

Product Model による鏡筒光学製品の公差設計に関する研究 (第1報)
 —鏡筒光学製品の製品開発プロセスの分析—

(株)ニコン ○佐々木豊春, 新海雅彦, 東山孝一郎
 北大 田中文基, 岸浪建史

要 旨

カメラの交換レンズに代表される鏡筒光学製品の設計では、公差や量産性能の評価は設計者の技量に依存し、公差決定手法も曖昧な部分が多い。本研究は鏡筒光学製品の公差を合理的かつ最適に設定・評価するための方法及びシステムの開発を目的とするものである。本報では、これら鏡筒製品開発プロセスを IDEF0 の手法によって分析した結果並びに改善案を報告する。

1. はじめに

鏡筒光学製品に関わらず、製品の量産性能を安定的に維持しながら、製造コストを押さえるためには、部品公差をどの程度に押さえるかが大きな問題である。

本研究は、従来設計者のカンと経験に依存していた鏡筒光学製品の公差決定方法を、量産時の製品性能を定量的に予測しながら、合理的かつ適切に決定する方法およびシステムの開発を目的とするものである。

本報では研究の第1報として、従来の製品(開発)設計プロセスを IDEF0 の手法によって分析し、これから得られた問題点とそれに対する改善案を報告する。

2. 鏡筒光学製品の設計プロセス

図1に現状の鏡筒光学製品の設計プロセスを IDEF0 で分析した結果を示す。

鏡筒光学製品の設計は大きく分けて6つのアクティビティに分割できる。図中の A1 から A6 が「光学設計」であり、A4 から A6 が「鏡筒設計」である。製品開発では、始めに「目標仕

様」が決定され、これに基づいて光学設計が開始される。この時、開発上の制約条件は「障害特許」, 「製造コスト」, 「工業規格」となる。これらの制約条件は全てのアクティビティでも同様に制約条件となる。

各アクティビティの入力は「既存の設計例」となる。これは製品計画自体が、従来機種や他社製品に対して優位になるように組み立てられるためである。また、「既存の設計例」が入らない場合もあり、これは新規設計を意味する。

設計を行う上でのメソッドについては各社毎に異なるが、概ね光学設計では自社開発ならびに市販の「光学設計ソフトウェア」が使用される。光学設計についても最終的にはレンズ単体(1枚毎の)図面が必要であるため、2D の機械系CADシステムが用いられる。鏡筒設計では他の機械設計と同様に、2D や 3D のCADシステムが用いられている。また、場合によっては強度計算などをCAEシステムで行うこともある。

最近の交換レンズはAF化によって電子機器と化しているため、制御や電子回路の設計が増えてきているが、本研究では鏡筒構造物までを対象とするため本報では触れない事とする。

