

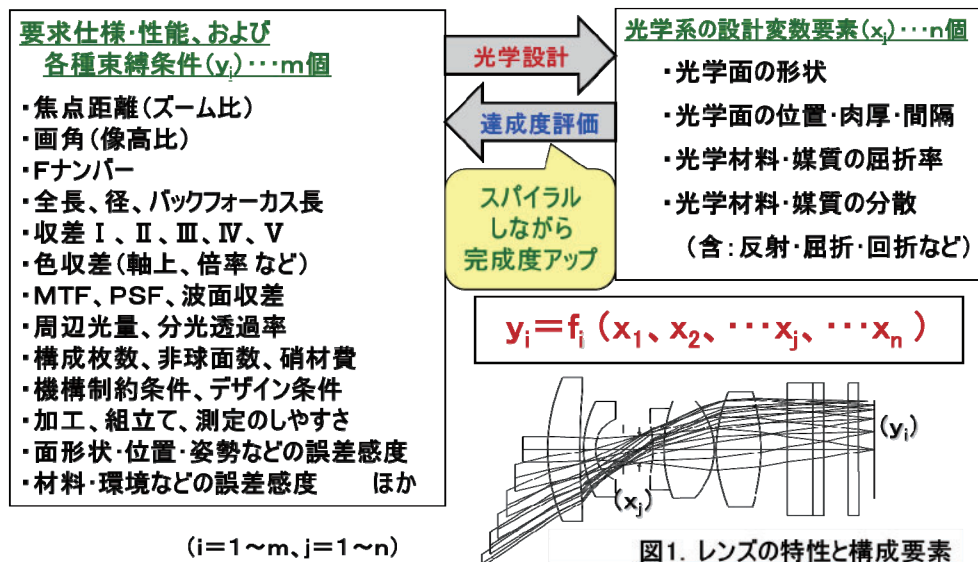
## 専門分野におけるスキルと その獲得について思うこと

光学設計技術コンサルタント  
三原伸一 MIHARA, Shin-ichi  
(当協会 光学素子加工技術入門講座 講師)

今回の「焦点」では、僭越ながら JOEM 技術講座『光学素子加工技術入門』の一講師から記述させていただくことになった。担当させていただいている講座は、全部で 10 ほどある科目の中の『3. 光学素子の種類、機能、所要精度』である。本講座は、筆者が在籍していた会社にて師と仰いでいた故早水良定先生が 20 年ほど前まで受け持たれていたもので、先生の名著「光機器の光学 I・II」（当協会刊行）とともに当時においても既に完成度の高い内容であった。それを「筆者ごときが・・・」と思いつつも、日々進展しつつある（ここ最近の）光技術についても同時に補足しながら申し伝えていかねばならないという思いもあって引き継がせていただくことになり本日に至っている次第である。

光学素子は機械部品同様、提示された図面に従って作製されるが、形状・寸法、光学材料、仕上げ精度、その他補足事項など図面に記載された内容の根拠は一体何なのか光学設計者はそれらを説明し、もし図面通りに作製したにもかかわらず、所望の光学性能機能が得られなかった時の原因解析、方向づけなど問題解決を加工者と寄り添って行なっていく責任がある。本講座では、光学素子、それを組み合わせた光学系、特に、製造誤差と光学系の品質との関係について重点的に触れながら、光学設計者は光機器やその製造に対してどの様な考え方で設計業務を進めているのかを加工者向けに解説をしている。

光学設計はコンピューターを使って計算するプロセスが大半なので、たちどころに出来てしまうものであると考えられやすいが、実は大変な作業である。本稿ではその理由とともに、設計の試行錯誤、知識と経験、設計ノウハウなど、ここではそれらをひっくるめて「専門スキルとその獲得」について、筆者が現役時代の古めかしい話に偏りがちだが、敢えて触れてみたい。



光学設計とは、要求仕様・性能、各種制約条件等 1 つ 1 つが目標値を満たすようなレンズ構成、形状寸法、材料を求めることである。ここで、要求仕様・性能、各種制約条件等の項目 1 つ 1 つの値を  $y_i$  (変数)、そのときのレンズ構成要素 1 つ 1 つの値を  $x_j$  (変数)、さらに、 $i=1\sim m$ ,  $j=1\sim n$ , としたとき、 $y_i$  と  $x_j$  との関係は、

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots)$$

のようになる (つまり、 $n$  個の変数  $x_j$  に対し、関数  $f_i$  が  $m$  個あるということ)。つづいて、前記要求仕様・性能、各種制約条件等の項目 1 つ 1 つにつき、(これもかなり大変な作業だが、) 具体的な目標値として  $y_i = Y_i$  (数値) だと決めると、

$$Y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$Y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$Y_3 = f_3(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

.....

$$Y_m = f_m(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

といった連立方程式になり、もしこれがすんなりと解けて  $n$  個の  $x_j$  が全て求めれば、理論上、設計は終了ということになる。

しかしながら、少なくとも、

1) 光線追跡に三角関数を含むなどの理由で、実際の  $y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots)$  は非常に複雑な関数になる

2) ほとんどの場合、 $m \gg n$  (よって、上記  $m$  個の  $Y_i$  には、それぞれある一定の許容幅を持たせる必要がある)

