 教授
小野 雄三

■ 3年半で大学を卒業？

聞き手：本日はよろしくお願ひします。早速ですが、ご経歴を見させていただいたところ、東京工業大学理学部応用物理学学科のご卒業ということですね。

小野：いや、実は理学部かどうか怪しいのですよ。

聞き手：それはまた、どういう意味なのでしょう？

小野：わたしが東工大に入ったとき

は理工学部所属でした。2年生で応用物理学科に行くことを決めたのですが、その6月に理工学部が理学部と工学部に組織上、分かれたのです。卒業した応用物理学科は理学部の所属学科なので、経歴上はたぶん理学部の所属になっているのだと思います。しかし、学生がいる限り、大学では元の組織が続くのですよね。だから、ひょっとするとわたしは理工学部の卒業になっているのかもしれない。実はよく分からない

のです。同期の友人の履歴書を見ると両方のケースがあります。菅直人前首相が同じ卒業年度なのですが、彼は「理学部卒業」と書いていますね。

聞き手：菅氏とは同期なのですか？

小野：いえ、彼はわたしより1学年上なのですが、留年して卒業が一緒だったのです。彼はもっぱら学生運動をやっていたから、会うこともありませんでした。

聞き手：そういう時代だったのですね。

小野：そうです。わたしは大学紛争世代の人間です。「紛中派」とも言いますね。よく「3年半で大学を卒業したんだよ」と学生に言うことがあります。3年生の後期の2月ぐらいから大学の闘争委員会が学校を封鎖して、夏には大学が機動隊を入れて解除し、今度は大学の管理下ということで大学がロックアウトして、9月からまた大学が始まりました。ですから、2月から9月までは学生と

1970年、東京工業大学 理学部応用物理学科卒業。同年、日本電気(株)に入社して中央研究所に配属。光磁気メモリー、ホログラフィックメモリー、高速レーザープリンター、ホログラフィックレーザー・スキャナー、POSスキャナー、CD-ROM用および光磁気用プログラムヘッドなどの光情報機器、回折光学、光記録等の研究開発に従事。1999年、立命館大学理工学部教授に転出。ホログラフィックリソグラフィによる3次元フォトニック結晶の形成と特性解析の研究に注力。現在に至る。工学博士(1985年 東京工業大学)。応用物理学会光学論文賞、新技術開発財団市村賞、科学技術庁長官賞(研究功績者表彰)、経済産業省国際標準化貢献者表彰など受賞。応用物理学会フェロー、ISO TC 172/SC 9/WG 7 コンビナー。

いう意味ではまったくブランクだったのです。だから、「正味3年半しかいなかった」ということになります。どうやって単位が取れたのか、今になってはよく分かりません。もともとかなり単位は取っていたのですが……。

聞き手：そんな中で、大学ではどのような勉強をなされていたのでしょうか？

小野：わたしは学部卒なのです。大学院に行きたいという気持ちはあったのですが、そういう紛争の状況下ではとても踏ん切れる状態ではなかったし、経済的な問題もあったので、「今はちょっと無理だろうな」という感覚がありました。「半年のブランク」というものが、その後、いろいろと尾を引いているような感じがします。大学に何かやり残した感じをずっと持ち続けていました。それがのちのち、企業から大学に移った一つの引き金、あるいは背景になっているような気がします。大学院に行こうかだいたい迷った時に、「大学でやらないといけないことができたならば帰ってくればよろしい」と言ってくれた先生がいらっしやったので、それに納得して一応卒業したというかたちでした。

卒業研究は「ガンマ線の同時計数」といって、原子核が励起レベルに上がってガンマ線を出しながら崩壊する時に、2段階で崩壊するケースで発生する2種の放射線の同時性を調べると、連続した崩壊の途中に励起レベルがあるかどうか分かるのです。現在の研究とつながっているのは、「ガンマ線も光も電磁波だ」ということだけです(笑)。でも、あとで考えると、検出器の構造はガンマ線も光もそっくりなのです。当時、

