



## 光学設計が発展する道について

日本シノプシス合同会社  
オプティカルソリューションビジネスユニット  
シニアマネージャ  
大竹基之 OTAKE, Motoyuki

今回の「焦点」はカメラレンズの光学設計を取り上げる。

私自身はカメラレンズを中心とした光学設計に30年以上、携わらせて頂き、現在は光学設計ツールの開発・販売・ユーザーサポートに携わらせて頂いている。一企業の発展を目指して長く働いてきたが、私の意識や目線は大きく変化し、現在は光学設計ツールを通して、光学産業全体の発展に役立ちたいと考えることが多い。

今回は長く携わらせて頂いたカメラレンズの光学設計について「光学設計のこだわり」「再現性」「オープンソース」という流れで書いていきたい。

### ■光学設計のこだわり

私はカメラレンズの解像度評価を学生実験で学び、その後、結像系を介した双眼鏡のMTF測定方法を研究した。収差や解像度、MTFの意味、あるいは測定方法などを身に着けた上で企業に就職し、カメラレンズの設計課に配属された。準備は万全と思ったが、私が先輩から言われたことは「どんな写りになるのか?」という言葉だった。それはチャートのような平面ではなく、奥行きを含めた写りだった。加えて、収差がゼロに近ければ良い訳ではないし、MTFが高ければ良いものでもない。考えたことがなかった私は写真を撮ることを繰り返すことになった。

更に、先輩達からは、写真を見て「大竹さんが設計したと分かる写り」を実現してほしいと言われた。これは非常に難しい目標だった。初めは倍率色収差の少ない光学系を目指そうと思ったが、実際の光学設計に取り組めば取組むほど、どこまで許容しても画質に影響しないか?と考えることが多かった。

私の設計ポリシーは気づくと「設計スピード」に辿り着いた。

若い頃はがむしゃらに設計していた。壁にぶつかることが多かったので、目標仕様を満たすために試してみるアクションアイテムをリスト化した。毎朝、リストを確認して順番を決めて設計を始める具合だ。そして、1日の最後に、アイテムの中で効果の有無を確認して、翌日に試すアイテムを整理した。

当然ながら、生み出せるアイテムが少なかった。先輩に教を乞うと「お前は何が分からないのか、分かっていない」と指摘されることが多かった。光学設計に関する知識や経験を増やすため、自動設計の結果を待つ合間に、すべての光学特許を約2週間掛けて読んだ。半年に1度、3年ほど続けた。気づくと、アクションアイテムが随分増えて、先輩からも「やっと分かってきたな」と言われた。

そんな私はコンパクトカメラ用ズームレンズに情熱を注ぎ、同時に多くの苦労を重ねた。

上手な光学設計のプロセスは最初に光学性能を高めることだと思う。私はこの最初の段階では口径比や周辺光量、像高などにマージンを持たせて設計していた。そして、光学性能を高めた上で、メカ

設計やレンズ制御、レンズ加工等の要望を盛り込みながら、長さや厚み、径を削るスタイルだった。ところが、設計を経験するほど、自信が慢心に変わっていたようだ。

まだ偏心感度に対する認識が少なかった中で、大きな誤りを起こしたのである。

それは、光学性能が充分高くない状態でメカ設計用のデータを出してしまったことだ。その時、最終レンズが小径だった。コンパクトカメラでは最後に凹レンズを置くのが通例だが、小径になると偏心感度が高まってしまう。それを分かっているのに、小径のデータを出してしまった。メカ設計者に径を大きくしたいと伝えた時は手遅れだった。カメラ全体の高さや径が変わり、外観デザインから変更になると言われた。

ここで謝るべきだったが、その時はそのサイズでまとめようと取組んでしまった。

今でも覚えているのは、最後に設計性能を引き上げるために、最終群の屈折力を強めたことだ。大きさと設計性能は両立したが、偏心感度が高まり、試作で大きな品質トラブルを起こしてしまった。そして、設計を進めるプロセスの重要さに改めて気付くことになった。

## ■再現性

時に、レンズ設計は山登りに例えられる。

光学性能や大きさ、価格など、要求仕様を満たした状態が山頂とした時、山頂に至るルートは無数にある。ところがルートが見えた状態で設計できるケースは稀だ。私の場合は、設計スピードをいつも意識しすぎて、急斜面にさえ果敢に挑み、時に滑落したり、転倒して大けがを負っていたようだ。更に、品を替え、目の前の壁をよじ登り、目標に近づこうとするので、急斜面の先も急斜面ということが多かった。