3) また、 $m$  個の  $Y_i$  各々の目標値、許容幅、重要度につき、相互の調整 (バランス取り) という操作が必要になるなどのため、代数的に解くことはほぼ不可能である。そこで、コンピューターを使って数値計算的に解くことになる。その場合、解法の原理上、過去に知られた類似の設計値  $X_{j0}$  を初期値として設計者の手で入力するうえ、それをベースにして解を探索することになるため、その初期値の近傍にあるちょっとだけましな解が見つかるのが関の山で、所望の解には遠く及ばない。言い換えれば、最適解の射程距離にあるような初期値を入力できれば所望の解を得ることが出来る。つまり、探索のための初期値の選び方が設計効率を左右することになるわけである。そこに知識と経験が必要になる。主には、収差の性質、撮像・観察デバイスと画質との関係、レンズ系の具体的な群構成、各レンズ群の屈折力配置、各群内の具体的な構成、レンズ形状、光学材料、非球面配置・形状選択の的確性、および諸々の制約条件の適切な考慮 (含：誤差感度) と考えて良い。これは、設計者が持てる知識、ノウハウ、論理、直感などを駆使して初期値選択の試行錯誤、つまり、設計者自身が所望の解に向かって試行錯誤的に入力初期値を少しずつモディファイしていくより他はない。それが図 1 で言う「設計・評価スパイラルをしながらの完成度アップ」に相当する。最初のうちはどうしても夥しい試行錯誤を行なうことになるが、それを少しでも少なくして設計効率を上げていかなければならない。しかし、ただ漫然と試行錯誤を繰り返してはなかなか効率を上げることはできない。一方、試行錯誤とは言い換えると「仮説の立案とその検証」でもある。その結果をきちんと積み上げていくことにより知識と経験が増え、仮説の内容 (レベル、精度、スピード) は向上し、設計効率も上がっていくことであろう。「こんな時はどう対処すべきか」といった問題に直面した場合、ある一定の考え方や手法 (指針・ヒント) となるものは存在する。よくある設計問題ごとの解決のための論理 (考え方) ・手法など、いわゆるノウハウを日常より使えるかたちに蓄積していくことが大切になるであろう (なお、現在、ハードとともに設計計算ソフト、特に解の探索の部分が大幅に進化し、そのおかげで設計のスピード・効率は当時から格段に向上している。しかし、あくまでも設計ツールであるということは現在においても変わらないであろう)。コンピューターを用いて同じ仕様で設計されたものでも、小型軽量性、デザイン、価格、画質 (味なども含む) など性能・品質がそれぞれ異なるのはそうした理由からである。そこが光学設計の面白いところだと思う。筆者は 1978 年に入社以来、定年退職まで殆んどカメラレ

レンズ設計一筋に生きてきた。また、銀塩画像からデジタル画像への過渡期も経験してきた。もともと写真好きであることもあって、レンズの設計が単にコンピューター計算に基づくだけでなく、どんなレンズにしようか、どんな写真が撮れると良いかなど考えながら出来ることに大変魅力を感じながらやってきた。満足な画質（シャープネスと同時に柔らかさ、ボケ味、・・・点像の形状、色収差、歪曲収差、色再現、周辺光量、フレアゴーストなどなどの要素）のみならず、小型軽量、好ましいデザイン、リーズナブルな価格、そして、想定される製造誤差があっても顧客満足度の高い品質を確保するにはどうしたらよいか・・・、など日夜考えるわけだが、アイデアを出し、シミュレーションや試作を通じて検証してはそれを記録し次の設計に生かしていく、その実施手段として良好な著書やツールを使っていく、そして関係する皆様のアドバイスを求め、反映していくなどの積み重ねが楽しみで、目論見通りのレンズが設計できて製品化され評価された時、さらには若手技術者への設計技術の伝授に成功した時など、関係者と共に大いに喜んだものである。

前記試行錯誤における課題解決の方法や道筋のアイデアは、まず直感的な発想からスタートしそれを論理的かつ具体的に展開していくことで形成されていくものであるが、その素となるものは決して特別な能力ではなく、知識、経験の質と量である。ほんの少しあるだけでも大違いである。ゆとり教育などでは「知識の詰め込みは良くない」とされていたが、筆者はむしろ逆にどんどん詰め込むべきだという考えを当時からもっていた。その時は解らなくてもよいのである。若いうちであれば忘れていくようであっても断片的にけっこう覚えているもので、少々高度なことであっても一度インプットしておく、関連する何かしらの情動的なトリガーなりヒントなりに出会えば、「なるほど、あれはそういうことだったのか」と気づき一つ賢くなれる。つまり、持てる知識と知識の有機的な結合を繰り返しながらさらに進化した知識なり自己の論理なりができていく。それが究極的には直感力の源泉になり、いわゆるスキルとなっていくように思われる。筆者は年齢 70 近くになり、ますますこうしたことを具体的に認識するようになり、かくいう自身も若いころからもっと勉強して詰め込んでおけばそれなりに良い仕事が出来たであろうにと後悔しきりである。かくて、筆者が担当している講座はややもすると内容が盛りだくさんで絞り切れていない印象があるが、そうした意図が多分にある。

我が国の経済産業はかつてのような状況にはなく先行き不安が大きくなってきている。一方、光学産業はまだまだ世界の中でもトップレベルにあると思われる。何とか維持向上するにはたゆまぬ生産性（付加価値、コストダウン、スピードなど）の向上が必要であり、それを支えるのが基礎的な学術研究成果、各種ノウハウ、技術者及び技能者ひとりひとりの知識やスキルである。カメラ分野についても、瞬く間にスマートフォンなどカメラ付き携帯端末の時代になってしまった。今後は時代の流れに即した設計、モノづくり技術の知見を、品質最優先を基本に高いコスト意識とスピード感を持って育てていかねばならない。

以上、筆者の独断と偏見ではあるが、せつかくの機会なので、専門スキルとその獲得について思ったことを取り留めのないながらも率直に述べさせていただいた。ついつい昔話（古き良き時代の話）が多くなってしまった点はお許し願いたい。