ゲルマニウムを使ったガンマ線の検出器が出てきたところで、非常に分解能が高いということで使われていましたが、それはPIN構造を採っていました。フォトダイオードと同じです。

■ガンマ線も光も 同じ電磁波だから

聞き手：ご卒業後は日本電気(株)に入社されたのですか。

小野：はい、そうです。もともと、どこか電機メーカーに行きたいと思っていたので、NECに問い合わせたところ、「卒業見込みが出てから採用試験をします」と言ってくれたことが選択の理由にあったかもしれません。われわれの卒業見込みは、たぶん4年生の年末ごろに出たのではないかと思います。枠を残しておいてくれた感じでしょうね。

また、小学校高学年ぐらいからいわゆる「ラジオ少年」だったということもあります。中学に入ってからアマチュア無線をやり、送受信機をNECの真空管やトランジスタを使って作ったりしていたため、何となく親密感があったことも理由の一つかもしれません。

聞き手：入社後、中央研究所にご配属とのことですが、ご希望の研究分野があったのでしょうか？

小野：入社当初、何度かそういう希望調査のようなものがありました。わたし自身は本当は半導体の研究開発をやりたいのです。当時は、「これからの時代は半導体だ」と確信していましたので。トランジスタを使って送受信機を作ったりしたことも、そういう希望につながっています。

NECの中研は面白い配属方法を

採っていて、まず中研への配属に関しては本社が決めるのですが、配属が決まったら次に中研で面接を受けさせられます。中研に行くと全研究部門を見学させてくれて、各部長と面接をしました。その後、部長が集まってプロ野球のドラフト会議のような選考会議をします。そこでほしい新入社員の配属が決まったようですね。

聞き手：新入社員からすると、希望はかなえられるものなのでしょうか？

小野：とにかく希望は出します。わたしも半導体部門に行きたいと言いました。でも結局、ダメでした。わたしは学卒でしたから……。研究所に配属される人はほとんどが修士なんです。それ以外はドクターと学部卒が若干。おそらく、修士やドクターは研究所に入る前から行き先が決まっていたのではないかという気がします。学卒は「いい人間がいたら採ろう」という感じではなかったのでしょうか。

同期で研究所に配属された中に数人、学卒の人間がいたのですが、彼らは必ずしも希望通りではなかったようでした。わたしが配属されたのは新しい部でした。「記憶研究部」というメモリーを扱う部署です。メモリーといっても半導体メモリーではなく、磁気メモリーを研究する部門でした。そこで、今でいう光磁気ディスクの走りとなる研究をやりました。まだ、「ディスクがいいかドラムがいいか」という議論があったころです。対象の物質はマンガン-ビスマス系で、レーザー光を絞って熱書き込みをします。キュリー温度まで温度を上げて磁化を反転して書き込むという仕組みです。読み出しは、

ファラデー効果やカー効果を利用します。そういうところから研究生活を始めました。

入ったときの部長代理が言うには、「ガンマ線も光も同じ電磁波だからこだわらずにやりなさい」と。ずいぶん荒っぽい話ですよ(笑)。入った時の所長は染谷勲さんという「シャノン・染谷の定理」で非常に有名な方で、日本電信電話会社からいらっしゃった人です。部長は植之原道行さんという米国ベル研究所出身の方です。当時の小林宏治社長に見込まれて来られた方でした。

聞き手: そうそうたるメンバーがそろっていたのですね。

■ 撤退の連続から ようやく実用化へ

小野: わたしは染谷さんの偉かさなどは、そのころはまったく知りませんでした。そんなところからスタートして、研究のいろはを全部中研で教わった感じです。

研究所では、光磁気メモリーの光の部分を担当していました。光学系

などですね。4年くらいそうした研究を担当していましたが、当時、「メカ精度が足りない」という課題があり、それに対するアイデアを出しかけたところでプロジェクトが中止になってしまったのです。当時は、メインフレーム向けには磁気ディスクが主流でした。さらにメッキ磁気ディスクという高密度な媒体ができる可能性も出て来て、「光は10年先だよ」と磁気研究者からいつも言われていました。結局、「ひとまずここで中止にしましょう」ということになったのです。