この取組みはビジネス目線では「トップダウン式」と呼ばれるアプローチである。

例えば、カメラレンズで設計目標を光学全長の10mm短縮とする。

初めに光学全長を現在値より10mm短い状態を目標値として、自動設計を使って形状を最適化していく。恐らく多くの場合は、目標値と現在値の乖離が大きくて、たくさんのエラーが発生して最適化が進まないと思う。

そこで、目標値を最初は5mm、次に10mmとしたり、3mm → 6mm → 9mm → 10mmというように工夫した。エラーなく最適化が行えるように1段階毎のステップを小さくしながら進めた。最初は5mmで最適化できても、次は8mm、その次は9mmと目標値のステップを減らしていくことが多かった。

このアプローチは目標仕様に達成するスピードを速めることができるが、仕様を高めれば高めるほど、ステップがゼロに急激に近づいて限界を迎えてしまい、苦しくなる点が課題だった。

これに対して、先に目標に至る道のりを考える「ボトムアップ式」が知られている。

設計を始める前に初期データに対して、例えば、小型化に対して「G〇に異常分散性ガラスを使って〇mm」「GXに非球面レンズを使って〇mm」「最終レンズに高屈折率ガラスを入れて〇mm」など、様々なアイデアを挙げて、期待される効果を積み上げる。

このアプローチの課題は期待される効果が検討前の見積りであって、正確ではない。また、複数のアイデアがバスターになって、効果を打ち消してしまうケースもある。ですから、多めにアイデアを挙げておく工夫が大切だ。当然、時間は長くなってしまう。

しかしながら、目標を達成できる答えを見つけることができると、自分の見積りと実際の設計との隔たりが分かる。そして、2回目以降の設計では、見積りの予測精度を上げることができたり、過去のアイデアを使うことができる。このため、2回3回と繰り返す時に目標に達しやすくなる。

ここにトップダウン式とボトムアップ式との特徴の差がある。

ボトムアップ式は事前にアイデアの課題を抽出し、取組む順番を考える。例えば、非球面レンズは設計初期は片側だけにして、終盤に両側にするとか、シナリオを細かく描いていける。こうしたストーリー作りに時間を費やすが、目標を達成できる道が見えてからコンピュータに向かい合うことが増えることになった。

ですから、ボトムアップ式の方が、再現性の高い光学設計のプロセスとなる。が、大きな課題もある。それは設計する前にアイデアを出し、効果や課題を見積り、道を考えて、設計を進めていくには十分な設計経験が求められることだ。

若い設計者がいきなりできることではない点が課題である。

## ■オープンソース化

ソフトウェア開発の世界ではオープンソースという考え方が広がっている。

長い間、ソフトウェア開発は各企業で閉じられていた。でも、今は基本的なツールが一般化され、オープンソースとなっている。新しいことは競う箇所、古いことは共有し合う箇所となる。共有し合うことで、競う部分に人材や投資を集中することは技術の発展という点で非常に重要だと思う。

それでは、光学設計におけるオープンソース化とはどんなことだろうか？そして実現不可能なことだろうか？

ソフトウェアでは出される答えに正解は1つだが、光学設計では正解が無数にある。同じ焦点距離やF値であっても、大きさや重さ、価格などの優先順位、あるいはマウント径などの設計制約は企業毎に異なる面もあるため、正解が1つとはならない。

それだけにオープンソース化は難しいと感じる。

現在の私はありがたいことに非常に多くの設計者の方と話させて頂いたり、一緒に仕事をさせて頂くことが多い。その中で感じることは、光学設計ソフトを上手に使いこなすノウハウや知識はお一人お一人で閉じていることが多いことである。トップダウン式やボトムアップ式といったアプローチ方法は勿論だが、完成度を高めるアクション、あるいは、感度を低減するアクションなど、日々の設計で多くの方が使われる操作はオープンであっても良いのかもしれない。そして、多くの光学設計に携わってきた私が光学設計ツールを通して、光学設計の発展に協力させて頂く道なのかもしれないと思う。