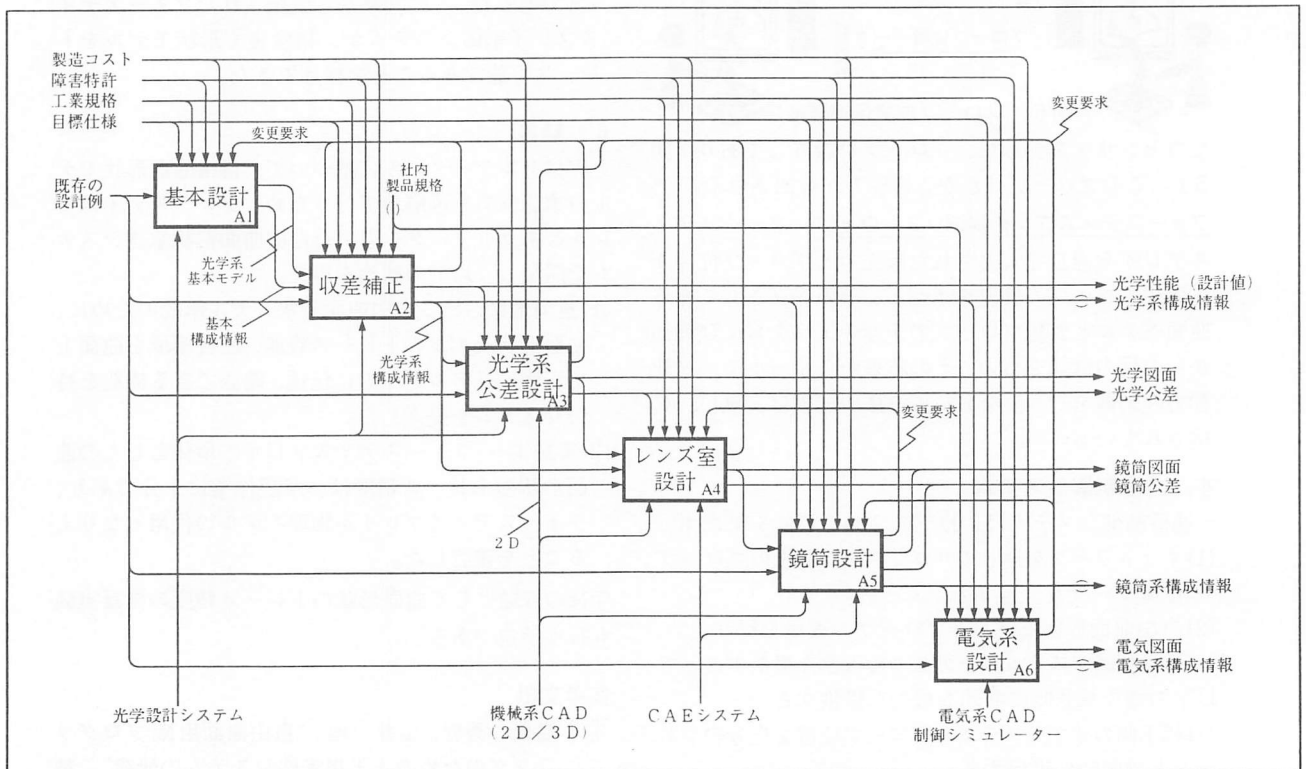


図1 鏡筒光学製品の設計プロセス

製品設計における出力は、「光学性能（設計値）」、「光学図面」、「鏡筒図面」、「電気図面」である。本研究では公差決定が対象であるため、図1では特に公差情報を分離して「光学公差」と「鏡筒公差」を独立に明記している。更に、「光学系構成情報」、「鏡筒系構成情報」、「電気系構成情報」が記述されているが、これは図面上に現れない設計情報や付帯情報などであり、図面と同様に利用される。

設計プロセスは、始めに光学系の基本設計が行われる。ここで、光学系の基本的な構成（群構成やレンズ枚数など）が決定される。次に、社内の製品規格などに見合うように、光学系の各パラメータ（曲率・屈折率・面間隔など）を変更しながら、各収差を追い込んで行く作業（収差補正）を繰り返す。全ての性能が基準を満たすと、各光学パラメータの公差設計が行われる。ここでの公差決定は各パラメータによる性能低下量を、二乗法をベースとした方法で配分し、後は設計者の経験によって加減するのが一般的である。

交換レンズはレンズ数枚毎にブロックを構成する。これを一般に「群」と呼ぶ。群内のレンズは一つもしくは数個のレンズ固定部品によって固定される。この固定部品を「レンズ室」とよぶ。鏡筒設計は、このレンズ室を設計することから始まり、通常は従来例に準じて形状を決定する。この時公差は特別な指示がない限り J I S などはめ合い公差に従って決定される。レンズ室が決まると、鏡筒の設計に入る。鏡筒はマウントにつながる固定鏡筒をメインとして、各レンズ室を所定に位置に移動させるためのカムを切った複数の移動鏡筒で構成される。尚、カム情報などは「光学系構成情報」に明記されている。ここでの公差決定もレンズ室と同様にして決定される。

3. 製品設計プロセスの問題点

- 図1に示した IDEF0 から得られる問題点をまとめてみると、
- ① 光学公差と鏡筒公差の設計において、その公差付けによって量産時の光学性能がどうなるかを判断する工程・メソッド・情報などが欠落している。
 - ② レンズ室や鏡筒設計において、光学図面と光学公差以外に設計の目安になるような（例えば、複合公差感度や鏡筒構造に適した公差表記法など）情報が存在しない。
 - ③ 設計変更要求の根拠となる情報が欠落している。また、製造現場の工程能力も考慮されていない。
- の3点が大きな問題点として上げられる。