しかし、それからしばらくすると、レーザーディスクやCDなどが台頭してきて、光ディスクメモリーの時代に移っていききましたよね。だからこれは、「開発がちょっと早過ぎてやめてしまった」というよくあるパターンだと思います。わたし自身は磁気部門を出て、今度は光をやっている部門に移りました。当時の名前が「量子装置研究部」というすごい名前の部署です。そこでホログラフィーの研究を始めました。時期的にはホ

ログラムメモリーの研究開発ブームが終わるころのことです。当時、ホログラムメモリーというのは、光エレクトロニクスのさまざまな技術を集積する格好のターゲットだったのです。光源としてのレーザーや、光検出器、パターンジェネレーター、光偏向器など、あらゆる光エレクトロニクスのコンポーネントが必要で、それらを研究した集大成としてホログラムメモリーがあるというような位置付けでした。ほとんどの電機メーカーが手がけたテーマでしたが、「なんとなく」終焉してしまった研究ですね。わたしがそこに移ったのは、そうした終焉のころでした。

そこでわたしは、音声応答メモリーという技術をやりました。新幹線のホームなどで「次はのぞみ何号、何々行きです」というアナウンスが流れますよね。あれはメモリーに入った「音の素片」があり、それを組み合わせ合わせて出しているわけです。その当時は半導体メモリーがまだ非常に高価で、なかなか大容量のメモリーが手に入らなかったもので、それをホログラムメモリーでやろうという試みでした。例えば「今日は」とか「明日は」とか「のぞみ」という言葉を全部ホログラムメモリーに入れて、非常に高速に読み出せる利点を生かして1つのアナウンス文を作るというアプリケーションを考えました。しかし、だんだん半導体メモリーが安価になって多く使われるようになり、「ホログラムメモリーにそういう応用分野はない」という結論が出て、これも終わってしまいました。

NECはこのほかにホログラム光学素子というものの研究もやっていました。当時、漢字入力装置という、今のようなキーボードではなく漢字



タイプライターという文字を拾ってはハンマーでポンと打つという装置がありました。それを電子化する開発が完了していたのです。文字を探す部分に光ファイバーが付いていて、「今、どこを指し示しているか」という位置情報がそのファイバーで分かり、ファイバーの反対側にホログラムがあって、そこで漢字コードを発生するという装置です。漢字コードはバイナリコードとしてコンピューターに入力されます。これは実はNTTに試作品として納入して、NECでも社内文書の入力にずいぶん長いこと使っていたのです。でも、そのうちパソコンが出てきて、それも無くなってしまいました。

聞き手：なかなか思うようにいかない研究所生活のスタートだったのですね。何か転機となるような出来事はあったのでしょうか？

小野：わたしが入社した後、ポンドショックや第1次オイルショックがあって、景気が非常に悪くなった時期がありました。不況が長く続き、その結果、研究所の予算が削減されてしまいました。それで、植之原さんが「事業部受託方式」という制度を作られ、事業部から研究所にお金を付けて委託研究を出して、研究所ではそれを研究費にして研究するという、一種の請負みたいな研究方式が1975～76年ぐらいから始まりました。

当時は、スーパーマーケットのPOSスキャナーが使われようとしている時代でした。そこで、事業部受託方式として最初に取り組んだのがバーコードリーダーの開発でした。バーコードリーダーをホログラムでやろうということで、上司が事業部から委託研究を取ってきたのです。



そもそも赤字の事業部からの委託だったので非常に予算は少なかったのですが、所長からは「赤字の事業部がお金を出したということを考えて研究をしろ」と言われたそうです。

そのホログラムを使った光スキャナーは結果的に非常にうまくいきました。取差を補正する方法を考え出して±20度ぐらい角度が振れるものができ、バーコードリーダーに使用したのです。最初に作ったのはDPEのラボ向けです。比較的小さなバーコードスキャナーをホログラムで作りました。そして次にPOS向けを手がけました。

