



光学設計の今後の展望, 期待すること

宇都宮大学 オプティクス教育研究センター 客員教授
チームオプト株式会社 コンサルタント

荒木敬介 ARAKI, Keisuke

(当協会 収差論講座, 偏心光学系の3次の収差論講座, 光学系基礎理論講座,
回折光学素子の基礎と応用講座 講師)

新型コロナウイルスが世界を襲い、テレワーク化が進むなど、日常生活のありかたが大きく見直されることになった昨今、光学の世界を取り巻く環境も通信技術の進展もあって大きく変わりつつある。映像は記録としての保存の意味合いに加えて、簡単に送付できる環境インフラが整ったこともあり、速報性や情報の共有性が重視されるようになってきた。また、ドローン技術の進展等により、今まで撮影不可能だった視点からの画像情報も得られるようになってきている。そのような画像の使われ方の変化に伴い、そうした画像を撮影する光学系も携帯電話系、監視カメラ系、車載光学系、ゲームなどの使われる VR, MR 用の光学系などで進化を続けている。そうした光学系の進化は、設計技術だけではなく、レンズの形状精度、配置精度を上げるための製作技術、高精度計測技術の進歩に支えられるものである。

そうした最新技術の中で、私としては携帯性に優れるスマートフォンの撮像光学系については特に注目している。最近では誰もが身近に所持している携帯電話に内蔵される光学系については、その高性能化、コンパクト化に関わる技術に大きな進歩が求められているからである。レンズの高性能化にはズーム化、AF、防振技術といった撮像系の基本技術の搭載に始まり、画像処理・認識技術の進展、処理速度の高速化にともなって、そうした機能も搭載されるようになってきている。コンパクト化に対しては、一番寄与したのはイメージセンサの小型高性能化であるが、光学設計分野でも撮像レンズも変曲点を有する非球面の活用といったブレークスルーがあって、撮像レンズの形を大きく変える事へとつながった。ただ、このレンズ形状は非球面を使った系の最適化技術の進歩によるところが大きく、私が師と仰ぐ故松居吉哉博士が使いやすくしかもエレガントにまとめられた「収差論」の手法による解釈が追いついてない。光学設計は自動設計技術と収差論等による結像理論解析が技術を進めていく推進力の両輪である。最適化の技術の技術にはいつもブラックボックスという側面がつきまとうので、明確な理論的根拠が求められるわけである。

そもそも、光学設計の理論解析のベースとなっている収差論の体系は、光学系として作りやすい球面回転対称な屈折面からなる光学系に対しての理論がベースになって構築されてきた。そしてそこに新しい光学系の要素の可能性が検討されるたびに理論の拡張がなされてきたわけであるが、その例としてはカタディオプトリック系の解析ができるようにと反射面の扱いの体系化、非球面が使用されるようになってくると非球面の3次収差、5次収差への影響の定式化などがある。その後もズームレンズのような系に対しては、物体移動、瞳移動の理論からはじまって固有係数の理論の整備等がなされてきている。屈折率分布の光学系が組み入れられた時には、屈折率分布光学系に対しての近軸理論の拡張、収差係数の計算理論が拡張されたし、回折光学系が組み入れられた時にも回折光学系に対しての近軸理論の拡張、収差係数の計算理論が拡張されてきた。さらに、アナモルフィック光学系や自由曲面を使った非共軸回転非対称光学系の設計が出てきたときには、従来の回転対称光学系の近軸理論、

収差論では解析ができないので、私としてもこうした回転非対称に対応できるように、Off-Axial 光学系の理論の体系を作り、そうした非共軸系にも対応できる理論を整備してきた。そうした意味では、今回の変曲点を持った非球面形状のレンズの登場の必然性を説明できる理論体系を構築する必要があるが、そうした理論解析の手法としては、軸外光の主光線を基準軸光線にとって解析する Off-Axial 理論の適用が考えられるので、そうした方向からのアプローチができないかと私としても考えている次第である。また、そうした光学系には同時に製造誤差に強い設計も求められるのが現状であるが、そうした製造誤差に強い設計に対する理論的ベースもない。そう言った誤差を広義に扱う理論体系を確立するためには、松居博士が作られた微小偏心に対する収差論の誤差を偏心以外の配置誤差、面形状の誤差、硝材の特性の誤差にまで拡張したような「誤差収差論」の体系も整備が必要と私としては考えているが、こうした分野での進展も今後の光学設計の理論的解析には必要な事項となってくるであろう。

今回のこの号の特集「光学設計のあれこれ (10)」においても、最近の光学系で話題となっている長作動距離液浸対物レンズの話、マルチスペクトルカメラの話、透過波面を利用した偏心計測の話、バーチャル空間に没入感を与えるための超短焦点レンズの光学設計の話、CG に光学効果を盛り込む画像処理技術の話など盛りだくさんの話題が企画されていて楽しみな内容である。最新技術の粋として作り出される新システムにおいては、光学系は眼の働き、画像処理は脳が行っている作業とともにシステムの中核を担うキー技術であるが、そこで使われる光学系に求められる進化に寄与できる最適な技術を見つけ出し実現させていくのが開発者の醍醐味である。そこで使える技術のアイデアは、結構昔から知られているアイデアであることも多い。アイデアが出された時には製造技術、測定技術等の周辺技術の確立ができず、お蔵入りしていた技術であっても、それらの周辺技術のレベルアップが達成されて機が熟すると一気に花を咲かせることも多い。デジタルカメラの光学技術もそうであった。そう言った意味では、いつも光学技術の知識のレベルを高い状態で保っておき、「温故知新」でアイデアが花咲くタイミングをきちんと見抜く力も必要であろう。そのためには、オプトメカトロニクス協会でも長期にわたり力を入れておられる社会人技術者への光学教育の重要性は高い。私はこれまで、光学理論解析の仕事や収差論に代表される光学系の結像理論の教育を故松居吉哉博士から受け継いで 20 年以上にわたりたずさわってきたので、光学設計の特に理論解析、教育の分野に対しては深い思い入れがある。教える際には、若い人に先人から受け継がれてきた基本的考え方を伝えるだけでなく、その際に同時に光学現象として起こっていることのイメージを膨らませることができるような伝え方になるように努力している。光学解析の理論を理解するということは、単にいくつかの公式を覚えて使えるようにすることだけではない。真に理論を体系的に理解するということは、個々の理論が、どのように相互に結び付き、実際にどう使われるかを理解することである。そして実際に起こっている現象を光線や波面の挙動としてイメージできるようになることである。そうした意図が受講生にうまく伝わった時には教育にたずさわる喜び生きがいを感じることも多い。一方で、教育に長年携わっても、同じことを繰り返し教えるたびに受講生の質問に答えていると、教える側としても毎回新しい発見がある。光学の世界はそうように奥深いことを実感している毎日である。

これまで今回の焦点の欄の寄稿するにあたり、光学設計の今後の展望、期待することと題して、思いつくままにいろいろと綴ってきた。紙面もそろそろ尽きてきたので、今後の光学設計の分野の益々の隆盛を願ってこの巻頭言を閉じることとしたい。