4. 問題点の解決方法

図2に従来の設計プロセスを改善した IDEF0 を示す。改善もしくは追加された情報は太線および網掛けで表示している。

改善点の中心は公差決定時に量産性能の検証と公差感度の分析を行い、設計情報として出力させることである。また、鏡筒設計においても設定された部品公差に基づき、鏡筒構造と公差によるレンズの偏芯（理論光軸からの位置と姿勢のズレ）を求め、量産時の光学性能を確認する点である。ここで量産性能と公差感度が求まるので、これを設計変更要求の数値的根拠とすることが可能になる。また、量産性能の検証時には製造現場の工程能力を直接的に考慮することで、より現実的な量産性評価ならびに公差設定が可能になる。

5. まとめ

- 1) 鏡筒光学製品の設計プロセスを調査分析し、IDEF0 の手法で表現した。
- 2) 分析結果から、現状の製品設計プロセスにおける問題点を明らかにし、改善案を提案した。

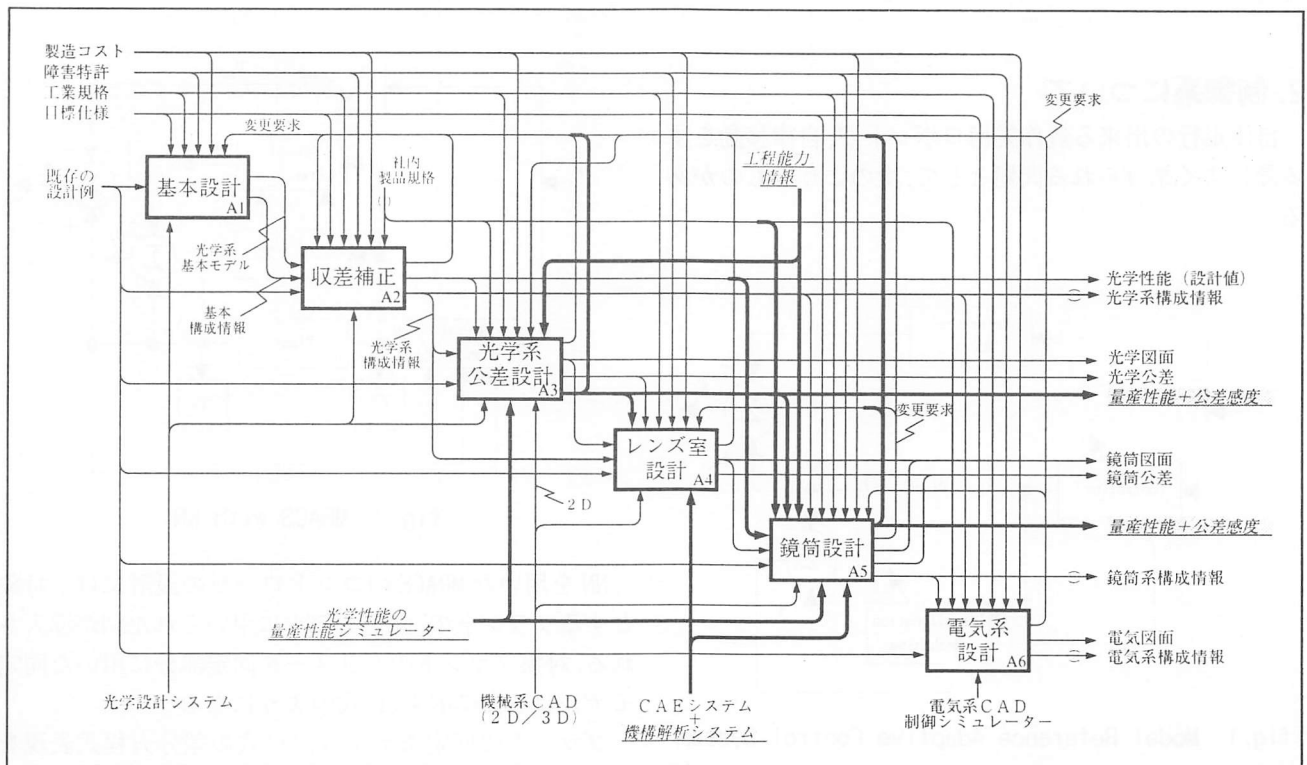


図2 鏡筒光学製品の設計プロセス（改善案）