取差補正をして性能を上げたこととともに、量産技術も開発しました。ホログラムの格子は表面の凹凸でできています。それを「表面レリーフ格子」といいますが、そのための金型を電鋳方式で作り、熱プレスで樹脂上に形成していくという量産性の高い技術です。ただ、この方式だと回折効率が低くて光パワーの利用効率が少し落ちるというデメリットが

ありますが、それよりもホログラムを使うメリットの方が大きいので、表面レリーフ型でやっていくことになりました。レーザーの干渉縞を記録して原盤を作り、そこからレジストに転写して表面の凹凸を形成します。あとはメッキをして、そこから金型を起こします。金型ができれば、プレス機で表面レリーフ格子を量産できます。

ところが事業部では、干渉縞を記録することができなかったのです。事業部門が干渉記録をするデリケートな装置をメンテナンスして保有するということが難しかったからです。結局、その部分だけは移管できなくて、ずっと研究所に残ったままになってしまいました。そういうブラックボックスがあると他社からまねされないというメリットもあるのですが、研究所からすれば全部移管してスッキリさせたいという気持ちもあります。後にホログラムピックアップというものを作ったのですが、その時はこの経験を生かして完全に移管できるような技術に仕上げ

ました。ただ一方で、今度はまねされやすくなるというジレンマも出てくるのですが。

■産みの親は育ての親

小野：そのころが自分が一番輝いていた時代ではなかったかなと今では思います。ホログラムスキャナーに関して何本か論文を書き、応用物理学会から光学論文賞という賞をいただきました。また製品実用化に関連して、新技術開発財団から市村賞という賞もいただいています。さらに、東京工業大学の辻内順平先生のご指導で学位もいただき、一番頑張っていたころだと思います。

聞き手：辻内先生にはどのような経緯でご指導いただくようになったのですか？

小野：実は東工大にいたにもかかわらず、大学のときに辻内先生を存じ上げていなかったのです。後から考えてみれば、応用物理学科から卒業研究で辻内先生のところへ行けたと思うのですが、当時はまったくそういう考えがありませんでした。

1980年のメキシコの学会でホログラムスキャナーの研究成果を出した時に辻内先生とご一緒させていただき、そこでお世話になったのが初めてでした。その後、学位に関していろいろと面倒を見ていただいて、それ以後もずっとお世話になっていましたね。

聞き手：学位を取られたのは、やはりホログラムスキャナーに関するご研究ですか？

小野：はい。「ホログラフィーを用いたレーザー光走査」という研究テーマでいただきました。学位を取った後、この先どうしようかと考えていたところ、光ディスクの開発が非常に盛んになっていたので、光ピックアップや光ヘッドにホログラムを使おうといろいろ考えました。しかし、ホログラムというのは回折素子なので、波長が変わると曲がっていく方向が変わってしまうのです。回折光学素子などではホログラムでレンズが作れますが、波長が変わると焦点

位置が変わってしまいます。要するに、フォーカルパワーが変わってしまうということです。光ディスクに使われている半導体レーザーは温度や注入電流で波長が変わるから、単純にホログラムはレンズとして使えないのです。

どうやってそれらを克服するかですが、一つはレンズの作用を持たせないこと、二つ目は、回折の時の角度が変わっても問題ないような使い方をすることです。回折された光は光検出器で受けます。光ディスクの場合には光検出器に十文字に分けた分割線というものがあり、ホログラムから来た光が波長が変わった時に位置が変わっても分割線に沿って動くような構造にしました。そうすると、上と下の光検出器に入る光量は変わらないので、ちゃんと検出ができるようになります。そういう構造を考えてCD-ROM用のピックアップを作ったところ、当時のNECホームエレクトロニクスという子会社で製品化までこぎ着けることができました。

実際には、開発や事業移管の際に思ってもいないような問題がいろいろ出てきて、それらを潰すのに大変苦労しました。中研と事業部が会合した時に、ある役員の方が「生みの親は育ての親であってほしい」ということをおっしゃり、わたしも「なるほど」と思い、徹底して事業部移管やその後のマーケティングなどに付き合いしました。営業部隊に付いてアメリカまで売りに行ったこともあります。

聞き手：研究所にご所属されながら営業部隊に付いていくというのはなかなかできないことですね。

小野：でも、結果としてそれが非常



に良かったのです。アメリカ出張のおかげでパソコンメーカーの技術者などとチャンネルができたのです。その後しばらくして、DVDのコピープロテクションやコピーコントロールについて議論するコピープロテクションワーキンググループがアメリカででき、何の弾みかそこにわたしも行くことになり、来ていた人たちが売り込みに行ったときに会った人間ばかりだったので、非常にやりやすかった覚えがあります。

■ホログラフィーの「原理の原理」を使う

聞き手：NECといえば、通信やコンピューターのイメージが大きいのですが、そうした関係の開発にかかわられることはあったのでしょうか？

小野：NECの本流はやはり伝送通信事業なんです。半導体事業も大きいのですが、何といたっても伝送通信事業が保守本流ですね。ですから、わたしがやっていた光に関する研究開発は「亜流の亜流」という感じがしていました。そういう意味では、設備の問題や社内評価の観点などで苦労が多かったと思います。

聞き手：確かにどこの会社でもそうしたご苦労を抱えている研究者の方はいますね。

小野：通信向けにただ1つホログラム関係でやったことという、半導体レーザーの発振波長を安定なシングルモードにするための4分の1波長シフトグレーティングをホログラムで作ったことです。DFB (Distributed FeedBack) レーザーに使われるグレーティングを作る方法なのですが、このグレーティングは単純に同じ幅で繰り返されるのでは



なくて、途中で位相が4分の1波長分シフトするのです。このグレーティングを作るのが結構難しかったです。ホログラムを使うとそれができるということを提案して、実験的にはうまくできたのですが、結果的に事業部は採用してくれませんでした。

聞き手：何か代替技術があったということでしょうか？

小野：EB (電子ビーム) でできるようになったのです。時期はだいぶ後になります。ある使い方をすればEBで作ることができることが分かったのです。事業所は、先のバーコードリーダーの原盤作成と同様、やはり干渉露光を嫌うものです。この技術では4分の1シフトした波面と平面波を干渉させてズレた干渉縞を作る方法を採用のですが、事業部で干渉露光するのは難しいからです。NECの半導体事業部門は玉川事業所の中にあって、すぐそばを新幹線が通っているので振動が激しく、干渉露光するにはかなり悪い条件だったのです。そうした課題はクリアで

きたものの、結局、電子ビームに移ってしまいましたね。

聞き手：位置ズレが波長レベルで起きて制御できなくなるということなのでしょうが？

小野：そうです。外からの振動や空気の揺らぎなどが影響を与えます。エアコンが入っていると風が出ますよね。目には見えませんが、こうしたことでも光学系が揺れるのです。その結果、光路長が波長の何分の1かズレてしまう。ですから、すべて密閉した中で露光するという必要が出てきます。ホログラムをやる人にとっては常識なのですが。一方EBの場合は、どこかに外注しても製作できますよね。マスクさえできれば、ファウンドリやマスクメーカーで手軽に作れます。

4分の1波長シフトグレーティングの製作には、ホログラフィーの「原理の原理」を使っているのです。ホログラフィーを使うと波面を凍結できます。三次元の物体から来た波面を記録(凍結)するわけです。そこに光を当ててやると、今度はその波面

が再び出てくるので三次元像が見えます。そうした現象を使って4分の1位相シフトした波面、すなわち少し段差がついたガラス板に光を当ててやると、そこで位相が少しズレます。そういう波面をホログラムに記録するわけです。ここに再生光を当ててやると、この波面が出てくるので、4分の1位相がシフトした波面が再生されます。もう一つの波面となる平面波を干渉させてやると4分の1シフトグレーティングができるという、本当にホログラフィーの原理そのものを使いました。実は、POSスキャナーに使ったホログラムスキャナーの取差補正でも非常に似たことをしているのです。

先ほどのCD-ROMが一段落した後、光磁気ディスクの光ヘッドにホログラムを使おうという話が出ました。そこで、偏光性のあるホログラム素子を作りました。当時、NECから1.3Gバイトの記憶容量のものが出たのですが、その製品版に乗せてもらいました。CD-ROM用のホログラムと違う点は検光子です。検

光子の機能を併せ持ったホログラムを作ったのです。ニオブ酸リチウムにイオン交換を使ってホログラムのパターンを作って使いました。これも事業部移転で苦労しましたが、当時の子会社の東洋通信機(株)——今はエプソントヨコム(株)ですが——に生産移転して、府中の事業部から製品が出荷されました。

聞き手：光技術の標準化作業にもかかわらずかかれていたということですが。

小野：はい。1995年ぐらいからISOの国内・国際含めて規格化の活動にかかりました。わたしが引き込まれたのは回折光学の分野です。もともと「回折光学」という分野はなかったのですが、その当時、回折素子の研究が活発になっていたのを受けてそうした分野ができたのです。「まずは用語の規格化から始めよう」ということで、1997年から日本提案の国際プロジェクトを立て、わたしがプロジェクトリーダーになりました。2004年にはISO 15902という規格ができました。わたしが所属したのはISO/TC 172で、今年のO

plus E 7月号で記事が掲載されたニコンの市原裕さんが今は日本委員会の委員長をされています。その下にサブコミッティ9番(SC 9)があつて、ここではO plus E 8月号に登場された有本昭さんが長いこと国内委員長をされていましたね。SC 9の下にワーキンググループがいくつかあつて、2001年からWG 7のコンビーナー(主査)代理、2004年から正式のコンビーナーになり、今もコンビーナーを続けています。実はその功績で経済産業省から表彰されることが決まりました。長年、日本主導で規格化を進めてきたというのが表彰理由です。

■ホログラムは回折光学素子そのもの

聞き手：それは大変おめでとうございます。大学へはいつごろ移られたのでしょうか？

小野：1999年に移りました。その直前、会社で早期定年制度が正式にできまして、それを使って退職しました。冒頭で申しあげたように、大学を中途半端に卒業したために何となくやり残した感じがあることと、研究所の次は大学へ行くのかなという漠然とした感覚も持っていましたから。ちょうど立命館大学に光工学科という学科ができ、その1期生が4年生になる春に向けて公募があつたので、それに応募して立命館に行きました。

聞き手：大学ではどのようなテーマのご研究に携われたのですか？

小野：企業でやっていたことと同じことを大学でやっても仕方がないと考えましたが、干渉露光でまたモノを作ろうということは変わらず、今までの2次元パターンから1次元増



やして3次元の周期構造を作ろうと考えました。これはすなわちフォトニック結晶のことですね。ちょうど2000年に仙台でフォトニック結晶の国際会議があり、そこに行く機会があって、非常に面白いと思ったのです。

フォトニック結晶は、通信用のデバイス向けにいろいろ研究が進んでいますが、光学材料として使っても非常に面白いのです。異方性が大変大きいとか、分散が大きいとか、光学材料として利用価値が非常に高いと思っています。ガラス材料と同じようにフォトニック結晶で作った光学材料ができればよいと考え、今でも研究を続けています。SPIEのGold Medalを受賞したホログラフイーの大御所のH. John Caulfieldが、その記念講演で「フォトニック結晶はホログラムである」と述べたのを聞いて、わが意を得たりという気持ちでした。

聞き手：具体的にはどのような応用分野が考えられるのでしょうか？

小野：3次元結像への応用があります。普通のレンズは、ある面を結像しますよね。面から面へ結像するわけですが、もちろん背景なども写っています。それは倍率が変わって写っているだけです。フォトニック結晶でレンズのようなものを作ると、遠くものは遠くに結像され、近くものは近くに結像する。ですから、倍率も正しい。そんな応用が考えられます。ただ、それはまだ理論上の話で、そういうことが実証できるほどの結晶を誰もまだ作ったことはありません。

聞き手：唐突で恐縮ですが、小野先生にとってホログラムとは何なのでしょう？

小野：口幅ったい言い方をすると、回折光学素子そのものがホログラムというふうに私は思っています。3次元像を形成するホログラムは盛んに研究されていますが、夢としてそれはそれで正しいのですが、実用性や事業性を考えると、やはりホログラムは回折光学素子なのかなという感じを持っています。おとし、応用物理学会からフェローの称号をいただいたのですが、その理由が「回折光学分野の形成に寄与した」ということでした。「ホログラム光学素子の研究開発による回折光学分野の形成」というのがフェローの称号をいただいた時の表彰理由です。

聞き手：回折光学系の魅力とはいったい何なのでしょう？

小野：普通の光学系というものは、だいたい屈折と反射でできていますね。実は回折を使って同じようなことができるのです。同じだけではなく、屈折や反射ではできないいろいろな新しい機能を取り込むことができます。ホログラムピックアップなどに使った技術はまさにそういうものですね。

回折光学系ではいろいろな機能を複合することができます。例えばピックアップの例ですと、ビームスプリッターの機能と焦点誤差の検出機能、トラック誤差の検出機能が1つのホログラム素子で実現できます。反射や屈折を使った光学素子では、それぞれの機能に1つの素子が必要になります。ただし、回折で何でもできるわけではありません。だから、どういうところにうまく使うかが知恵の出どころになります。デメリットをはるかに上回るメリットが出る使い方がいくつもあるということです。

最近では、キヤノン(株)が望遠レンズの色収差補正に回折素子を使いました。普通、回折素子がうまく使われるのは単波長の場合なのです。レーザーのようなほぼ1つの波長の場合、回折光学素子で非常にうまくいった例がたくさんあります。でも、白色光への応用はありませんでした。5~6年ぐらい前にキヤノンが初めて白色光に回折光学素子を使えるという発表をし、わたしにとっては非常にエポックメイキングな発表となりました。どこからああいう発想がでるのか知りたいと思ったものです。ハーモニックフレネルレンズという複数の高次回折光を白色光に使う考えは1994年ごろにはあったのですが、次数が1つ違う2枚を重ねて差の1次光にするのは、非常に斬新な考え方です。

聞き手：むしろ発想法の方にご興味を持たれたのですか？

小野：いろいろと考えてみたところ、新しいことというのは割とアナロジーから出てきている例があることに思い至りました。先ほどのフォトニック結晶も電子結晶からのアナロジーなんですよ。その電子結晶も、光からのアナロジーがあって発展したのです。

学生によく話すことですが、ニュートンの時代には「光は粒子だ」と考えられていましたが、その後、ホイヘンスの波動説というのが出てきて、それがヤングの実験で確認されたのです。しかし今度は、光電効果やコンプトン効果など波動では説明できない現象が出てきて、アインシュタインたちがいろいろとうまく粒子性で説明したわけです。粒子といっても古典粒子ではなく、あるエネルギーを持った、今でいう光子です。

ね。「光は粒子でもあり波動でもある」という二重性と呼ばれる考え方に落ち着いたのです。

さらにその二重性は電子にも当てはめられました。電子は、ミリカンの油滴の実験によって質量と電荷の比が測られています。質量が測れるということは粒子と考えられるのですが、それに二重性——波動性を当てはめるとどうなるかと考えたのがドブロイですね。そこからシュレディンガーがシュレディンガー方程式を考えて、その結果として出てきた電子結晶の考え方によって今の半導体産業が隆盛を誇っているわけです。さらに電子結晶から、今度はアナロジーでフォトニック結晶という光の世界に移っていく。光から電子、電子から光というふうに、ピンポンのように新しい概念が広がっていくのです。一方、「突然の飛躍」というものもありますよね。わたしは、キヤノンがやった成果はこの突然の飛躍に類するものと思ったので、そのアイデアの出どころに非常に興味を持ったのです。でも、結局分かりませんでしたね。

あるとき、中野重治という小説家

が、「小説家として必要な才能は何か」と問われた時に、「小説を書くことに対していかに執着できるかである」と答えたそうです。その「執着」という言葉を聞いて、わたしもハタとそう思いました。何も小説だけではなく、研究や開発、科学技術の世界も一緒に、いかに問題解決や開発に執着できるかということに尽きるのではないかなと思います。

聞き手：そういう意味では「執着」とはいい言葉ですね。

■原理原則をきちんと学ぶ

小野：でも、その執着をどうやって学生なり若い人の身に付けさせるのかと聞かれると、実際には非常に難しいことですが、マネジャーあるいは教員の力量によるものがほとんどかもしれません。一方で同時に若い人や開発者自身の問題でもあるのかなと思います。人の問題そのものという気がします。

学生が卒業するときに「とにかく執念を持って執着して開発をやれば必ずできる」と言うのですが、同時にその言にはちょっと危険を感じるので「そればかりやっているのはあ

かんよ。どこかでスッと力を抜くところを作らなきゃ駄目だよ」と付け加えます。NEC時代のわたしの上司から言われた言葉ですが、寺院の山門の左右に仁王さんがいますよね、カーッと目を見開いてもものすごく力を入れたポーズをとっているのですが、左手はスッと力が抜けていますよと。要するに全力で常にぶつかって行ったら身が持たない、どこかでスッと力を抜きなさい、とわたししが体調を損ねたときに言ってくれたのです。

聞き手：最近の若い人たちにはあまり執念というものが無さそうな気がします。

小野：執念以前に大学教育が非常に難しくなっていますね。わたしは、大学ではやはり原理原則をきちんと教えなくてはいけないと思っています。企業にいた時のセミナーのようなことをやってはいかんと。よく学生から「演習問題をやってほしい」と言われます。しかし、演習問題をやるということは「教育」ではなく「訓練」ではないのかと思うのです。どうも小さなころからずっと入試の訓練みたいな演習問題ばかりこなしてきたので、講義をすると、どこがポイントなのか分からないらしい。それで、「演習問題をしてほしい」ということになります。

「ものごとがなぜそうであるのか」という理解をもっと深めさせたいと思い、歴史背景などを講義に加えると、割と理解できる時があります。「なぜこんな問題がこういうふうに分かれたのか」ということを歴史をたどってみると意外と面白く、それで学生が「なるほど」となることがあります。また、先ほどの他分野とのアナロジーですね。「これは電磁気で



はこう言っているけど、力学で言っているアレと同じだよ」というような方法で理解してくれないかなと思ってやっています。

聞き手：先ほどのようなニュートンの光の粒子説から始まる説明をうかがうと、確かにいろいろなことが理解しやすくなりますね。

小野：そうですね。わたしもフォトニック結晶をやっていて、ハッと気付いたことがありました。大学では応用物理学科にいましたから、当然、量子力学を学んだのですが、シュレディンガー方程式の成り立ちの理由をハッキリと説明された覚えがありません。ただ聞いていなかっただけかもしれません(笑)。シュレディンガー方程式は電子の波動性を記述する方程式ですよね。すなわち電子

の波動方程式なのですが、そのところをちゃんと教わらなかったような気がするのです。フォトニック結晶の研究をやっていると、電子と光両方の波動方程式が出てくるので、それらを対比させてみると非常によく分かるのです。

聞き手：わたしも学生時代から「テストがあるから勉強する」という感覚でやってきたような気がします。ですから、いわゆる公式のたぐいはいろいろと覚えたのですが、それらのつながりは本当のところ、ちゃんと理解できていないような気がします。

小野：何か1つだけキチンと身に付けることが大事なんじゃないかと思えます。例えば、力学をキチンと身に付けていると、何か分からないこ

とを考える時に「これは力学ではこういうことを言っているのと違うかな」というようにアナロジーを使って考えられますよね。自分の分かる体系に翻訳して理解するというようなことが多々ある気がするのです。だから学生にも、科目は何でもいいから1つだけキチンと理解しているものを身に付けなさいと言っています。

聞き手：本日はいろいろと興味深いお話をいただき、ありがとうございました。

※ここに掲載した内容は、O plus Eのウェブサイトでもお読みいただけます。<http://www.adcom-media.co.jp/opluse/>